

Maria Goreti Silva Rocha

A Astronomia no Ensino da Física - II



DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA APLICADA - ECTP	
REPUBLICA	
Data de entrega	21 10 03
N.º de registo	4368
Cód. QB61m 2002 ROCm A V2	

Departamento de Matemática Aplicada

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Abril de 2002

Maria Goreti Silva Rocha

A Astronomia no Ensino da Física - II



***Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto para a obtenção do grau de
Mestre em Ensino de Astronomia***

Departamento de Matemática Aplicada

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Abril de 2002

UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA
Solo 52(032.1043.2) /
Coloc. Roc. em. / A / v2
N.º 48882

A Astronomia no Ensino da Física - II



Dossier Pedagógico

Máquina do Mundo

⊙ Universo é feito essencialmente de coisa nenhuma.

*Intervalos, distâncias, buracos negros, porosidade
etérea.*

Espaço vazio, em suma.

⊙ resto, é a matéria.

Daí, que este arrepio,

Este chama-lo e tê-lo, erguê-lo e defrontá-lo,

Este fresta de nada aberta no vazio, deve ser um intervalo.

"Antônio Gedeão" - Prof. Dr. Rômulo de Carvalho

24/11/1906 - 19/02/97

Índice

Introdução	7
1A Astronomia o que é?	9
1A.1 Objectivos gerais.....	9
1A.2 Algumas ideias dos alunos.....	9
1A.3 Indicações didácticas	10
1A.4 Actividades.....	10
2A O Sistema Solar.....	19
2A.1 Objectivos gerais.....	19
2A.2 Algumas ideias dos alunos.....	19
2A.3 Indicações didácticas	21
2A.4 Actividades.....	28
3A Galáxias	63
3A.1 Objectivos Gerais.....	63
3A.2 Algumas ideias dos alunos.....	63
3A.3 Indicações didácticas	64
3A.4 Actividades.....	65
4A Universo.....	77
4A.1 Objectivos Gerais.....	77
4A.2 Algumas ideias dos alunos.....	77
4A.3 Indicações didácticas	78
4A.4 Actividades.....	78
5A Interacção gravítica.....	83
5A.1 Objectivos Gerais.....	83
5A.2 Algumas ideias dos alunos.....	84
5A.3 Indicações didácticas	84
5A.4 Actividades.....	86
6A Interacção magnética.....	109
6A.1 Objectivos Gerais.....	109
6A.2 Algumas ideias dos alunos.....	109
6A.3 Indicações didácticas	110
6A.4 Actividades.....	111
7A Distâncias e escalas	121
7A.1 Objectivos Gerais.....	121

7A.2 Algumas ideias dos alunos	121
7A.3 Indicações didácticas	121
7A.4 Actividades.....	123
8A Localizar astros	131
8A.1 Objectivos Gerais.....	131
8A.2 Algumas ideias dos alunos	131
8A.3 Indicações didácticas	132
8A.4 Actividades.....	132
9A As Estrelas.....	163
9A.1 Objectivos Gerais.....	163
9A.2 Algumas ideias dos alunos	163
9A.3 Indicações didácticas	164
9A.4 Actividades.....	165
Anexos	202

Introdução

A segunda parte do trabalho, compreendida neste volume, é dedicada a aspectos mais pedagógicos. Assim, os diferentes capítulos estão interligados com a primeira parte, sendo apresentados na mesma sequência. Todos os capítulos têm uma estrutura comum:

- Objectivos gerais
- Algumas ideias dos alunos
- Indicações didácticas
- Actividades

Nos “objectivos gerais”, procuram-se identificar quais os objectivos possíveis de serem explorados no capítulo em causa. No entanto os objectivos dependem da forma escolhida pelo professor para abordar os conceitos, podendo por vezes o professor ir além dos objectivos referidos.

Em “algumas ideias dos alunos”, faz-se uma sistematização de alguns estudos sobre concepções alternativas dos alunos e algumas ideias erradas que prevalecem no senso comum. O conhecimento destas ajudará o professor a dismantelar essas mesmas ideias.

Nas “indicações didácticas” sugerem-se estratégias sobre a forma de abordar os conceitos. Estas deverão ser vistas apenas como sugestões, não se pretendendo que sejam vinculativas do caminho a seguir. Cada professor terá perante si uma turma específica, com características próprias, e a forma de abordar os conceitos deve ter em consideração esses factos. A informação presente na primeira parte do trabalho possibilita que o professor diversifique além do sugerido. Nestas indicações por vezes diz-se especificamente a actividade a realizar, noutras não, dando-se liberdade de escolha ao professor. Procurei criar material didáctico, que utilize linguagem simples. As actividades apresentadas poderão ser usadas como ponto de partida para a sistematização das aprendizagens.

Optou-se por apresentar um número variável de propostas que permitem ao professor seleccionar as mais apropriadas à turma, ao tempo disponível e aos objectivos. Além das actividades aqui sugeridas o professor pode recorrer a outras, pelo que também são sugeridos bibliografia de acesso a mais actividades

e locais da Internet onde são discutidos assuntos relacionados com o ensino da Astronomia.

As actividades não se esgotam nas sugeridas neste volume, devendo o professor organizar tarefas variadas e seleccionadas de acordo com as características dos seus alunos e com os recursos da Escola, com vista a atingir os objectivos propostos.

Na selecção dos materiais a utilizar, deve existir a preocupação de diversificar, de modo a concretizar os objectivos.

A definição de actividades foi abrangente, existindo actividades a desenvolver pelo professor, outras a realizar pelos alunos, umas de carácter mais prático e outras de carácter mais observacional. Na secção de actividades também foram incluídas as fichas de trabalho, pois não são mais do que uma actividade de síntese de conhecimentos. No capítulo de estrelas, além da ficha de actividade para os alunos, há uma ficha para o professor onde são dadas sugestões mais específicas dos aspectos a desenvolver na actividade.

Como anexo existe ainda o CD, onde o professor pode explorar conceitos relacionados com o Sistema Solar, Galáxias e Estrelas. Neste Cd estão ainda disponíveis algumas imagens que podem ser úteis aos professores.

Ao finalizar o trabalho fiquei com a noção de que existem diversos aspectos que poderiam ser desenvolvidos com mais actividades, como sejam os eclipses, no entanto, por motivos que se prendem com a própria extensão deste trabalho não foram referidas. São contudo actividades muitas vezes referidas nos manuais escolares. Ao elaborar este trabalho, deparei-me com a dificuldade de seleccionar as actividades a apresentar. Procurei que fossem diversificadas e abordassem alguns aspectos muitas vezes esquecidos. No futuro, cabe a cada professor criar para si próprio mais actividades e não estagnar. Os conhecimentos na área da Astronomia desenvolvem-se dia a dia, o professor deve pois actualizar-se. Para mim própria e para os futuros professores que comigo trabalham como estagiários procurarei criar e desenvolver a base de trabalho iniciada com esta dissertação.

Existem também muitos mais assuntos interessantes, como por exemplo a própria exploração espacial, veículos espaciais, instrumentos astronómicos que podem servir de base a um desenvolvimento do trabalho.

1A Astronomia o que é?

“A nossa civilização está ainda a meio de uma fase de transição: já não é guiada totalmente pelo instinto, mas não é, ainda, conduzida, na totalidade, pela razão”.

Theodore Dreiger

1A.1 Objectivos gerais

- Definir o que é a Astronomia
- Diferenciar Astronomia e Astrologia
- Diferenciar as várias áreas de estudo da Astronomia
- Apresentar a Astronomia como uma ciência evolutiva
- Referenciar alguns aspectos importantes da história da Astronomia
- Encorajar o espírito crítico
- Motivar os alunos para o estudo da Astronomia
- Compreender a diferença entre Ciência e Pseudo-Ciência.

1A.2 Algumas ideias dos alunos

A referência histórica introduzida acerca da Astronomia teve como intenção mostrar como esta desempenhou um papel importante ao longo da história. No entanto o senso comum e a necessidade que o Homem sente de busca de um sentido para a vida, motivou a proliferação dos astrólogos. É comum desde os anúncios de TV, às páginas das revistas, a oferta de “serviços” especializados na leitura dos astros. A ideia errada que a personalidade e futuro das pessoas são determinados pela posição do Sol, Lua e planetas é muito comum.

Existem semelhanças evidentes entre algumas concepções de hoje e as primeiras ideias. A Astronomia surgiu inter-relacionada com a Astrologia, no entanto hoje são totalmente distintas. Mas no senso comum é muito normal encontrarem-se associadas (ou mesmo consideradas como sendo o mesmo). Assim, uma das principais ideias que os alunos apresentam é a associação entre a Astronomia e a Astrologia. Também é comum os alunos não diferenciarem totalmente o trabalho de um astrólogo e de um astrónomo. É ainda de salientar que muitos pensam que os astrónomos passam o tempo a observar através de telescópios e a gravar os seus resultados.

1A.3 Indicações didácticas

Nesta primeira unidade que é a inicial deve ser feita a introdução do tema, e a motivação dos alunos para o mesmo. Para isso sugere-se logo desde o início o uso de música ambiente adequada. Deve iniciar-se pela pesquisa da concepção dos alunos sobre o que é a Astronomia, não esquecendo de realçar as diferenças entre Astronomia e Astrologia. Sugere-se a realização de algumas actividades, que ajudem os alunos a entender a diferença entre Ciência e Pseudo-ciência, investigando algumas das reivindicações da astrologia.

Uma breve referência à Astronomia antiga e aos astrónomos da Grécia antiga pode ser feita recorrendo a um texto que pode ser elaborado com base no capítulo 1 da primeira parte. Devem também ser apresentados alguns aspectos importantes da história da Astronomia, que estiveram na sua origem, e os monumentos mais importantes como Stoneheng e alguns calendários antigos. O papel actual do astrónomo, as suas áreas de estudo e a evolução da Astronomia que motivou o seu desdobramento em diversos ramos com objectos próprios de estudo, são aspectos aos quais deve ser dada particular atenção.

Nesta introdução ao ensino de Astronomia, deve-se despertar a curiosidade dos alunos para o Universo. Para isso pode-se recorrer à diversa informação dos média, com a qual os alunos contactam diariamente, e criar situações de partida para o posterior desenvolvimento dos conceitos a abordar. Sendo uma área de particular interesse para os alunos, e sobre a qual têm disponível alguma informação, por vezes não correcta, torna-se necessário analisar bem quais as suas concepções, de modo a podê-las ultrapassar. Assim, é importante que se preste atenção às concepções alternativas dos alunos. Para isso pode-se recorrer logo desde o início a um teste geral (tipo o apresentado em **anexo A**), ou durante o decorrer das aulas prestar particular atenção aos diferentes conceitos. Pode-se também neste início criar com os alunos um diagrama de conceitos, com as suas ideias, e no final da unidade, confrontá-los com o mesmo.

1A.4 Actividades

Actividade – As ocupações dos indivíduos e a sua relação com os signos do zodíaco

Objectivo

- Verificar se o Sol influencia o tipo de ocupação do indivíduo e a sua personalidade.

Material

- Tabela com a data de nascimento de um grupo de professores
- Tabela com a data de nascimento dos Presidentes da República Portuguesa
- Papel, lápis

Procedimento

Os astrólogos dizem que o signo solar (que é o signo no qual o Sol estava no dia do nascimento do indivíduo) é um factor crucial para a ocupação que a pessoa escolhe e um factor determinante da personalidade global e da forma como o indivíduo se relaciona no mundo de trabalho.

Para testar esta hipótese, os alunos podem analisar a data de nascimento de determinados grupos de indivíduos. Por exemplo:

- o grupo de professores de uma determinada área (Matemática, Ciências, Línguas, etc.); os Presidentes da República Portuguesa.

Afinal de contas é necessário um certo tipo de personalidade quer para se ser professor, quer Presidente da República. Ambos os grupos implicam que os indivíduos tenham determinadas características base para serem bem sucedidos. Se a personalidade e a ocupação são fortemente influenciados pelo Sol, deverão existir grupos característicos. Se o Sol não influenciar a personalidade e a ocupação, os aniversários deverão estar distribuídos aleatoriamente pelos signos do zodíaco.

- Os alunos deverão preencher uma ficha de trabalho, com os dados e discutir os resultados entre si.
- Os grupos em análise poderão ser estendidos a outras profissões que os alunos considerem que têm características próprias.
- Após a análise deve existir uma discussão geral dos resultados.

Actividade – Comparar horóscopos de astrólogos diferentes

Objectivos

- Analisar o carácter da Astrologia como ciência
- Comparar diferentes horóscopos e analisar o seu carácter científico

Material

- Horóscopos de diferentes jornais e revistas

Procedimento

- Nesta actividade, os alunos comparam horóscopos de diferentes jornais do mesmo dia. Pode-se pedir aos alunos para trazerem diferentes jornais, pois quantos mais se compararem maior será o impacto.
- Após recortar as secções do horóscopo, distribuir pelos diferentes alunos.
- De seguida, os alunos devem ler em voz alta horóscopos de diferentes jornais.
- Discutir de seguida as seguintes questões:
 1. Como é que as previsões de astrólogos diferentes estão de acordo para o signo de um determinado aluno?
 2. As afirmações utilizadas são específicas?
 3. De que modo as afirmações se podem aplicar a pessoas diferentes?
- De seguida, deve-se confrontar os alunos com uma discussão sobre algumas razões porque é que as previsões das colunas de astrologia são tão gerais e vagas?

Hoje em dia, apesar da educação em Ciência, a atracção de muitas pessoas pela astrologia não diminuiu. Assim a discussão com os alunos pode ser alimentada com mais algumas questões:

1. Qual é a probabilidade de um décimo segundo da população do mundo ter o mesmo tipo de dia?
2. Porque motivo o momento de nascimento é crucial para a astrologia, em lugar do momento da concepção?
3. Se o útero da mãe pode manter afastadas as influências astrológicas até ao momento do nascimento, não as podemos evitar fechados num cubículo?

4. Se os astrólogos são tão bons, como reivindicam, porque é que eles não são mais ricos?
5. Todos os horóscopos feitos antes da descoberta dos três planetas externos estavam incorrectos? (Urano – 1781; Neptuno – 1846; Plutão – 1930)
6. Por que é que os astrólogos não deduziram a presença destes três planetas e por que é que foram os astrónomos que os descobriram?

Esta discussão permite, mesmo assim, dar aos astrólogos o benefício da dúvida em todas estas questões – a influência da astrologia pode existir fora do nosso conhecimento actual do Universo.

No entanto, a Astrologia não pode realmente predizer nada, como demonstram diversos estudos de cientistas físicos e sociais.

Actividade - Qual o seu signo?¹

Objectivos

- Definir astrologia e horóscopo
- Discutir como as ideias das pessoas sobre a Astrologia mudaram ao longo dos tempos.
- Encorajar o espírito crítico.

Material

- Representação das constelações do zodíaco
- Horóscopos de diferentes revistas e jornais
- Papel de cenário
- Pioneses
- Cola
- Tesoura

Introdução

Se é como algumas pessoas, muitas vezes já leu o horóscopo para saber como as posições do Sol, da Lua e dos planetas supostamente afectarão o dia. Nesta actividade terá a oportunidade de comparar horóscopos, aprender sobre a astrologia e fazer um mapa do zodíaco.

Procedimento

- Cada um deverá trazer uma cópia do seu horóscopo para o dia, semana ou mês. Cada um deve ler o seu. Se possível deve-se comparar o horóscopo do mesmo signo de diferentes revistas ou jornais.
- No dia anterior o professor deve fotocopiar o horóscopo de um jornal que em principio os alunos não consultaram.
- Sem apresentar a identificação do signo, apenas por letras de A a L, colocar no quadro a previsão e questionar os alunos sobre qual o que condiz melhor com o dia que tiveram.

¹ Adaptado de Astronomy Adventures "What's your sign?"

- Agora analise as previsões actuais para cada signo e compare com a experiência do dia de cada um.

- Estatisticamente 1 em 12 alunos escolherá a resposta do seu signo.

Prever o futuro com horóscopos faz parte da Astrologia. A Astrologia e a Astronomia tiveram uma raiz comum. De facto, só nos últimos cem anos é que se separaram. Actualmente os cientistas não levam a sério a Astrologia, por duas razões principais:

1. não se conhece como as posições dos planetas afectam o comportamento humano;
2. testes conduzidos (como a actividade) mostram de uma forma consistente que não podem prever melhor o futuro que o lançamento de dados (cuja média é 1 em 12).

Actividade: Relação entre os horóscopos e o zodíaco

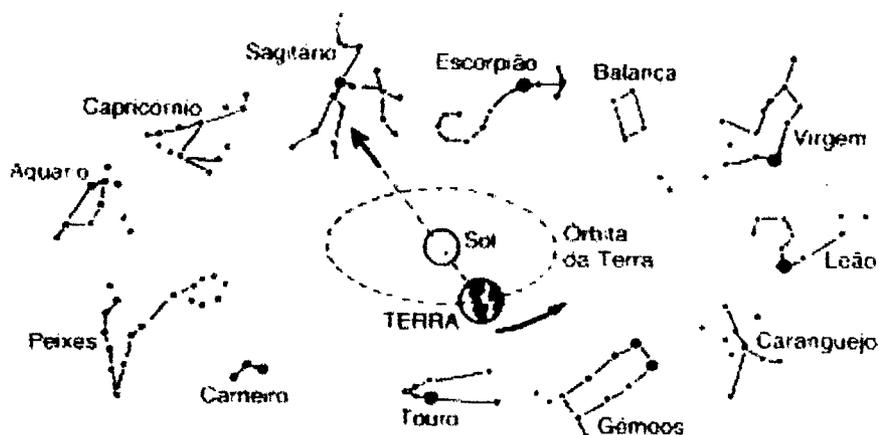
O zodíaco é um cinturão imaginário de 12 constelações que aparecem numa banda circular no céu (a eclíptica). O Sol, a Lua e os planetas parecem mover-se ao longo da eclíptica. Se fosse possível observar as estrelas durante o dia, veríamos o Sol mover-se ao longo das doze constelações no período de um ano. É claro que não é o Sol que se move, mas a Terra que ao mover-se em redor do Sol, dá a ilusão de que o Sol passa através de cada constelação do zodíaco.

Os antigos relataram o movimento do Sol e dos planetas através das constelações do zodíaco de uma forma regular. Eles não compreendiam a forma de funcionar do Universo e acreditavam que o movimento destes corpos afectava a vida das pessoas. Alguns indivíduos envolveram-se com a Astrologia e fizeram mapas dos movimentos dos planetas, do Sol e da Lua através das estrelas. Também procuravam prever acontecimentos futuros baseados nos seus estudos. Mais tarde, usaram o movimento dos corpos para descrever o carácter e a personalidade das pessoas.

Os astrólogos usam horóscopos ou mapas de nascimento para tentarem explicar o futuro. O mapa de um pessoa descreve as posições dos planetas em relação à Terra quando se dá o nascimento. Estas são as bases dos horóscopos das revistas.

Questionar os alunos se poderiam fazer melhor trabalho do que os horóscopos que foram lidos na actividade anterior.

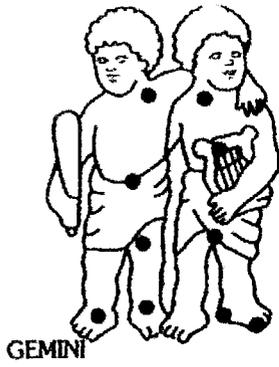
Agora deve ser fornecido uma cópia a cada aluno da página dos "signos" página 17, bem como o restante material. Cada grupo deve fazer um "cinturão zodiacal" para compreenderem como os seus signos solares se originaram nas constelações babilónicas.



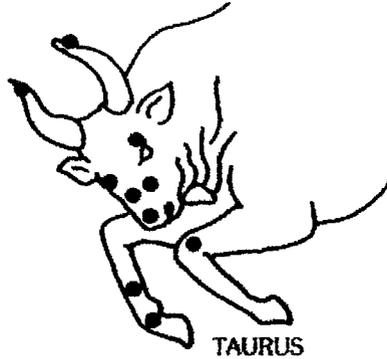
Salientar que as suas cinturas zodiacais não se parecem muito com as constelações actuais ao longo da eclíptica porque as estrelas do modelo parecem ter o mesmo brilho, enquanto no céu actual o brilho delas varia muito. De facto, excepto se olharem para o céu longe das luzes da cidade, numa noite clara e sem Lua, não serão capazes de identificar as menos brilhantes.

Como construir o cinturão?

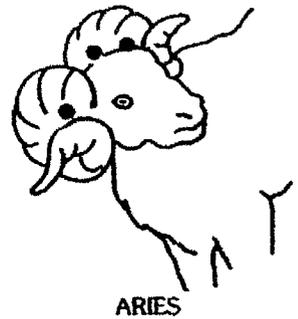
- Colar as imagens numa folha de papel de construção. Depois recortar cada tira pelas linhas escuras.
- Junte os fins de cada tira, de modo a que formem um círculo
- Use os pioneses para furar as marcas das principais estrelas de cada constelação. Segure o cinturão alto e passe uma luz através das constelações.
- Pergunte aos alunos se ao observarem o cinturão observam animais, pessoas ou objectos. (A maioria não). Convide os alunos a criarem as suas próprias imagens.



GEMINI



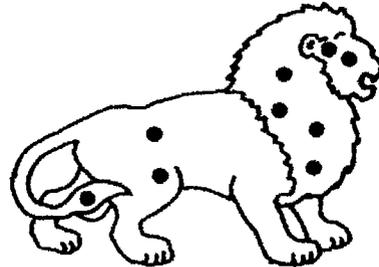
TAURUS



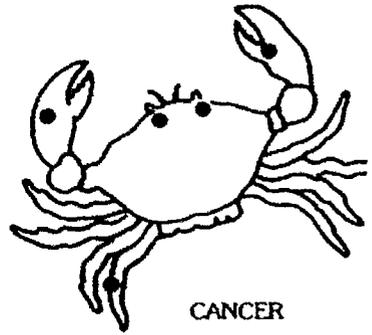
ARIES



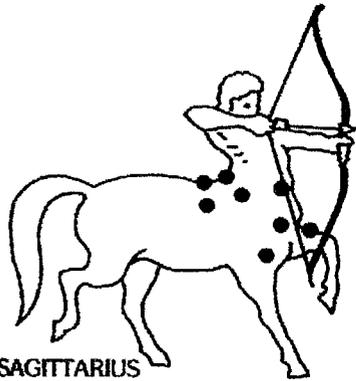
VIRGO



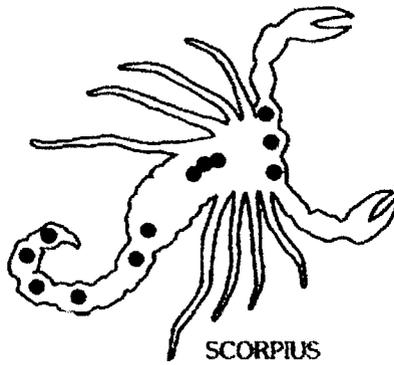
LEO



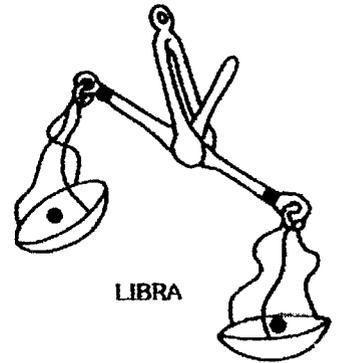
CANCER



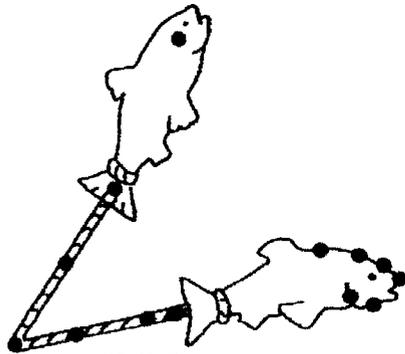
SAGITTARIUS



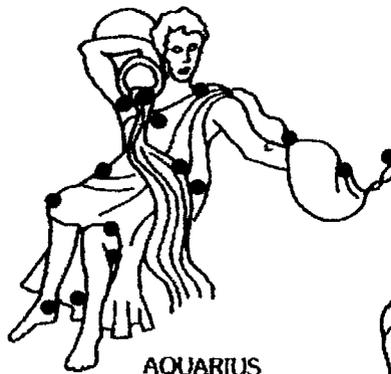
SCORPIUS



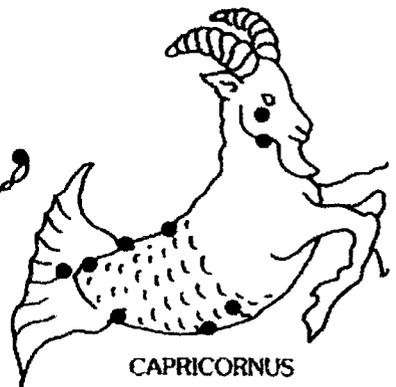
LIBRA



PISCES



AQUARIUS



CAPRICORNUS

2A O Sistema Solar

“Que é o Homem na natureza?

Um nada diante do infinito,

um tudo diante do nada,

um meio entre tudo e nada.”

Pascal

2A.1 Objectivos gerais

- Adquirir conhecimentos sobre a constituição do Sistema Solar.
- Situar a Terra no Sistema Solar
- Conhecer o movimento dos planetas em volta do Sol.
- Interpretar o movimento aparente do Sol e das estrelas em geral.
- Distinguir corpos luminosos de corpos iluminados.
- Explicar a sucessão dos dias e das noites, as fases da Lua e os eclipses.
- Compreensão global da constituição do Sistema Solar e da posição da Terra no mesmo.
- Compreensão de que o conhecimento sobre o Universo se deve a sucessivas teorias científicas, muitas vezes contraditórias e polémicas.
- Reconhecimento de que fenómenos que ocorrem na Terra resultam da interacção no Sistema Sol -Terra- Lua.
- Conhecimento sobre a caracterização do Universo e a interacção sistémica entre componentes.

2A.2 Algumas ideias dos alunos

A referência histórica introduzida na primeira parte acerca do Sistema Solar, teve como intenção mostrar como foi difícil chegar ao modelo actualmente aceite, e de como o mesmo se torna difícil de atingir para um aluno sem uma capacidade de abstracção adequada.

A Ciência cada vez está mais longe da ideia de Thomas Huxley de ser “apenas senso comum organizado”.

A Astronomia é uma área da Física que, se por um lado se torna extremamente motivadora pela sua beleza e actualidade, pode facilmente conduzir a interpretações erradas quando se recorre apenas ao “senso comum”.

Existem semelhanças evidentes entre algumas concepções dos alunos de hoje e as ideias dos filósofos gregos. Tal como aqueles, os alunos tendem a introduzir uma visão antropomórfica do mundo que os rodeia – desde a mais tenra idade que a sua aprendizagem é feita através de uma interacção com os objectos, por meio dos sentidos.

Relativamente á forma da Terra, os alunos apresentam diferentes noções que se desenvolvem por fases, aumentando o grau de complexidade de acordo com a idade. Assim, os alunos mais novos apresentam apenas noções intuitivas da forma da Terra de acordo com o seu desenvolvimento cognitivo. Para as crianças a Terra tem de ser plana, pois senão as pessoas caíam; as pessoas vivem então sobre a sua superfície. A ideia de que a Terra é esférica surge depois progressivamente. Tipicamente só se encontra a noção correcta em alunos com mais de 14 anos.

As respostas que as crianças dão para explicar a sucessão dos dias e das noites também sofrem uma evolução com o desenvolvimento cognitivo. Inicialmente surgem as explicações mais simples e que se prendem com factos observáveis. Assim, a noção mais simples é a de que o Sol se esconde atrás do monte. Esta explicação é fácil de compreender: se uma criança que não tem ainda dados concretos sobre o mundo vê o Sol de manhã a nascer atrás de um monte e a esconder-se à noite, a sua intuição diz-lhe que o Sol anda a brincar ao esconde/esconde, escondendo-se atrás de um monte. A noção evolui de acordo com os contactos que as crianças têm com o meio exterior e com as explicações que lhes parecem lógicas. Mais tarde, torna-se mais lógico para elas que o Sol anda em torno da Terra, visto que é isso que podem observar. No entanto esta evolução de conceitos continua a progredir e encontra-se posteriormente já uma fracção de alunos que apresentam o conceito correcto do movimento da Terra em torno do seu eixo.

As explicações para as estações do ano também evoluem com a idade até se encontrarem as ideias correctas. Desde os planetas frios ficarem com o calor do Sol; às nuvens mais carregadas no Inverno reterem o calor que vem do Sol; o Sol estar mais afastado da Terra no Inverno ou mover-se para o outro lado da Terra para lhes dar o Verão. Com crescente da idade e por volta dos catorze

anos surge finalmente a opinião correcta, as estações do ano explicam-se em termos da inclinação do eixo da Terra relativamente ao sol".

As explicações sobre as fases da Lua também evoluem dos conceitos mais intuitivos para a realidade. No entanto, além da dificuldade que os alunos encontram para a explicação do fenómeno, existe agora a questão da periodicidade. Os alunos têm dificuldade em entender a explicação da variação da forma visível da Lua e a sua frequência. No entanto, encontram-se já respostas correctas nos alunos em quase todas as idades a partir dos 10 anos.

O senso comum apresenta mais algumas ideias erradas:

- o Sol é composto de lava fundida e é sólido nalgumas partes;
- O Sol nasce a Este e põe-se exactamente a Oeste todos os dias;
- As estações do ano devem-se à variação da distância Terra – Sol;
- A Lua só pode ser vista durante a noite;
- A Lua não roda em torno do seu eixo;
- É possível ver toda a superfície lunar;
- O lado oculto da Lua está sempre na escuridão;
- Meteoros são estrelas que caem;
- Os alinhamentos dos planetas são perigosos e podem afectar a Terra;
- As órbitas planetárias são circulares;
- Mercúrio é quente em toda a sua superfície;
- Os planetas gigantes têm superfícies sólidas;
- Saturno é o único planeta que possui anéis;
- A cintura de asteróides é perigosa e muito densa;
- Os cometas queimam.
- Etc.

2A.3 Indicações didácticas

Uma actividade inicial para ter em atenção as ideias dos alunos consiste em solicitar-lhes a realização de um mapa de conceitos partindo de termos como Sol, satélites naturais, planetas, estrelas, Lua, atmosfera, meteoros, cometas, órbita, Vénus, etc. A seguir, os alunos podem comparar a seu mapa com o dos

colegas. Outra possibilidade é solicitar aos alunos desenhos sobre o sistema solar e distribuí-los pela turma para cada um interpretar o desenho do colega. É obvio que o modo como se “pesquisam” as concepções alternativas dos alunos depende da sua faixa etária, para os mais velhos, e para não os melindrar, é mais útil recorrer a inquéritos ou construção de mapas de conceitos.

Após a identificação das concepções alternativas presentes, pode-se dar início ao tema através de questões orientadoras (por exemplo, “Será a Terra o centro do Universo?”), que poderão gerar situações de confronto de ideias, de pesquisa e de desenvolvimento. Pode-se também dar início ao tema através da exploração de filmes sobre o sistema solar (alguns disponíveis no mercado, outros no site da Nasa²) ou através da apresentação de Powerpoint apresentada no anexo CD e partindo destes fazer uma análise mais detalhada de cada um dos elementos que compõe o Sistema Solar.

Sugere-se a realização de pesquisas que resultem das questões e curiosidades dos alunos. A recolha e organização de dados sobre as dimensões, o tipo de atmosfera, a distância ao Sol, a duração de uma volta completa (quer em torno do seu eixo, quer em relação ao Sol), os satélites naturais, a massa, ou a temperatura média dos planetas, são exemplos a considerar. A comparação das características da Terra com as dos outros planetas do Sistema Solar permite responder à questão específica “O que faz da Terra um planeta com vida”, cuja resposta pode constituir um quadro de exploração multidisciplinar. Para a apresentação dos resultados deve-se incentivar o uso de diferentes suportes. A utilização de folhas de cálculo para compilar a informação recolhida pelos diferentes grupos possibilita, posteriormente, a construção de gráficos para identificar as semelhanças e diferenças entre os diferentes planetas. A análise das tabelas obtidas, permite também diversificar as estratégias utilizadas, como exemplificado na actividade – *Observando os planetas*.

Dependendo do nível etário dos alunos e do grau de complexidade com que se quiser abordar os conteúdos relacionados com o sistema solar, assim deverão ser diferentes as estratégias a utilizar. Considera-se no entanto relevante referir a origem do Sistema Solar, salientando as características unificadoras e algumas

² ver anexo de endereços electrónicos

teorias existentes sobre a sua formação. Estes aspectos bem como a apresentação dos diferentes modelos do Sistema Solar, permitem a sensibilização dos alunos para o carácter dinâmico da Ciência. Tais modelos podem ser discutidos com base em textos que reflectam o apoio ou a contestação social que geraram, permitindo aos alunos identificar a Ciência como uma actividade humana, fortemente dependente de factores sociais. Uma actividade possível consiste em trabalhos de grupo, em que se promovam debates, dramatizações, etc., sobre como se tornou possível o conhecimento do Universo, a vida e obra de cientistas, as diferentes teorias (por exemplo, debate sobre as teorias geocêntrica e heliocêntrica recorrendo a argumentos da época). Pretende-se que os alunos reconheçam que as novas ideias geralmente encontram oposição de outros indivíduos e grupos por razões sociais, políticas ou religiosas.

Para estudar a Terra e o Sistema Solar, o recurso à simulação com material experimental e com programas de computador é uma sugestão que se apresenta para explorar os movimentos da Terra, de modo a explicar a sucessão dos dias e das noites, as estações do ano, as fases da Lua e os eclipses da Lua e do Sol. Outras simulações possibilitam visualizar o movimento simultâneo dos planetas e satélites, elemento fundamental para os alunos o descreverem. Esta análise deve dar particular atenção aos movimentos de translação e rotação, analisando as características unificadoras dos diferentes elementos do Sistema Solar, bem como as excepções. Esta análise deve realçar que estes movimentos tiveram a sua origem na própria formação do Sistema Solar. No entanto, quando não estiverem disponíveis condições que permitam recorrer aos simuladores, pode-se recorrer à construção de modelos, quer dos diferentes componentes do sistema solar, quer do próprio sistema solar. No entanto deve-se ter em atenção as relações nas escalas utilizadas e pode então ser necessário introduzir as unidades de medida em astronomia, referenciadas no capítulo 7.

Para a construção de modelos deste tipo pode-se recorrer a situações mais simples ou mais elaboradas, dependendo das condições físicas e materiais. São apresentadas nas actividades algumas sugestões, recorrendo a materiais simples. No entanto, todas podem ser melhoradas, devendo-se dar particular

atenção ao uso de escalas apropriadas, para os alunos adquirirem as noções correctas das dimensões do Sistema Solar. A escala de 1 para 10 mil milhões é particularmente útil, pois possibilita a posterior comparação com as dimensões das estrelas (capítulo 9).

Pretende-se que os alunos reconheçam que os fenómenos que ocorrem na Terra resultam da interacção no Sistema Sol –Terra- Lua.

Muitas mais actividades podem ser realizadas, dependendo dos conceitos a explorar. Para mais algumas sugestões, consultar a bibliografia específica referente a actividades pedagógicas e alguns sites da Internet dedicados ao ensino da astronomia.

Imagens do Sistema Solar

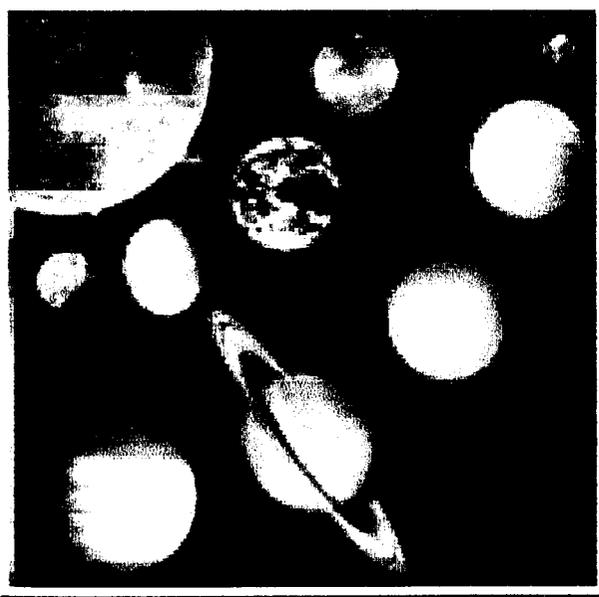
De seguida são apresentadas algumas imagens, que contam do CD de apoio, que podem complementar as aulas. Informação acerca de onde se podem obter mais imagens, bem como pequenos filmes, pode ser encontrada no anexo sobre endereços electrónicos.

Obliquidade dos Nove Planetas



Esta ilustração mostra a obliquidade dos nove planetas. Obliquidade é o ângulo entre o plano equatorial de um planeta e o seu plano orbital. Pela convenção da União Astronómica Internacional (UAI), o polo norte de um planeta está acima do plano da elíptica. Por esta convenção, Vénus, Urano e Plutão têm uma rotação retrógrada, ou seja uma rotação na direcção oposta em relação aos outros planetas. *(Copyright 1999 por Calvin J. Hamilton)*

O Sistema Solar

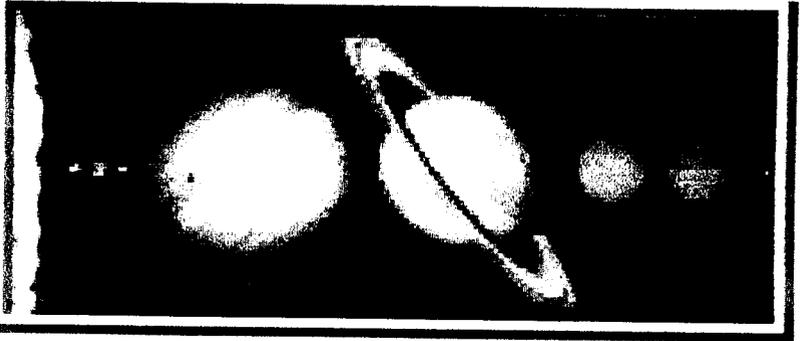


Durante as últimas três décadas uma miríade de sondas espaciais escaparam aos confins do planeta Terra e foram descobrir os nossos vizinhos planetários. Esta imagem mostra o Sol e todos os nove planetas do sistema solar tal como foram vistos pelos exploradores do espaço. Começando no canto superior esquerdo está o Sol seguido pelos planetas Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno, e Plutão. *(Copyright 1998 by Calvin J. Hamilton)*

Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno, e Plutão. *(Copyright 1998 by Calvin J. Hamilton)*

O Sol e os Planetas

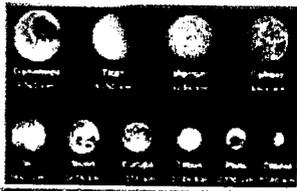
Esta imagem mostra o Sol e os nove planetas aproximadamente à escala. A ordem destes corpos é: Sol, Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno,



Urano, Neptuno e Plutão. (Copyright Calvin J. Hamilton)

As Maiores luas e os Menores Planetas

Esta imagem mostra as dimensões relativas das maiores luas e dos menores

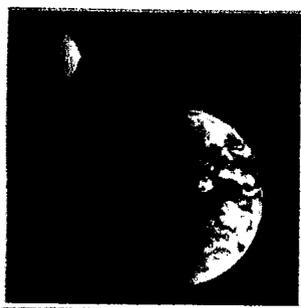


planetas do sistema solar. Os maiores satélites representados nesta imagem são: Ganímedes (5262 km), Titã (5150 km), Calisto (4806 km), Io (3642 km), a Lua (3476 km), Europa (3138 km), Tritão (2706 km), e Titânia

(1580 km). Ganímedes e Titã são maiores do que o planeta Mercúrio seguidos por Io, a Lua, Europa e Tritão que são maiores que o planeta Plutão. (Copyright Calvin J. Hamilton)

Imagens da Terra e da Lua

A Terra e a Lua



Oito dias após o seu encontro com a Terra, a nave Galileu foi capaz de olhar para trás e capturar esta visão da Lua orbitando a Terra, tirada a uma distância de cerca de 6,2 milhões de quilómetros (3,9 milhões de milhas), em 16 de Dezembro de 1990. A Lua está em primeiro plano, movendo-se da esquerda para a direita. A Terra, brilhante

e colorida, contrasta fortemente com a Lua, que reflecte apenas cerca de um terço da luz solar em relação à Terra. A Antárctida é visível através das nuvens (em baixo). O 'lado oculto' da Lua é visto; a zona sombreada no final do alvorecer é o Polo Sul/Bacia Aitken, uma das maiores e mais antigas formações de impacto lunares. (Cortesia NASA)

Vista da Terra e Lua, da Mariner 10



A Terra e a Lua foram fotografadas pela Mariner 10 a 2,6 milhões de quilómetros, uma nave capaz de enviar dados de imagens coloridas digitais de alta resolução. Estas imagens foram combinadas abaixo para ilustrar o tamanho relativo dos dois corpos. Deste particular ponto de vista, a Terra parece ser um planeta aquático! (Cortesia Mark S. Robinson)

Resumo do Sol e os Planetas

A seguinte tabela lista informações estatísticas do Sol e dos planetas:

	DISTÂNCIA (UA)	RAIO (TERRA)	MASSA (TERRA)	ROTAÇÃO (TERRA)	# LUAS	INCLINAÇÃO ORBITAL	EXCENTRICIDADE ORBITAL	OBLIQUIDADE	DENSIDADE (G/CM ³)
Sol	0	109	332,800	25-36*	9	—	—	—	1.410
Mercúrio	0.39	0.38	0.05	58.8	0	7	0.2056	0.1°	5.43
Vénus	0.72	0.95	0.89	244	0	3.394	0.0068	177.4°	5.25
Terra	1.0	1.00	1.00	1.00	1	0.000	0.0167	23.45°	5.52
Marte	1.5	0.53	0.11	1.029	2	1.850	0.0934	25.19°	3.95
Júpiter	5.2	11	318	0.411	16	1.308	0.0483	3.12°	1.33
Saturno	9.5	9	95	0.428	18	2.488	0.0560	26.73°	0.69
Urano	19.2	4	17	0.748	15	0.774	0.0461	97.86°	1.29
Neptuno	30.1	4	17	0.802	8	1.774	0.0097	29.56°	1.64
Plutão	39.5	0.18	0.002	0.267	1	17.15	0.2482	119.6°	2.03

* O período de rotação do Sol à superfície varia de aproximadamente 25 dias no equador até 36 dias nos pólos. No interior, abaixo da zona de convecção, parece rodar com um período de 27 dias.

2A.4 Actividades

Actividade - Caracterizar os diferentes elementos do sistema solar

Esta actividade é simples, e baseia-se no aspecto lúdico que deve estar inerente à aprendizagem. Tal como muitos jogos que existem no mercado, os alunos podem construir um jogo baseado em cartões em que de um lado tenham perguntas sobre os diferentes elementos do sistema solar e do outro as respostas. Pode ser também jogado num tabuleiro com dados. Deve ser deixada alguma liberdade para a construção do jogo. Esta é apenas uma sugestão. Podendo os melhores e mais bem construídos ficarem disponíveis, por exemplo, na biblioteca da escola, ou na sala de jogos, desde que os alunos que os construíram estejam de acordo.

Actividade - A escala do nosso sistema solar

Objectivo

- Verificar as distâncias relativas no Sistema Solar recorrendo a modelos simples.

Material necessário

- Bola de praia de 30 cm de diâmetro (1)
- Sementes (2)
- Ervilhas (2)
- Lentilhas (1)
- Bolas de ping-pong (2)

Procedimento

- Utilizando uma bola de praia para representar o Sol, recorrer aos alunos para “segurarem” um planeta e posicioná-lo a uma determinada distância do “Sol”, de acordo com a escala conveniente. As distâncias não precisam de ser exactas.

Planeta	Diâmetro à escala (mm)	Modelo sugerido	Distância ao “Sol” numa escala aproximada de 1 para 10^9 m
Mercúrio	1	Semente	12
Vénus	2,5	Ervilha	23
Terra	3	Ervilha	32
Marte	1,5	Lentilha ou semente	49
Júpiter	30	Bola de ping-pong	167
Saturno	26	Bola de ping-pong	300

A partir daqui, a maior parte das escolas já não deve ter espaço exterior para completar o trabalho, mas as ideias mais importantes já foram ilustradas:

- As distâncias entre os planetas são muito grandes quando comparadas com o tamanho dos planetas.

- O Sistema Solar é constituído principalmente por espaço vazio. Os planetas representam apenas quantidades ínfimas de matéria.

Para as escolas com grande espaço à volta, as distâncias, à escala, para os outros planetas, seriam:

Urano	10	Berlinde	~ 600
Neptuno	10	Berlinde	~ 900
Plutão	1	semente	~ 1270*

*A órbita de Plutão é muito elíptica, este é apenas um valor médio, para os restantes planetas considerou-se as órbitas aproximadamente circulares

Pode-se ainda pedir ao aluno que segura "Júpiter" ou Saturno para olhar para o "Sol". Aos seus olhos o Sol parecerá pequeno. Muito mais pequeno e pálido do que visto da Terra.

Nesta escala, a nossa Lua será do tamanho de outra semente situada a 8 cm da Terra. E a estrela mais próxima do nosso Sol será outra bola de praia a 8000 Km de distância!

Se a "Terra" se movimentasse em torno do "Sol" com uma velocidade à escala deste modelo, ela movimentar-se-ia 55 cm por dia.

Actividade– Construção de um modelo do Sistema Solar à escala

Objectivo

- Construir um modelo à escala do sistema solar.

Material necessário

- Uma fita de papel com 12,5 metros de comprimento
- Papel de cenário
- Marcadores
- Bandeiras de papel (maquetas dos planetas)
- Cola ou fita cola

Procedimento

- Para se tentar construir um sistema solar à escala é necessário pelo menos um local com 12 metros de raio, e uma fita de papel com 12 metros. Marcam-se os locais onde ficam situados os planetas, utilizando bandeiras de papel com o nome de cada um.

Para realizar esta tarefa utilizam-se os valores da tabela 1.

<i>Planeta</i>	<i>Real – Distância até ao Sol (UA)</i>	<i>Modelo – Distância ao Sol (m)</i>
Sol (Estrela)	-	-
Mercúrio	0,39	
Vênus	0,72	
Terra	1,00	
Marte	1,52	
Júpiter	5,20	
Saturno	9,54	
Urano	19,2	
Neptuno	30,1	
Plutão	39,4	12

1 – Considerando que a distância que separa o Sol de Plutão é de 12 metros, completar a tabela 1.

2 – O diâmetro do Sol é 1 391 980 Km e o diâmetro de Plutão é 2300Km: Qual a razão entre o tamanho do Sol e o tamanho de Plutão?

3- Na tabela 2, completar a coluna correspondente ao cálculo do número de vezes que o diâmetro de cada planeta é maior do que o diâmetro de Plutão.

4 – Completar a tabela 2, sabendo que Plutão, no modelo, tem 0,2 cm de diâmetro.

Planeta	Diâmetro real (Km)	N.º vezes que o diâmetro é > do que o de Plutão	Diâmetro no modelo (cm)
Sol (Estrela)	1 391 980		
Mercúrio	4 880		
Vénus	12 100		
Terra	12 800		
Marte	6 800		
Júpiter	142 000		
Saturno	120 000		
Urano	51 800		
Neptuno	49 500		
Plutão	2 300	1	0,2

5 – Com base nos valores registados na tabela anterior, construir modelos do Sol e dos planetas.

Actividade - Observar os planetas³

Objectivo

- Como observar os planetas

Observação de Mercúrio

O planeta Mercúrio é facilmente detectável no céu, pois apresenta um brilho comparável ao das estrelas mais brilhantes. De facto a magnitude⁴ deste planeta varia entre +2 e -1,9, consoante seja maior ou menor a sua distância à Terra.

Contudo, a sua observação é difícil, porque Mercúrio só é visível a pouca altura sobre o horizonte⁵, devido à sua pequena distância angular ao Sol, e consequentemente, a atmosfera terrestre dificulta a sua observação; além disso a observação é dificultada pelo seu pequeno diâmetro aparente, que varia entre 4,7" e 13" (consoante a sua distância à Terra). Requer pois grandes ampliações, pouco praticáveis pela escassa altura que pode apresentar acima do horizonte.

Observação de Vénus

É possível muitas vezes observar um planeta brilhando no céu ao fim da tarde. Vénus é o mais brilhante e o mais fácil de encontrar. Apesar de ter um tamanho muito similar ao da Terra, ele parece uma estrela; por isso é necessário assegurarmo-nos de que estamos de facto a observar Vénus. A sua magnitude varia entre -3,3 e -4,4, consoante a fase que apresenta e a distância a que se encontra da Terra. O seu brilho intenso deve-se não só à relativa proximidade ao nosso planeta e a um diâmetro bastante maior do que Mercúrio, mas também ao facto de a sua atmosfera, extraordinariamente densa, reflectir muita da energia solar incidente.

As mesmas nuvens que envolvem Vénus impedem a observação da sua superfície através de telescópios ópticos.

³ Adaptada de "Introdução à astronomia e às observações astronómicas" de Máximo Ferreira

⁴ Relativamente à noção de magnitude, antigamente designada grandeza, consulte o capítulo 9 da primeira parte.

⁵ Mercúrio só é visível pouco ante do nascimento do Sol, ou pouco depois do pôr do Sol. No primeiro caso continua a elevar-se sobre o horizonte, mas o brilho do Sol impede a sua observação, no segundo caso vai descendo sobre o horizonte, e põe-se pouco depois do pôr do Sol.

Em algumas épocas do ano, Vénus será a “estrela” mais brilhante no céu, quer seja a Oeste depois do pôr do sol, quer a Este um pouco antes do nascer do Sol.

Observação de Marte

À vista desarmada, a localização deste planeta é bastante fácil, pois é muito brilhante e a sua cor característica avermelhada evidencia-o no céu. A magnitude de Marte, comparável à das estrelas mais brilhantes, varia entre +2 e -2.8 consoante a sua distância à Terra, a qual vai de 77.8 a 377.0 milhões de quilómetros.

A observação telescópica de Marte não é, no entanto, das mais fáceis, dado que o seu diâmetro aparente varia apenas entre 3.5” e 25”, de acordo com a distância a que se encontra.

É necessário um telescópio de 60 mm de diâmetro, pelo menos, e uma ampliação mínima de 80x para que se perceba o seu globo. Instrumentos de maiores aberturas (80 mm a 150 mm) permitirão observar a calote polar sul e as principais manchas na sua superfície, utilizando ampliações da ordem de 120x a 250x.

Observação dos asteróides

Devido às suas dimensões relativamente pequenas, os asteróides não são visíveis à vista desarmada. Os mais fáceis de observar, Vesta, Ceres e Palas, apresentam magnitudes compreendidas entre 6 e 10, o que permite, em princípio, a sua observação (como pontos luminosos semelhantes a estrelas) através de binóculos e, mais facilmente, através de telescópios de abertura superior a 90 mm (com pequenas ampliações).

Porém, só os seus movimentos relativamente ao fundo de estrelas, detectáveis comparando observações feitas a intervalos de vários dias, os permitem distinguir daquelas.

Observação de Júpiter

Depois do Sol e da Lua, Júpiter é o corpo celeste do Sistema Solar de mais fácil observação. Aparenta, em geral, maior brilho que qualquer estrela: a sua

magnitude varia entre -1.4 e -2.5 , de acordo com a sua maior ou menor distância à Terra.

Uns binóculos permitem já a observação, como pontos luminosos, de Júpiter e dos quatro satélites galileanos⁶ cujas posições variam com o decorrer das horas, circunstância facilmente detectável de noite para noite

A observação telescópica de Júpiter é acessível, mesmo para quem tenha um telescópio pequeno. O diâmetro aparente deste planeta é relativamente grande e varia entre $30.5''$ e $50''$, de acordo com a distância a que se encontra da Terra. A utilização de um telescópio de abertura superior a 10 cm permite já apreciar a rotação do planeta sobre si próprio e, em condições favoráveis, observar a passagem dos satélites em frente do globo, projectando uma pequena sombra sobre ele, ou a passagem desses satélites pela sombra projectada pelo planeta (eclipses dos satélites de Júpiter). Por este motivo, em algumas ocasiões, só são visíveis 3 (ou até mesmo 2) dos 4 satélites galileanos.

Observação de Saturno

Apesar de ter um diâmetro nove vezes maior que o da Terra, Saturno nunca se apresenta muito brilhante no céu, dada a enorme distância a que se encontra de nós, entre os 1576.8 e os 1277.6 milhões de quilómetros. Por este motivo, o brilho de Saturno varia entre as magnitudes $+0.9$ e -0.4 . Embora seja um planeta enorme, o diâmetro aparente do seu globo nunca é muito grande: vai de $14.7''$ a $20.5''$, consoante a distância à Terra.

Os anéis de Saturno, quando bem abertos, já são visíveis com um pequeno telescópio de 50 ou 60 mm de abertura, e ampliação de cerca de 50x. Com esta pequena ampliação os anéis são vistos como se fossem um só.

Observação de Urano

Este planeta, cuja distância à Terra varia entre 2720 e 3020 milhões de quilómetros, é dificilmente observável à vista desarmada. A sua magnitude é 5.7, quase no limiar da visibilidade a olho nu, e varia pouco com as diferentes

⁶ Estes satélites, embora pouco brilhantes, apresentam magnitudes próximas do limite de visibilidade à vista desarmada, que é a 6ª magnitude. Portanto, a ajuda de um pequeno instrumento de óptica é suficiente para que passem a ser visíveis (como pontos luminosos). Os restantes satélites, consideravelmente menos brilhantes, não são acessíveis aos pequenos telescópios: na ordem decrescente do brilho, o satélite seguinte tem já a magnitude 13.7.

distâncias a que pode estar de nós. Apesar de ser um planeta bastante grande, o seu diâmetro aparente, nas condições mais favoráveis, não excede 4.2".

Para que se possa ver Urano como um pequeno ponto esverdeado, é necessário a utilização de um telescópio de 80 mm de diâmetro e de uma ampliação de 100x. Com binóculos pode ser visto como um ponto luminoso, desde que se conheça bem a sua localização relativamente às estrelas, visto que com pequenas ampliações tem um aspecto idêntico ao de uma estrela. Comparando observações intervaladas por algumas semanas, será possível detectar o seu movimento relativamente às estrelas, identificando-o portanto como um planeta.

Observação de Neptuno e Plutão

Tendo em conta as grandes distâncias entre estes planetas e o Sol, é compreensível que não sejam fáceis de observar.

Neptuno, cuja distância à Terra varia entre cerca de 4350 e 4650 milhões de quilómetros, não é observável à vista desarmada (magnitude 7.6, com pouca variação). É, portanto, difícil de localizar no céu, embora seja, em princípio, visível (como um ponto luminoso semelhante a uma estrela) com binóculos. Só a sua mudança de posição lenta relativa às estrelas o identifica como um planeta. A observação telescópica deste planeta reveste-se de pouco interesse para o amador.

Plutão só é visível com grandes telescópios. Só com um telescópio de 250 mm de abertura, pelo menos, seria possível detectar este planeta longínquo, que apresenta um diâmetro aparente diminuto (0.11") e magnitude 14.7. A observação de Plutão, sai, portanto do âmbito das observações do astrónomo amador.

Actividade – Observando uma chuva de meteoros

Objectivos

- Observar “estrelas cadentes”
- Distinguir os conceitos de meteoro, meteoróides e meteorito.

Materiais

- Telescópios
- Binóculos

Um meteoróide é um objecto que gira ao redor do Sol, ou qualquer outro objecto no espaço interplanetário que é demasiado pequeno para ser chamado de asteróide, ou cometa. O termo meteoro vem do grego meteoron e significa “rochas que caem do céu”. É usado para descrever a faixa de luz produzida quando matéria do Sistema Solar entra na atmosfera da Terra. Forma-se assim uma incandescência temporária que é o resultado da fricção com a atmosfera. Isto acontece tipicamente a alturas de 80 a 110 quilómetros acima da superfície da Terra.

As estrelas cadentes não são estrelas verdadeiras, mas sim meteoros. Estes são essencialmente pedaços de ferro e níquel ou pedaços de algum cometa. Normalmente, ardem ao atravessar a atmosfera. Os meteoros provocam traços luminosos no céu; aos que caem na Terra dá-se o nome de meteoritos. Felizmente, a maior parte dos meteoritos são pequenos.

É depois da meia noite, e até ao nascer do dia, que se observa o maior número de meteoros. A observação de meteoros é um fenómeno que se dá com regularidade, permitindo assim uma observação cuidada.

Metodologia

1-Conhecer a ocasião em que se observa a chuva de meteoros e em que constelação. Por exemplo, a Chuva de Geminidas, em Gémeos, que se dá em Dezembro.

É fácil localizá-los porque surgem sempre na mesma constelação e na mesma época do ano. A observação de meteoros requer alguma paciência. Vêem-se

melhor em noites sem Lua, ou então depois dela se esconder abaixo do horizonte.

A observação melhor é após a meia-noite, como já foi referido. Sendo tarde para alguns alunos, estes podem no entanto levantar-se cedo e observar, antes do amanhecer.

2-Tomar registo das observações. Quantos podem ser contados por hora? Contam-se mais durante a noite ou de manhã cedo?

3-Os alunos podem desejar fotografar uma chuva de meteoros, após a sua localização. Para isso necessitam colocar a maquina fotográfica num tripé, abrir a lente de exposição com uma velocidade lenta e ter um tempo de exposição por exemplo de 10 minutos. Os resultados são espectaculares.

Nomes	Data do máximo número de meteoros (em cada ano)	Número de meteoros observáveis, por hora	Posição do radiante ⁷		
			Ascensão Recta h	min	Declinação graus
Quadrântidas	31 de Janeiro	40	15	28	+50
Líridas	21 de Abril	15	18	16	+34
η Aquáridas	4 de Maio	20	22	24	00
δ Aquáridas	28 de Julho	20	22	36	-17
Perseidas	11 de Agosto	50	03	04	+58
Oriónidas	21 de Outubro	25	06	20	+15
Táuridas	4 de Novembro	15	03	32	+14
Leónidas	16 de Novembro	15	10	08	+22
Geminidas	13 de Dezembro	50	07	32	+32
Ursidas	22 de Dezembro	15	14	28	+76

Tabela : Chuvas de Estrelas mais importantes (Retirada do livro Introdução à Astronomia e às observações astronómicas de Máximo Ferreira)

Discussão:

- Qual a origem dos meteoritos?
- Será que os meteoritos têm todos a mesma classificação geológica? Porquê?

⁷ A localização do radiante é facilitada pelo uso destas coordenadas e da Carta Celeste. O radiante das Quadrântidas situa-se na constelação do Boieiro; nos restantes casos o nome da chuva relaciona-se facilmente com o nome da constelação onde o respectivo radiante se localiza.

Actividade - Espelho, espelho⁸

Objectivo

- Verificar o movimento da Terra

À muitos anos atrás as pessoas pensavam que a Terra era plana e que o Sol e a Lua se movimentavam em redor da Terra que permanecia quieta. Então os primeiros astrónomos descobriram que a Terra era uma bola redonda que se move. Esta actividade demonstra que a Terra se move.

Material

- Espelho pequeno
- Fita adesiva

Procedimento

(Esta actividade resulta melhor em dias de Sol)

1. Colocar o espelho no parapeito de uma janela voltada a Sul. Posicionar o espelho de modo a que o reflexo do Sol incida numa das paredes da sala.
2. Ao meio dia exacto (12 horas), colocar um pouco de fita adesiva na parede, no centro da reflexão do espelho.
3. Todos os 5 minutos, durante 30 minutos, colocar outro pedaço de fita no centro da imagem reflectida. O que se observa ao fim de 30 minutos?
4. Deixar o espelho no mesmo local, sem mexer, durante a noite. Às 12 horas exactas, do dia seguinte, colocar um pouco de fita no centro da imagem reflectida.
5. Nas duas semanas seguintes, colocar um pouco de fita na parede, no centro da imagem reflectida, todos os dias exactamente às 12 horas. O que se pode concluir ao fim de 2 semanas?

Explicação

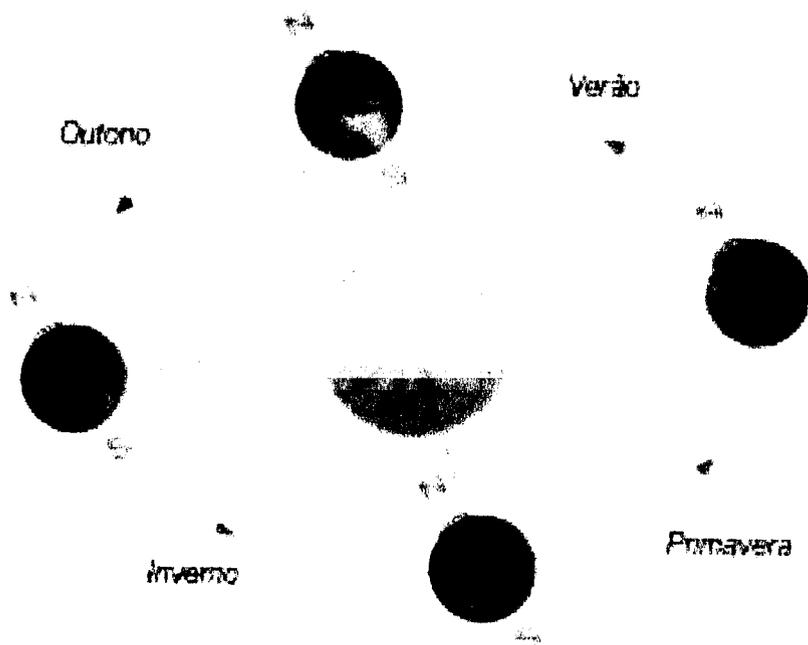
Nas primeiras 24 horas, o reflexo move-se através da parede numa linha direita. O reflexo desloca-se devido ao spin da Terra. A Terra completa uma volta

⁸ Adaptado de Cosmic Science "Mirror, Mirror"

em torno do seu eixo (uma linha imaginária desde o Pólo Norte ao Pólo Sul da Terra) todas as 24 horas. (O Pólo Norte, é o ponto mais a norte da Terra e o Pólo Sul é o ponto mais a sul da Terra). À medida que a Terra roda, o ângulo que o Sol faz com o espelho muda, causando o movimento da imagem reflectida

Quando se coloca um pedaço de fita no centro da imagem reflectida cada dia, durante duas semanas, está-se a demonstrar que a reflexão se move diariamente. (A nova reflexão é mais alta ou mais baixa que a anterior, dependendo da estação. A nova reflexão será mais alta no Outono e mais baixa na Primavera). A reflexão desloca-se cada dia devido não só devido ao spin do eixo terrestre. Mas também à órbita da Terra em torno do Sol, o que significa que se move numa órbita aproximadamente circular em redor do Sol. A Terra completa uma volta completa em torno do Sol cada ano.

A Terra órbita o Sol no sentido directo, com inclinação de $23,5^\circ$ do seu eixo. Isto significa que durante metade da órbita em redor do Sol, o Hemisfério Norte está inclinado para o Sol e na outra metade está inclinado na direcção oposta. Isto cria as estações. Para quem vive no Hemisfério Norte, é Inverno quando o hemisfério está inclinado na direcção oposta à posição do Sol. É Verão quando está inclinado para o Sol. Quando está nas posições intermédias é a Primavera e o Outono.



Actividade– Lei de Bode⁹

Objectivo

- Verificar a aplicabilidade da Lei de Bode para o cálculo das posições dos planeta.

O nosso Sistema Solar é constituído pelo Sol e pelos planetas circulando em seu redor. Cada planeta do nosso Sistema Solar está a diferentes distâncias do Sol. Esta actividade demonstra como o jovem astrónomo alemão, Johann Bode (1747-1826) calculou as distâncias dos planetas, através de uma lei empirica.

Material

- Lápis
- Papel

Procedimento

1. Copia a tabela seguinte para o teu caderno

Planeta	I Sequência de números (cada número após o 0 é o dobro do anterior)	II Soma 4	III Soma dividida por 10 (Predição de Bode para a distância)	IV Medida actual ao Sol em UA	V Distância média ao Sol em milhões de Km ($\times 10^6$)
Mercúrio	0	4	0.4	0.39	58
Vénus	3			0.72	108
Terra	6			1.0	150
Marte	12			1.5	228
Planeta perdido	24			2.8	-
Júpiter				5.2	778
Saturno				9.5	1,427
Urano				19.2	2,870
Neptuno				30.1	4,486
Plutão				39.5	5,900

2. Segue os seguintes passos para completares o quadro:

- Preenche a coluna I atribuindo a cada planeta um número na lista ordenada. Atribui a Mercúrio 0, a Vénus 3 e a cada planeta um número que é o dobro do anterior.

⁹ Adaptado de Cosmic Science "Bode's Law"

- Preenche a coluna II adicionando 4 ao número inicial.
- Preenche a coluna III dividindo cada número da coluna II por 10. Assim obtém-se a distância de Bode em unidades astronómicas (UA). Uma unidade astronómica é igual à distância da Terra ao Sol.

3. Compara as distâncias de Bode na coluna III com as actuais distâncias dos planetas ao Sol, medidas em unidades astronómicas na coluna IV. Qual a correcção da lei de Bode para todos os planetas?

Explicação

Nos finais de 1700, Johann Bode popularizou uma equação matemática simples para calcular a distância de cada planeta ao Sol, conhecida como Lei de Bode. A Lei de Bode dá a distância ao Sol dos planetas conhecidos no sistema solar e permitiu prever a localização dos desconhecidos.

$$a = 0.4 + 0.3 \times 2^n \text{ onde } n = -\infty, 0, 1, 2, 3, \dots$$

a = distância astronómica (ua)

Distância da Terra ao Sol = 1 ua

Planeta	n	a	Distância Média Real
Mercúrio		0,4	0,39
Vénus	0	0,7	0,72
Terra	1	1,0	1,00
Marte	2	1,6	1,52
1.Ceres (*)	3	2,8	2,77
Júpiter	4	5,2	5,20
Saturno	5	10,0	9,54
Urano	6	19,6	19,18
Neptuno		—	30,06
Plutão	7	38,8	39,52

Tabela Resultados da Lei de Titius-Bode (1766)

Quando a lei de Bode foi inicialmente descoberta, só eram conhecidos os planetas até Saturno. Bode utilizou a lei para prever a localização do próximo

planeta do Sistema Solar. Em 1781 Herschel descobriu o planeta onde Bode previra. O planeta foi designado Urano, como sugerido por Bode.

A lei de Bode também previu a existência de um planeta entre Marte e Júpiter. Em 1801 os astrónomos viraram os telescópios para o local onde Bode previu a existência de um planeta desaparecido e encontraram o asteróide denominado Ceres. Mais tarde, descobriram que eram centenas de asteróides, com tamanhos entre 1 e 1000 Km de diâmetro. Estes asteróides encontram-se em órbita entre Marte e Júpiter, no Cinturão de Asteróides.

Apesar da lei de Bode ter ajudado os astrónomos a descobrir novos planetas (e o cinturão de asteróides) no nosso sistema solar, muitos cientistas acreditam que foi pura coincidência.

Actividade– Circundando o Sol¹⁰

Objectivo

- Verificar as órbitas dos planetas

A maioria das pessoas pensa que a Terra e os outros planetas no nosso Sistema Solar orbitam o Sol movendo-se em perfeitos círculos. Mas não é o caso. Esta actividade é sobre as órbitas dos planetas.

Materiais

- Fita transparente
- Folha de papel (21.25 por 27.5 cm)
- Quadro de cartão ou corticite
- Lápis
- Régua, pioneses, 30 cm de fio

Procedimento

1. Prenda o papel sobre o quadro.
2. No centro do papel desenhe uma linha horizontal com cerca de 7,5 cm de comprimento. Prenda os pioneses um em cada lado da linha.
3. Prenda as extremidades do fio de modo a formar um arco.
4. Coloque o fio em redor dos pioneses. Coloque o lápis no interior do laço de fio.
5. Mantendo o fio esticado, guie o lápis em redor do laço e desenhe. Que figura representou?

Explicação

Desenhou uma figura oval, designada elipse. Os planetas do sistema solar movem-se em redor do Sol em órbitas elípticas. Em 1621, o astrónomo alemão Johannes Kepler, descobriu que os planetas não orbitam o Sol em órbitas circulares e com velocidade constante. Kepler descobriu que os planetas orbitam o Sol em orbitas elípticas e com diferentes velocidades. Eles movem-se mais rapidamente próximo do Sol e mais lentamente quando afastados do Sol.

¹⁰ Adaptado de Cosmic Science "Circling the sun"

Actividade– Estudando o Sol

Introdução

O Sol é a fonte de energia, radiante e térmica, responsável pela vida na Terra. É uma estrela, um corpo brilhante, aproximadamente esférico, constituído por plasma, mantido junto pela sua própria gravidade, e cuja energia resulta de reacções de fusão nuclear que ocorrem na sua parte central.

No que respeita às suas propriedades físicas e químicas, o Sol é muito semelhante às outras estrelas, independentemente de quando e onde se formaram.

O Sol é uma estrela “típica”, situando-se numa posição média, quanto a valores de massa, raio, brilho e composição. Este factor, é a principal razão do interesse dos astrónomos pelo Sol, já que os conhecimentos obtidos a partir do seu estudo podem ser aplicados a muitas outras estrelas da nossa Galáxia.

Propriedades a estudar:

1. Volume do Sol
2. Massa do Sol
3. Densidade do Sol
4. Rotação do Sol (tempo de)

1ª Parte – Volume do Sol

Material:

- 1 régua de comprimento mínimo 60 cm
- 1 folha de papel branco
- 1 quadrado de cartolina com cerca de 10 cm de lado
- folha de alumínio
- fita- cola
- tesoura
- alfinete

1. Comece por medir o diâmetro do Sol:

- Recorte um quadrado no centro da cartolina, com cerca de 2 cm de lado e cubra-o com folha de alumínio, fixando-a com fita - cola.

- Com o alfinete, faça um furo na folha de alumínio. Fixe o conjunto no zero da escala da régua, perpendicularmente a esta.
- Desenhe na folha de papel branco duas linhas paralelas, afastadas de 0,5 cm.
- Volte o dispositivo para o Sol, mantendo a folha perpendicular à régua. Procure obter na folha de papel a sombra do quadrado de cartolina. No meio desta, localize a imagem do Sol. Desloque a folha de papel até conseguir enquadrar exactamente essa imagem entre os dois traços desenhados. Nessa posição, meça na régua a distância da cartolina ao papel.

2. Recorrendo a triangulação, determine o diâmetro aproximado do Sol:

$$D_{\odot} = \frac{\text{distância entre o Sol e a Terra} \times \text{diâmetro da imagem}}{\text{distância entre o orifício e a imagem}}$$

Calcule o raio do Sol, R_{\odot} .

(Nota: Este método também pode ser usado para medir o diâmetro da Lua, em noites de lua cheia, distância da Lua = 384 400 Km).¹¹

3. O valor aceite para o raio do Sol é de $6,96 \times 10^5$ Km. Qual a percentagem de erro cometida na sua determinação?

$$\% \text{erro} = \frac{|\text{valor aceite} - \text{valor obtido}|}{\text{Valor aceite}} \times 100\%$$

4. Determine o volume aproximado do Sol, suposto esférico, V_{\odot} .

5. O raio médio da Terra, e respectivo volume, são, respectivamente:

$$R_{\oplus} = 6378 \text{ Km} \approx 6,4 \times 10^3 \text{ Km}$$

$$V_{\oplus} = 1,0868 \times 10^{12} \text{ Km}^3$$

¹¹ Adaptado de "Finding the Size of the Sun and the Moon": from *Living and Learning in the Space Age*, by Jeff Crellin

Determine as razões aproximadas entre os raios e os volumes do Sol e da Terra:

$$R_{\odot}/R_{\oplus} \approx$$

$$V_{\odot}/V_{\oplus} \approx$$

2ª Parte – “Massa do Sol”

Introdução

A Terra, ao descrever uma órbita em torno do Sol, está sujeita a uma força centrípeta que provoca uma variação constante na direcção da sua velocidade de translação. Supondo, como aproximação, que a trajectória é circular, o valor dessa força é, como se sabe do estudo do movimento circular uniforme:

$$F = \frac{m_{\oplus}v^2}{r}$$

Sendo m_{\oplus} a massa da Terra, v o valor da sua velocidade e r o raio da trajectória. Mas a força centrípeta, neste caso, não é mais do que a força gravitacional, dada pela lei da gravitação de Newton:

$$F = G \frac{m_{\oplus}m_{\odot}}{r^2}$$

sendo G a constante de gravitação universal, m_{\oplus} e m_{\odot} as massas da Terra e do Sol, respectivamente, e r a distância entre eles.

Igualando as duas expressões e simplificando, obtemos:

$$m_{\odot} = \frac{v^2 r}{G}$$

Esta expressão permite calcular a massa aproximada do Sol, sabendo o valor da velocidade de translação da Terra e o raio da sua trajectória.

2.1 O raio da trajectória da Terra, é 1 UA. Qual o seu perímetro (supondo a trajectória circular)?

2.2 Qual o intervalo de tempo que a Terra leva a percorrer o perímetro, em segundos?

2.3 Qual a velocidade de translação (aproximada) da Terra, v ?

2.4 Determine a massa aproximada do Sol. ($G=6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{Kg}^{-2}$).

2.5 O valor aceite para a massa do Sol é $1,99 \times 10^{30} \text{ Kg}$. Calcule a percentagem do erro na sua determinação.

2.6 Compare a massa do Sol com a massa da Terra. ($m_{\oplus} = 5,97 \times 10^{24} \text{ Kg}$).

$$m_{\oplus} / m_{\odot} \approx$$

3ª Parte – “Densidade do Sol”

3.1 Utilizando os valores que obteve nas actividades anteriores, calcule o valor aproximado da densidade do Sol:

$$\rho_{\odot} = \frac{m_{\odot}}{V_{\odot}}$$

3.2 Compare esse valor com a densidade da Terra: $\rho_{\oplus} = 5,49 \times 10^3 \text{ Kg m}^{-3}$

$$\rho_{\odot} / \rho_{\oplus} \approx$$

Nota: o valor que calculou é apenas um valor médio, já que a densidade do Sol varia entre um valor quase nulo, à superfície, e um valor máximo no núcleo, de aproximadamente $150 \times 10^3 \text{ Kg m}^{-3}$ (20 vezes a densidade do ferro!).

4ª Parte – “Tempo de rotação do Sol”

Atenção não olhes para o Sol directamente.

Esta actividade deve ser realizada como trabalho de campo, ao longo de cerca de um mês.

4.1 Use uma pequena luneta reflectora e um alvo (ou uma montagem alternativa), para obter uma imagem do Sol numa folha de papel branco: Nessa imagem deverá observar alguns grupos de pontos escuros; chamam-se manchas solares e correspondem a regiões com temperaturas mais baixas do

que o resto da superfície. Procure dois grupos identificáveis de manchas solares, A e B, sendo A no equador e B próximo de um dos pólos.

Caso não consiga as condições adequadas, inicie a actividade num outro dia.

4.2 Observe e desenhe diariamente, sempre à mesma hora, de preferência ao meio dia, as posições das manchas A e B, mantendo constante a posição da sua montagem.

4.3 As manchas deslocar-se-ão, acompanhando a rotação do Sol. Ao fim de alguns dias é possível calcular o seu deslocamento através da distância angular e assim calcular a velocidade de rotação.

i) Quantos dias levaria a mancha A a ocupar a sua posição inicial?

ii) Quantos dias levaria a mancha B a ocupar a sua posição inicial?

4.4 Conclusão:

A fotosfera solar leva _____ dias a efectuar uma rotação completa no equador, e _____ dias nos pólos.

Selecciona a opção que completa a afirmação de modo verdadeiro.

O Sol:

- roda como um corpo sólido.
- gira diferencialmente, como um fluido.

Actividade – Por que razão são os anéis dos planetas gasosos tão brilhantes?

Objectivos

- Estudar o motivo pelo qual os anéis dos planetas gasosos são tão brilhantes

O aspecto mais bonito dos planetas exteriores é o dos seus anéis. Cada um dos gigantes de gás, Júpiter, Saturno, Urano ou Neptuno, tem algum tipo de anéis. Embora estes anéis sejam feitos de partículas minúsculas de pó e gelo, surgem muito luminosos nas máquinas fotográficas. Como podem tais partículas minúsculas e tão distantes no espaço ser tão visíveis?

Materiais

- Lanterna
- Pó talco
- Cubo de gelo
- Água quente
- 2 tinas

Procedimento

1ª Parte

- 1 - Num quarto escuro, coloque uma lanterna na extremidade de uma mesa.
- 2 - Segure o frasco de pó talco debaixo do feixe de luz e aperte depressa o frasco, para deixar surgir um tiro rápido de pó através do feixe. Observe.

2ª Parte

- 3 - Encha uma tina com água quente e fique com outra vazia.
- 4 - Coloque um cubo de gelo na tina vazia, faça incidir a luz e observe a sua cor. Qual é a sua cor? É claro? É luminoso? É branco?
- 5 - Coloque um cubo de gelo na água quente. O cubo racha. Observe a cor, mantendo a luz a incidir: É claro? É luminoso? É branco?

Discussão

O feixe de luz é difícil de ver, antes de se lançar o pó, tal como os raios de luz solar no espaço vazio do sistema solar.

O olho humano só vê a luz reflectida, por isso é que é difícil ver o feixe antes de lançar o pó. As partículas de pó dispersam a luz, que é reflectida para o olho humano. As partículas de pó, embora minúsculas, actuam como espelhos para o olho ver a luz reflectida do Sol.

As partículas dos anéis são pequenos pedaços de gelo que dispersam a luz. Mas e se esses pedaços fossem maiores, será que os anéis seriam mais brilhantes?

A segunda parte da actividade com o cubo de gelo permite clarificar que a luz viaja através dele e não fica retida no seu interior. O cubo de gelo partido parece muito branco e luminoso. Isto deve-se ao facto de no local onde havia um cubo sólido existirem agora fracturas dentadas que dispersam a luz.

Os anéis dos planetas são formados por bocados de gelo fracturados, com a superfície lascada, o que faz com que os anéis sejam muito luminosos.

Actividade- Estudar as fases da Lua

Esta actividade requer uma sala escura e é ideal para grupos pequenos.

Materiais:

- Luz forte
- Corda de extensão
- Bola de ping - pong
- Lápis

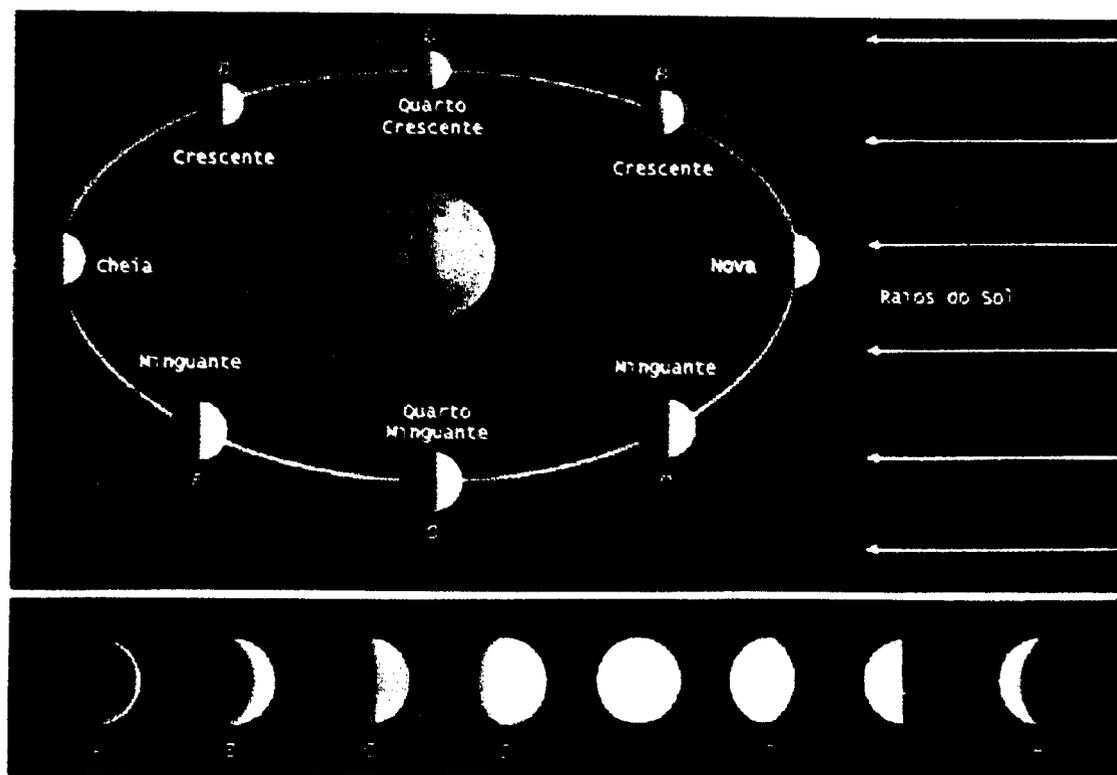
Procedimento

- 1- Escureça a sala e use a corda de extensão para colocar a luz no meio da sala. Cada aluno coloca uma bola na extremidade do lápis e coloca-se a formar um círculo em redor da luz.
- 2- Os alunos devem imaginar que as suas cabeças são a Terra, que a bola representa a Lua e a luz o Sol. Seguram a sua Lua, com o braço estendido para o Sol, ligeiramente acima das suas cabeças.
- 3- Os alunos devem mover a bola um pouco para a esquerda do Sol, de modo que quando olham para a Lua podem ver uma forma crescente de luz. É necessário que compreendam se este crescente está em frente do Sol ou na direcção oposta.
- 4- Os alunos devem continuar a mover as suas luas em redor das suas cabeças (Terra). Devem parar quando metade da Lua for iluminada. Como cresce mais a Lua, quando se aproxima ou quando se afasta do Sol?
- 5- Os alunos devem mover a Lua um círculo completo, para a verem completamente iluminada. Para realizar isto, têm de segurar a Lua sobre as suas cabeças. Quando a Lua está completamente iluminada está entre a Terra (eles) e o Sol ou no lado oposto a eles e o Sol?
- 6- Os alunos devem continuar a mover as suas luas, ate compreenderem as diferentes etapas e as conseguirem representar.
- 7- Para que as suas luas se tornem crescentes, é necessário que seja outra pessoa a movê-las. Será necessario explicar que quando Terra fica entre a Lua e o Sol, normalmente não podemos ver a Lua: é a fase a que

chamamos Lua Nova. É chamada nova, porque os antigos pensavam que renascia em cada período.

- 8- Repita a actividade até os alunos terem a noção clara da forma como são vistas as fases da Lua.

Discussão



- Quanto tempo decorre entre a Lua Nova e a Lua Cheia?
- O que é um ciclo lunar?
- É possível ter duas luas cheias no mesmo mês? Como é que isso seria possível?

Actividade – A órbita da Lua em redor da Terra

Esta actividade requer uma sala escura e pode-se realizar com um grupo numeroso de alunos.

Objectivo:

- Estudar o movimento da Lua em redor da Terra
- Estudar a rotação sincronizada da Lua

Material

- Bola de basquetbol
- Projector de luz ou outra fonte luminosa

Procedimento

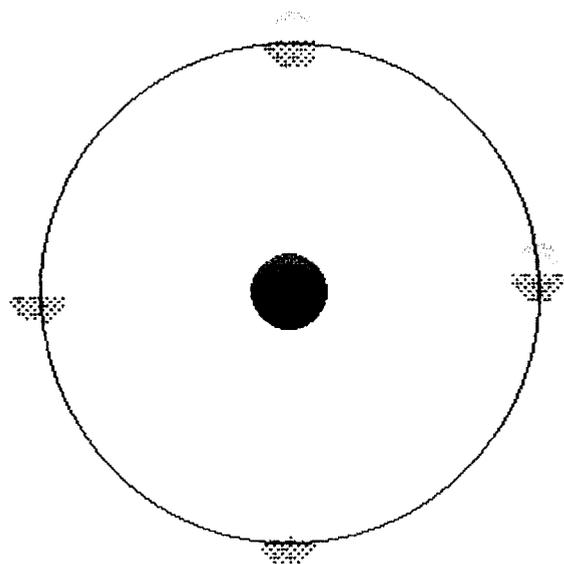
- 1- Coloque os alunos a formar um círculo, sentados e voltados para o exterior. Cada aluno representa um observador diferente em redor da superfície da Terra.
- 2- Coloque o projector de luz, de modo que o feixe principal não incida no grupo de alunos para não causar sombras. O projector é o Sol e deve ficar exterior ao círculo.
- 3- Coloque um aluno com a bola elevada acima da cabeça, na parte externa do círculo. Faça com que esse aluno ande em redor do círculo, pela esquerda, de modo que a luz incida sempre em metade da bola. Este aluno demonstra a órbita da Lua em redor da Terra.
- 4- Periodicamente o aluno deve parar, para que os alunos do círculo observem o que a bola parece. Cada vez que há uma paragem, que parte da bola está iluminada? Os alunos devem esquematizar as suas observações para análise posterior.

Discussão

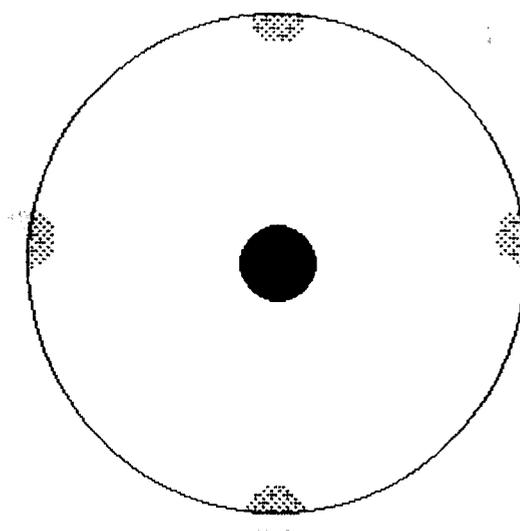
- Após a análise dos seus esquemas, os alunos devem caracterizar qual foi a posição da Lua Cheia, Quarto Crescente, Lua Nova.
- Onde está a sombra da Terra durante a viagem da Lua em redor da Terra?
- A sombra da Terra é responsável pela forma da Lua iluminada?

- Quando é que a sombra da Terra influencia a forma da Lua iluminada?
- Que fases da Lua podem ser observadas de dia? E de noite?
- Da análise do movimento da Lua que mais características foram observadas?
O que significa que a Lua tem uma rotação sincronizada?

Rotação Sincronizada da Lua



Se não houvesse rotação



Com rotação sincronizada

Actividade - Observar o movimento da Lua

A Lua tornou-se uma ferramenta essencial para a sobrevivência em muitas culturas. Os primeiros observadores do céu notaram que os movimentos da Lua não eram fortuitos e criaram um padrão. Este padrão foi o fundamento dos primeiros calendários, ajudou os agricultores a prever as sementeiras e as colheitas, ajudou a viver nas planícies de inundação dos grandes rios e a estarem preparados para a estação das chuvas.

O padrão porque se rege a Lua pode ser visto durante dias e meses na sua forma, altura no céu e localização.

Após a simulação da orbita da Lua em redor da Terra, os alunos devem estar prontos para fazer observações actuais e fazerem perguntas lógicas.

Objectivos:

- Observar as posições relativas do Sol e da Lua
- Analisar as distâncias entre as posições do Sol e da Lua

Perguntas:

- Como muda a Lua a cada dia?
- É possível ver a Lua durante o dia?
- Há algum padrão nas várias formas da Lua?
- Com que frequência acontece a Lua Cheia?
- Como podemos observar e registar a forma e a posição da Lua no céu?

Material

- Folhas de papel
- Cartão (9x12 cm)
- Lápis
- Pasta de arquivo
- Marcadores
- Diagrama das fases da Lua
- Bússula

Observações matinais

- Nunca olhe para o Sol directamente
- Comece três dias depois da Lua Cheia
- Antes de começar esta actividade, verifique se a posição da Lua é obstruída
- Procure a Lua no céu ocidental

Procedimento

- 1- Os alunos devem praticar as técnicas de medição na sala de aula. De pé com os braços elevados sobre a cabeça, uma mão bloqueia um Sol imaginário para proteger os olhos. A outra mão fechada em punho, aponta a parte larga para o Sol. Oriente-se para a posição da Lua e conte quantos punhos vão desde o Sol até à posição da Lua. Praticar diversas vezes.
- 2- Medir e desenhar a forma da Lua e posicioná-la em relação ao Sol. Na folha de observações os alunos devem colocar um **S** no topo do papel a meio, **E** no canto superior esquerdo, **W** no canto superior direito e traçar o horizonte.
- 3- Observar e registar a Lua de dia e o Sol, de dois em dois dias (não precisa de ser à mesma hora), colocando em cada esquema a data de observação e a distância entre a Lua e o Sol, que se mede em punhos.
- 4- Discutir as mudanças em forma e a distância ao Sol, depois das observações. Depois de cada observação os alunos devem analisar se a parte encurvada da Lua se está a aproximar ou a afastar do Sol. Prever onde estará a Lua na observação seguinte e a que distância em punhos.
- 5- Depois de cinco medidas, as observações podem ser resumidas num único esquema. A Lua deixa de ser visível durante a manhã cerca de dez dias depois da Lua Cheia. Coloque num quadro grande da parede todos os resultados.
- 6- Os alunos devem descrever as suas diferentes observações e analisar as diferenças entre elas.
- 7- Depois das apresentações, faz-se a média dos punhos obtidos e dos valores obtidos e coloca-se a data de observação.
- 8- Registar todas as outras observações em punhos e formas.

Actividade- Observar a superfície da Lua

Após a observação a olho nu da forma da Lua, os alunos devem estar prontos para observar a Lua. Com o conhecimento da origem do nosso vizinho mais próximo, os alunos devem poder distinguir várias características da Lua. Esta actividade permitirá aos alunos observar outro mundo.

Objectivos:

- Observar a superfície lunar com telescópio ou binóculos
- Comparar as observações com um mapa lunar

Material

- Mapa e modelo da Lua
- Telescópio ou binóculos

Procedimento

- 1- Os alunos devem observar cuidadosamente com um telescópio ou binóculos a Lua e ficar familiarizados com a sua topografia.
- 2- Os alunos devem analisar o mapa e globo da Lua e devem identificar algumas crateras, e os locais das aterragens das sondas lunares. Quais os seus nomes característicos? Onde surgiu o nome APOLLO? Que nome dariam eles a um veículo espacial lunar?
- 3- Os alunos podem observar novamente a Lua. Como podem eles assistir a um amanhecer na Lua, como fez Galileu com o seu primeiro telescópio? Podem identificar as crateras estudadas no mapa?
- 4- Observar a Lua novamente e analisar o padrão da paisagem. Os alunos podem prever se a topografia mudará?
- 5- Opcional- Esboço da Lua durante a observação

Discussão

- Após a organização das observações em tabelas, é possível registar todos os detalhes?
- Compare os esboços com o mapa. Há realmente montanhas na Lua?
- Podemos encontrar os lugares de aterragem das sondas lunares?

Actividade: As Estações do ano (Ficha informativa)

O movimento de translação da Terra

Observando com atenção do mesmo lugar, verificamos que o Sol nem sempre nasce no mesmo sítio do horizonte e nem sempre se põe no mesmo sítio. Então onde fica a direcção do Oriente num certo lugar? De facto, o Sol só nasce exactamente a Oriente e só se põe exactamente a Ocidente nos dias 21 de Março e 23 de Setembro (os equinócios de que já falámos). Mas, qualquer que seja o dia do ano, passado um ano (cerca de 365 dias), o Sol volta a nascer no mesmo sítio.

Por outro lado, sabemos que os vários meses do ano têm um clima diferente. As quatro estações do ano (Primavera, Verão, Outono e Inverno) caracterizam-se por tempos meteorológicos bem distintos (falamos de tempo meteorológico para o distinguir do tempo dos relógios). No hemisfério Norte, a Primavera começa a 21 de Março (equinócio de Março), o Verão a 21 de Junho, o Outono a 23 de Setembro (equinócio de Setembro) e o Inverno a 21 de Dezembro, pelo que as estações dividem o ano em quatro partes aproximadamente iguais.

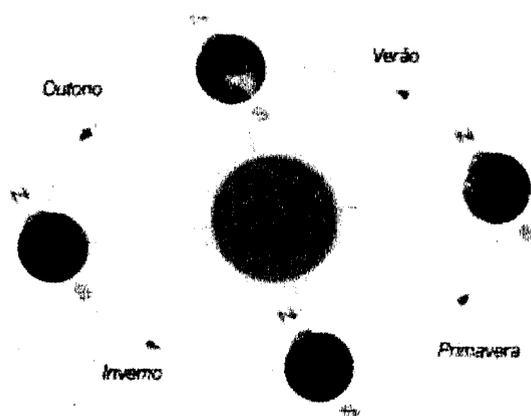


Figura - Translação da Terra, com a indicação das quatro estações do ano.

No Verão está mais quente e no Inverno mais frio. Mas o Verão e o Inverno ocorrem em épocas diferentes do ano no hemisfério Norte e no hemisfério Sul. No hemisfério Norte, o Verão vai de 21 de Junho a 23 de Setembro e o Inverno de 21 de Dezembro a 21 de Março. Mas, no hemisfério Sul, o Verão vai de 21 de Dezembro a 21 de Março e o Inverno de 21 de Junho a 23 de Setembro. Tal facto explica-se também pelo movimento de translação da Terra. Contudo, o tempo quente no Verão no hemisfério Norte *não* se deve ao menor afastamento da Terra em relação ao Sol, nem o tempo frio no Inverno no

mesmo hemisfério se deve ao maior afastamento da Terra em relação ao Sol! A órbita terrestre é quase circular, pelo que a Terra está sempre praticamente à mesma distância do Sol. O que sucede é que o eixo de rotação da Terra está inclinado 23° em relação ao plano da órbita da Terra. Assim, no Verão do hemisfério Norte, este hemisfério está mais inclinado para o Sol (e o hemisfério Sul está menos inclinado para o Sol). No Verão, a luz do Sol incide mais frontalmente sobre o hemisfério correspondente.

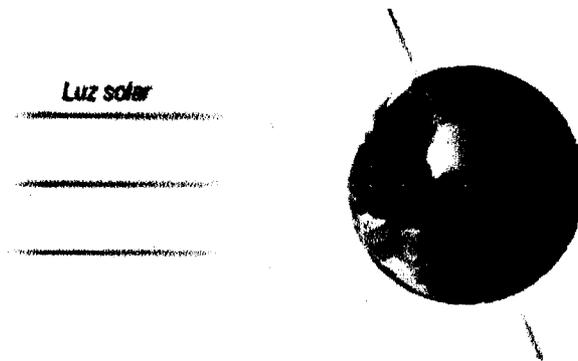


Figura - Planeta Terra com o eixo inclinado. Inclinação dos raios solares sobre o hemisfério Norte no Verão. No Verão, o Sol estará acima do horizonte durante seis meses no pólo Norte.

Devido à inclinação do eixo de rotação da Terra, durante a Primavera e Verão no hemisfério Norte é sempre dia no pólo Norte e é sempre noite no pólo Sul. Do mesmo modo, durante o Outono e Inverno no hemisfério Norte é sempre dia no pólo Sul e é sempre noite no pólo Norte. A duração dos dias e das noites varia, portanto, à medida que nos afastamos do equador, para Norte, ou para Sul.

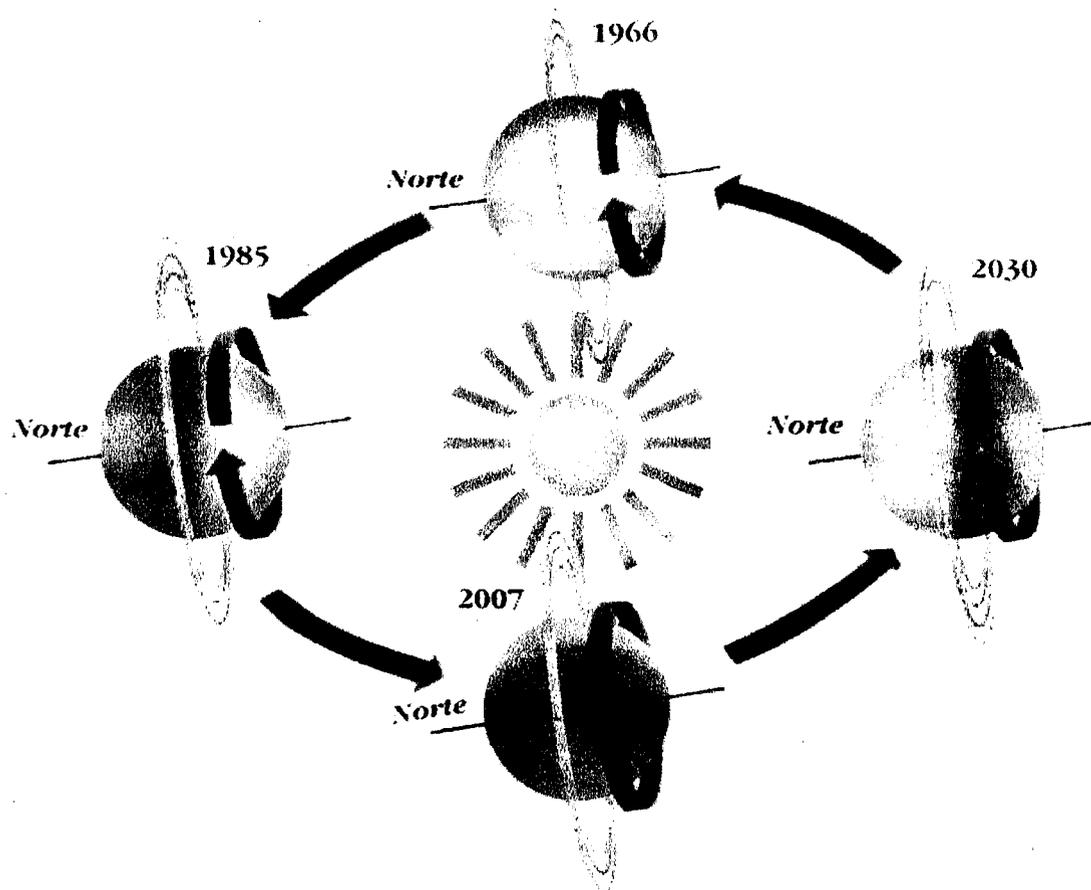
Resumindo: Os diferentes lugares onde nasce e se põe o Sol ao longo do ano, o diferente aspecto do céu nocturno, a sucessão das estações do ano e a diferente duração dos dias e das noites num certo lugar da Terra são, todos eles, explicados pelo movimento de translação da Terra.

Nota: A exploração da informação desta ficha, pode ser complementada com a utilização de um globo terrestre e uma lanterna para explicar aos alunos o facto da incidência da radiação solar ser diferente nos dois hemisférios ao longo do ano.

Mas não é só na Terra que podemos estudar as estações do ano. Todos os planetas executam um movimento de translação em torno do Sol e por isso podemos estudar o que sucede às suas estações do ano. Este pode ser um tema de investigação para os alunos. De seguida apresenta-se um exemplo.

As estações do ano em Urano

Enquanto o planeta percorre a sua órbita de 84 anos à volta do Sol, um dos pólos está virado para o Sol e o outro na posição diametralmente oposta, dando assim origem às estações. Mas devido à inclinação exagerada de Urano, estas estações são muito prolongadas. Cada pólo recebe, à vez, 42 anos de luz do Sol permanentemente, seguidos de 42 anos de escuridão. Actualmente, o hemisfério Sul está a meio do seu Verão. Mas é tão pouca a luz que chega a Urano que as temperaturas de Verão e Inverno registam apenas uma diferença de 2°C entre si



3A Galáxias

"Toda a história do Homem é um esforço para destruir a própria solidão."

Norman Brown

3A.1 Objectivos Gerais

- Conhecer o que é uma galáxia.
- Conhecer a nossa Galáxia.
- Classificar as galáxias quanto à forma, utilizando a classificação de Hubble.
- Explicar algumas propriedades das galáxias: o tamanho e a forma, usando contagem de objectos.
- Calcular a massa de galáxias elípticas e espirais.
- Conhecer a formação e a evolução das galáxias.
- Interpretar os aglomerados de galáxias.
- Conhecer um pouco da história das galáxias, quasares, galáxias activas e buracos negros.
- Caracterizar galáxias activas, quasares, buracos negros.

3A.2 Algumas ideias dos alunos

A nível de concepções alternativas sobre este ponto, não existem estudos que apresentem dados. No entanto encontram-se ideias relacionadas com o senso comum:

- "A nossa Galáxia é a única, ou a maior";
- "Um buraco negro irá nos sugar devido à sua imensa gravidade";
- "Um buraco negro exerce maior força gravitacional em objectos distantes do que a estrela da qual teve origem".
- "Os buracos negros são grandes"
- Os alunos apresentam também dificuldades relacionadas com a distância e o tamanho das galáxias, podem não compreender que as galáxias são grupos de estrelas e que existem galáxias de diversas formas, tamanhos e cores
- Etc.

3A.3 Indicações didácticas

Sugere-se que o estudo se inicie pela identificação do que é uma galáxia.

O início do tema também pode ser feito através de uma questão aglutinadora, por exemplo:

- Após a apresentação de uma imagem da Via Láctea, questionar os alunos: O que é? O que a caracteriza?
- O que é a Estrada de Santiago?
- Etc.

Para o estudo da nossa Galáxia e para a sua caracterização, nada melhor do que a apresentação de algumas imagens da mesma. Através destas será mais fácil caracterizar os seus diferentes aspectos. Para ter acesso a imagens pode-se recorrer por exemplo ao site do Instituto Espacial do Hubble¹². Para explicar a descoberta da forma da Galáxia pode-se apresentar o método usado por Herschel, da contagem de objectos, e apresentar a imagem por ele obtida. Uma introdução histórica sobre a descoberta das galáxias pode conduzir à sua classificação morfológica e recorrendo a diagramas pode ser apresentada a classificação de Hubble. Esta apresentação permite caracterizar as diferentes classes e subclasses. Uma vez que se trata de objectos que a olho nu não são observáveis devem ser apresentadas diversas imagens. Estas podem ser encontradas ou no CD ou em diversos endereços electrónicos (ver anexo de endereços electrónicos). A apresentação do diagrama está dependente da intenção, ou não, de entrar em mais detalhes sobre os diferentes tipos de galáxias que existem no Universo.

De acordo com o nível etário dos alunos, pode-se aprofundar o estudo das galáxias, ao analisar algumas das suas propriedades, como por exemplo calcular a sua massa. Isto permitirá compreender melhor o papel que tais propriedades desempenham na evolução da galáxia e do próprio Universo. É possível assim proceder ao estudo da formação e evolução das galáxias de acordo com as suas propriedades iniciais. Para aprofundar o estudo, deve-se salientar que as galáxias são entidades que tendem a existir em grupos, e que a nossa faz parte do Grupo Local. Caracterizam-se assim os grupos de galáxias, através das

¹² <http://sol.stsci.edu/~mutchler/HSTmodel.html>

principais características do Grupo Local e estudam-se genericamente os aglomerados.

Um outro grupo de objectos particularmente interessantes são os quasares e as galáxias activas. Através de uma introdução histórica é possível salientar a importância do seu estudo. Conhecendo as suas características principais torna-se fácil compreender o papel importante que desempenham na evolução dos conhecimentos de zonas remotas e da própria história do Universo. Estes objectos exóticos são a principal fonte de informação do Universo distante e do que poderá vir a suceder com ele.

3A.4 Actividades

Actividade – Construir o diagrama de Hubble

Objectivos

- Construir o diagrama de Hubble para a classificação de galáxias.
- Classificar galáxias utilizando o diagrama de Hubble.

Material

- Cartão
- Lápis de cores
- Tesoura
- Quadro de corticite
- Imagens de galáxias

Procedimento

- 1- Após a introdução teórica do sistema de classificação de Hubble e da apresentação do diagrama de Hubble, pode ser construída uma maquete esquemática deste em conjunto com os alunos.
 - 2- Assim, após a visualização do esquema, sugere-se aos alunos que em grupo tentem representar no cartão e recortar, por exemplo, uma subclasse.
 - 3- Os lápis permitem pintar os exemplos representando, assim, a maior, ou menor, densidade de estrelas.
 - 4- Com os diferentes moldes será construído no quadro em corticite um esquema, em ponto grande, deixando espaço entre os diferentes ramos.
 - 5- Para complementar o esquema podem ser apresentadas aos alunos imagens imprimidas de galáxias com diferentes formas, com identificação do nome no cartão, que eles tentarão classificar.
- Durante esta classificação os alunos deverão ter em atenção as características de cada galáxia, que a permite classificar numa determinada família.
- 6- Os alunos deverão registar as suas observações, bem como elaborar um esquema em que identifiquem as galáxias em cada família.

Actividade – Ficha de trabalho n.º 1 sobre galáxias

Algumas questões que podem ser utilizadas para desenvolver o tema

- 1 O que é uma galáxia?
- 2 Qual é o nome da nossa galáxia?
- 3 Onde está a Terra na galáxia Via Láctea?
- 4 Qual é a galáxia mais próxima da nossa e a que distância se encontra?
- 5 Quais são as partes de uma galáxia?
- 6 Como foram classificadas as galáxias? Qual a sua forma?
- 7 Como se classifica actualmente as galáxias?
- 8 Os nomes de galáxia são identificados por uma letra e um número. Que significam?
- 9 O que é uma colisão de galáxias?
- 10 Quem é Edwin Hubble e o que tem ele a ver com as galáxias?
- 11 O que é o Telescópio Espacial Hubble?
- 12 O que é o Campo de Fundo de Hubble?

Correcção da ficha de trabalho n.º 1

1. Uma galáxia é um conjunto enorme de estrelas, gás e pó que se mantém unido pela gravidade. Uma galáxia pode ter centenas de milhares de milhões de estrelas e 200 000 anos luz de diâmetro.

2. O nome da nossa galáxia é Via Láctea. Todas as estrelas que se vê à noite e o nosso Sol pertencem à Via Láctea. No campo, numa noite escura ao observar o céu, vê-se uma faixa nublada através do céu. Ao observar esta faixa, está-se a olhar as partes mais densas da Via Láctea: o "disco" e a "protuberância".

3. O nosso sistema solar está num braço espiral chamado o Braço de Orion, e está a dois - terços do centro da nossa galáxia. A Terra é o terceiro planeta do Sol no nosso sistema solar de nove planetas.

4. A galáxia espiral mais próxima é Andrómeda, uma galáxia muito semelhante à Via Láctea. Está a 2.2 milhões de anos luz de nós. Andrómeda está-se a

aproximar da nossa galáxia a uma velocidade de 480 000 Km por hora. Daqui a cinco bilhões de anos pode até mesmo colidir com a nossa galáxia.

5. Uma galáxia contém estrelas, gás e pó. Numa galáxia espiral como a Via Láctea, as estrelas, o gás e pó são organizados numa "protuberância", um "disco", que contém "braços espirais", e um "halo". As Galáxias elípticas têm uma "protuberância" e um "halo", mas não têm um "disco".

Protuberância - A protuberância é uma estrutura redonda feita principalmente de estrelas velhas, gás e pó. A protuberância da Via Láctea tem um diâmetro de 30 000 anos luz.

Disco - O disco é uma região aplainada que cerca a protuberância numa galáxia espiral. O disco é amoldado como uma panqueca. Tem 100 000 anos luz de diâmetro por 2 000 anos luz de espessura. Contém estrelas principalmente jovens, com gás, que se concentram nos braços em espiral. Algumas estrelas velhas também estão presentes.

Braços em espiral - Os braços espirais são extensões encurvadas que começam na protuberância de uma galáxia espiral. Os braços em espiral contêm muito gás e pó e também estrelas azuis jovens. Só são encontrados braços em espiral em galáxias espirais.

Halo - O halo contém agrupamentos de estrelas velhas (agrupamentos globulares), estrelas velhas individuais, gás e pó. O halo também contém "matéria escura" que é material que sabemos que existe, mas não podemos ver. As galáxias espirais parecem ter muito gás, enquanto as galáxias elípticas têm muito pouco gás ou pó.

6. Edwin Hubble classificou galáxias em quatro tipos principais: espirais, espirais barradas, elípticas e irregulares. A maioria das galáxias são espirais, espirais barradas ou elípticas.

Galáxias espirais têm uma protuberância ao centro e um disco aplainado que contém braços espirais. As galáxias espirais têm uma variedade de formas e são classificadas de acordo com o tamanho da protuberância e a sua tensão e aparecimento dos braços. Os braços espirais embrulham-se ao redor da protuberância e contêm estrelas azuis principalmente jovens e muito gás e pó. Normalmente as estrelas vermelhas mais velhas encontram-se na protuberância.

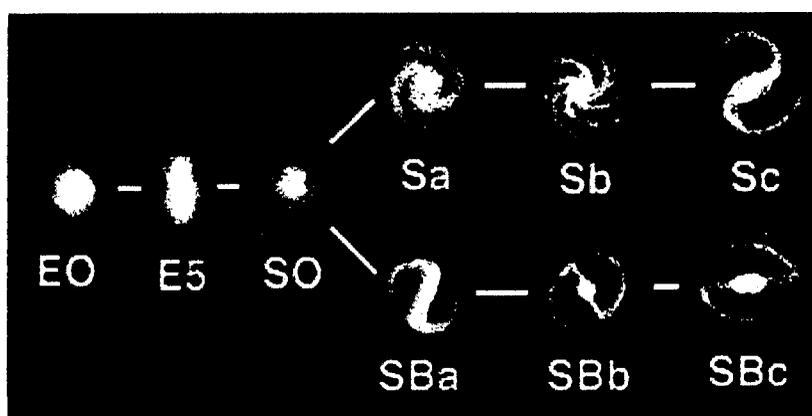
Estrelas amarelas como o Sol a meio da sua vida também se encontram nos braços espirais. Estas galáxias giram um pouco como um disco de praia ou um furacão.

Galáxias espirais barradas são espirais que têm uma barra que corre pelo centro da galáxia.

Galáxias elípticas não têm um disco, ou braços. Ao invés, elas são caracterizadas por uma forma lisa tipo bola amolgada. As elípticas contêm estrelas velhas, e possuem pouco gás ou pó. Elas são classificadas pela forma da bola que pode variar de círculo a oval (forma de bola de futebol a beisebol). Em contraste com as espirais, as elípticas não giram. As estrelas movem-se dentro da galáxia como um enxame de abelhas.

Galáxias irregulares não têm uma forma espiral, ou elíptica. Elas tendem a ser objectos menores, sem forma definida e tendem a ter estrelas mais novas, muito quentes, misturados com muito gás e pó.

7. Diagrama de Hubble



Hoje classificamos as galáxias em dois grupos principais seguindo os exemplos de Hubble. As galáxias elípticas variam de formas de círculo (E_0) para formas de oval (E_7). Galáxias espirais têm uma forma de roda dentada e são classificadas de acordo com a sua protuberância e com a forma como os braços estão embrulhados ao redor da protuberância. Elas variam de S_a , que tem uma protuberância grande e braços apertados lisos, a S_c , que tem uma protuberância pequena e solta e braços granulosos. São rodas dentadas amolgadas, as galáxias espirais barradas, classificadas como SB e têm uma barra "distinta" de estrelas, pó e gás que se estende pela protuberância. Variam desde SB_a com uma barra na protuberância grande e braços apertados lisos, a SB_c , com uma

barra pequena e solta e braços granulados. As galáxias irregulares não têm nenhuma forma definida mas contêm estrelas novas, com gás e pó.

Quadro de galáxias			
	Espirais (S) e espirais barradas (SB)	Elípticas (E)	Irregulares(Irr)
Forma e Propriedades Estruturais	Discos de estrelas, gás e pó que contêm braços espirais que espessam a protuberância central. O S _a e SB _a têm protuberância maior. Galáxias de SB têm barra central.	Nenhum disco e nenhum braço. As estrelas distribuem-se uniformemente próximo de uma forma circular a oval.	Nenhuma estrutura.
Conteúdo estelar	Têm estrelas jovens e velhas. Halos só consistem em estrelas velhas.	Contêm principalmente estrelas velhas.	Contêm estrelas jovens e velhas.
Gás e Pó	Discos contêm gás e pó. Halos contêm pouco gás ou pó.	Pequeno ou nenhum gás ou pó.	Muito gás e pó.
Formação estelar	Estrelas formam-se nos braços.	Nenhuma formação vista.	Muita formação de estrelas.
Movimento estelar	Gás e estrelas giram ao redor do centro da galáxia.	Estrelas em enxames como abelhas.	Estrelas e gás têm órbitas irregulares.

8. Os cientistas classificam galáxias em catálogos diferentes. O catálogo mais comum é o NGC que significa Novo Catálogo Geral. Outros catálogos são: M

(Messier), ESO (Observatório Meridional europeu), IR (Satélite Astronómico Infravermelho), Mrk (Markarian), e UGC (Uppsala General Catalog).

Os números que seguem as letras que representam o catálogo ajudam os cientistas a localizar a galáxia na sua posição relativa no céu, como Mrk 917 (Sc) ou NGC1433 (SB).

Às vezes uma galáxia aparece em mais de um catálogo e pode ter mais do que um nome.

9. Quando duas galáxias são bastante próximas a gravidade delas começa a atraí-las mutuamente. Aquela atracção aumenta há medida que as galáxias se aproximam. A Via Láctea e Andrómeda são exemplos de duas galáxias que podem colidir eventualmente (daqui a cerca de 5 biliões anos). Num encontro directo entre duas galáxias espirais volumosas como estas, nuvens frias enormes de moléculas (gás) serão comprimidas e milhões de estrelas azuis novas surgirão (nascerão) como um fio de luzes de Natal. Como as galáxias primeiro chocam uma com a outra, os seus póis e gases serão confundidos nos céus e nascerão estrelas azuis brilhantes e agrupamentos de estrelas. Então as galáxias podem fazer uma volta lenta e graciosa e podem mergulhar uma na outra. Isto activará outro choque de formação de estrela que utilizará o gás restante. O sistema resultante pode assumir uma forma elíptica. As galáxias de Antennae são um exemplo de duas espirais que estão no processo de colisão. Nós não veremos o fim desta colisão durante as nossas vidas porque este processo leva centenas de milhões de anos.

Às vezes galáxias menores mergulham em galáxias maiores. Este tipo de colisão produz um efeito de ondulação, como uma pedra lançada numa lagoa. A galáxia de Cartwheel é um exemplo deste tipo de colisão. O efeito foi o anel exterior de estrelas azuis.

10. Edwin Hubble revolucionou a cosmologia provando que as galáxias são realmente "ilhas" além da nossa galáxia Via Láctea. A sua maior descoberta foi em 1929, quando ele identificou a relação entre a distância de uma galáxia e a velocidade com que se está a mover. Quanto mais distante uma galáxia está da Terra, mais rapidamente se está a mover para longe de nós. Isto é conhecido

como a Lei de Hubble. Ele também construiu um método de classificar as formas de diferentes galáxias com o diagrama de Hubble

Edwin Powell Hubble nasceu em Kentucky onde cresceu observando os hábitos de pássaros e animais. Em 1910 ele recebeu o grau de estudante universitário da Universidade de Chicago e estudou direito com uma Bolsa de estudos de Rhodes na Universidade de Oxford. Depois mudou de ideias e completou o doutoramento em astronomia no Observatório de Yerkes de Chicago em 1917. Ele teve vários outros interesses. Durante algum tempo pensou em formar-se pugilista profissional, também se interessou pelo basquetebol, e também participou na Primeira Guerra Mundial na infantaria.

11. O Telescópio Espacial Hubble (HST) é um telescópio espacial que foi lançado em 1990. Da sua posição, 608 Km sobre a superfície da Terra, o HST ampliou a nossa compreensão sobre o nascimento das estrelas, sobre a morte das estrelas e sobre a evolução da galáxia, e moveu os buracos negros de teoria para facto. Carregou mais de 100000 imagens nos últimos oito anos.

Os instrumentos do telescópio são os olhos do astrónomo para o universo.

12. O Telescópio Espacial Hubble conseguiu ver 10 biliões de anos atrás para capturar a imagem do campo de fundo, que mostra os objectos mais distantes no universo. Esta imagem, a exposição mais longa do Hubble, foi feita apontando num certo ponto continuamente o telescópio no céu durante 10 dias, em Dezembro de 1995.

O Campo Fundo do Hubble mostra centenas de galáxias numa área do céu que é tão pequena quanto o tamanho do olho do Presidente Roosevelt numa moeda de dez centavos, segurada à distância de um braço.

Actividade : Ficha de trabalho n.º2 – Classificação de galáxias segundo Hubble

Nos anos 20, o astrónomo Edwin Hubble agrupou imagens de muitas galáxias. Ele observou que não eram todas semelhantes e decidiu agrupá-las e classificá-las. Ao estudar as fotografias das galáxias, ele podia ter usado o tamanho, a cor, a forma, ou qualquer outra característica. Hubble decidiu classificar as galáxias quanto à sua forma.

Hubble observou muitas imagens de galáxias e decidiu dividi-las em três grupos, de acordo com a forma que aparentavam. Para representar os três tipos de galáxias utilizou letras.

1. A letra "E" significa galáxias _____
2. A letra "S" significa galáxias _____
3. A letra "SB" significa galáxias _____

As galáxias tinham tantas formas que Hubble considerou que três tipos não era suficiente para as classificar. Assim ele subdividiu estes três tipos, de acordo com pequenas variações na forma da galáxia em cada categoria.

4. Assim ele subdividiu a categoria E em pequenos grupos de E_0, \dots, E_5 em que

5. Para a categoria S, formou os subgrupos S_a, S_b, S_c , tendo em consideração

6. Para a categoria SB, ele subdividiu em S_{ba}, S_{bb}, S_{bc} em que

Edwin Hubble, tomou em consideração estas ideias e reuniu a sua classificação num diagrama simples. Este diagrama é conhecido como diagrama de Hubble. A maioria das galáxias enquadra-se dentro destes grupos de acordo com o seu método.

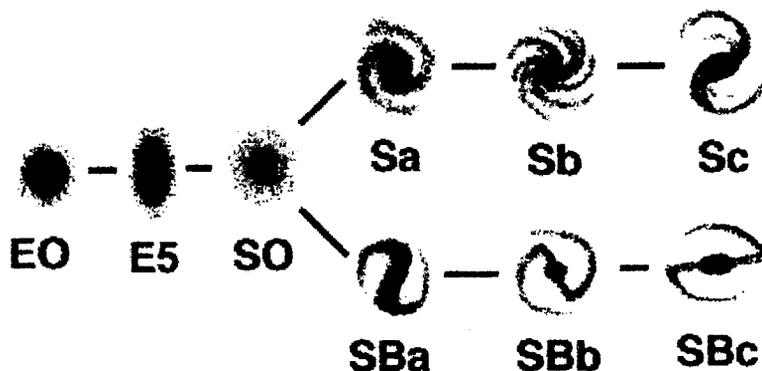
7. Completa o diagrama de letras, usadas para identificar as diferentes formas, com as suas formas características.



8. Após o que aprendeste hoje explica a seguinte afirmação: "Nem todas as galáxias são elípticas".

Correcção da ficha de trabalho n.º2- Classificação de galáxias segundo Hubble

1. A letra "E" significa galáxias elípticas.
2. A letra "S" significa galáxias espirais.
3. A letra "SB" significa galáxias espirais barradas.
4. Assim ele subdividiu a categoria E em pequenos grupos de E_0, \dots, E_5 em que varia o arredondamento e a elongação.
5. Para a categoria S, formou os subgrupos S_a, S_b, S_c , tendo em consideração os braços espirais em redor do núcleo.
6. Para a categoria SB, ele subdividiu em S_{Ba}, S_{Bb}, S_{Bc} em que varia a abertura dos braços em espiral em redor do núcleo.
- 7.



8. Há vários tipos de galáxias que podem ser agrupados em três grupos de acordo com a sua forma. As galáxias têm muitas formas diferentes e só um dos três tipos de galáxias é constituído por galáxias elípticas.

Actividade - Ficha de trabalho n.º3

1. Qual é a diferença entre uma galáxia e uma estrela?
2. O que indica a cor de uma galáxia?
3. O que indica a forma de uma galáxia?
4. Porque é que o tamanho de uma galáxia por si só, não é útil para determinar a sua distância à Terra?
5. Explica porque é que a mesma galáxia pode aparentar diferentes formas, para astrónomos diferentes.
6. Descreve o processo usado pelos astrónomos para estimar o número de galáxias no Universo.
7. Porque é que é melhor observar um objecto do espaço do que da superfície da Terra?

4A Universo

*“O Universo é feito essencialmente de coisa nenhuma.
Intervalos, distâncias, buracos negros, porosidade etérea.
Espaço vazio, em suma.
O resto, é a matéria.” António Gedeão*

4A.1 Objectivos Gerais

- Compreender o Universo como uma estrutura
- Conhecer as maiores estruturas do Universo
- Compreender o princípio cosmológico
- Compreender a expansão cósmica
- Conhecer o paradoxo de Olbers
- Interligar a lei de Hubble e o Big bang
- Compreender o Big Bang
- Interpretar o “redshift” cosmológico
- Interpretar o destino do universo
- Calcular a idade do Universo
- Compreender a geometria do Universo
- Descrever a importância da radiação cósmica de fundo
- Compreender a relação matéria / radiação
- Descrever a relatividade geral
- Conhecer a formação dos primeiros elementos químicos
- Explicar a formação dos átomos
- Compreender a inflação cósmica e as suas implicações
- Explicar a origem do universo com base na teoria do Big bang
- Descrever a origem do Universo com base nas diferentes características
- Etc.

4A.2 Algumas ideias dos alunos

Nas ideias sobre estes conceitos prevalecem as ideias do senso comum, tais como: “o espaço é vazio”; “o espaço não é algo”... Nos alunos existem no entanto outras ideias que estão relacionadas muitas vezes com a sua faixa etária. Muitos alunos de idades entre os 13 e 14 anos denotam muitas dificuldades em compreender a origem do Universo pela teoria do BigBang. Para

eles é impossível ter surgido tudo de um “ponto”. Têm também dificuldade em compreender como é que o Universo não tem fim e no entanto continua em expansão. Como é que pode expandir se afinal é tudo? Estas dificuldades são sentidas por mim própria quando lecciono o 8º ano de escolaridade. São conceitos muito abstractos e por isso os alunos muitas vezes não os conseguem compreender.

4A.3 Indicações didácticas

As indicações neste tópico, mais do que em qualquer outro, são apenas sugestões, e caberá a cada professor escolher o caminho mais adequado face aos alunos que tem e ao nível etário destes. É óbvio que para os alunos do ensino básico não se vai falar sobre as lentes gravitacionais, por exemplo. No entanto, os restantes conceitos podem ser abordados de uma forma simplista a este nível. No ensino secundário já poderão ser mais aprofundados.

4A.4 Actividades

Actividade - Uma linha do tempo através do Espaço¹³

Objectivo

- Descrever alguns dos eventos maiores da história do Universo
- Construir uma linha do tempo ilustrada da história do universo

Material

- Papel
- Material de desenho e pintura
- Régua
- Fio
- Bibliografia

Introdução

Os cientistas pensam que tudo se iniciou há cerca de 13 mil milhões de anos atrás: uma grande quantidade de matéria confinada num espaço pequeno explodiu, e o universo nasceu. A Terra e o resto do Sistema solar formaram-se há 4,5 mil milhões de anos. Quando a Terra tinha um milhar de milhão de anos terá surgido a vida (o fóssil mais antigo conhecido estima-se ter 3,7 mil milhões de anos).

Esta actividade permite conhecer o que sucedeu no Universo através da criação de linhas de tempo da história do Universo. A actividade inicia-se com a apresentação do quadro com a história do Universo.

Evento	Quando ocorreu
Big bang	Há 13 mil milhões de anos*
Formação das galáxias	Entre 5 e 12 mil milhões de anos atrás*
Formação do Sistema Solar	Há cerca de 4,6 mil milhões de anos
Início da vida na Terra	Há cerca de 3,7 mil milhões de anos
Primeiras formas de vida na terra	Há cerca de 400 milhões de anos
Extinção dos dinossauros	Há cerca de 65 milhões de anos

¹³ Adaptado de Astronomy adventures "A time line through space"

* Pensa-se que o Big Bang ocorreu entre 10 e 15 mil milhões de anos atrás. A maioria aceita os 13 mil milhões de anos como melhor aproximação. Cerca de um milhar de milhão de anos depois, iniciou-se a formação das galáxias.

- Divida a turma em grupos, os quais deverão cada um ilustrar um evento da história do Universo. Para isso, poderão efectuar uma pequena pesquisa para melhor caracterizarem os eventos, desde quando ocorreram, duração, etc.
- De seguida podem elaborar uma pequena imagem que represente o acontecimento para criarem uma linha do tempo. Por exemplo numa sala de 9 m: $9 \text{ m} = 900 \text{ cm}$
 $900 \text{ cm} / 15 \text{ mil milhões de anos} = 60 \text{ cm}$, por isso a cada 60 cm corresponderá a mil milhões de anos.

Podem utilizar um fio entre as extremidades da sala e aí pendurarem a imagem de cada acontecimento tendo em conta a escala.

Esta actividade permitirá aos alunos desenvolverem a noção de tempo e compreenderem melhor os intervalos de tempo que decorrerão entre os acontecimentos. Além dos referidos, e de acordo com o tamanho da turma, podem ser pesquisados outros acontecimentos para colocar na linha do tempo.

Actividade : Modelo do Big Bang

Após os alunos terem uma ideia básica do que é uma linha do tempo e a sua localização temporal pode ser feita uma análise mais aprofundada do que sucedeu após o Big Bang. Esta exploração depende ainda mais do nível etário dos alunos, que através do quadro da página seguinte podem explorar muitos conceitos. Aqui fica apenas como indicação e ferramenta a utilizar de acordo com objectivos diferentes.

Pode ser assim feita a análise do que sucedeu nos instantes posteriores ao big bang, a nível de temperatura e de eventos mais marcantes.

Modelo do Big Bang

<i>Idade cósmica</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Eventos marcantes</i>
$< 10^{-44}$ segundos	$> 10^{32}$ K	Big Bang. Unificação das 4 forças. Era de Planck.
10^{-44} segundos	10^{32} K	Gravidade se separa das outras forças. Era das GUT's (teorias da grande unificação das forças nucleares forte e fraca e da força electromagnética).
10^{-35} segundos	10^{28} K	Força nuclear forte se separa da força nuclear fraca e da força electromagnética.
10^{-32} segundos	10^{27} K	Fim era da Inflação. Universo se expande rapidamente.
10^{-10} segundos	10^{15} K	Era da radiação. Forças electromagnéticas e fracas se separam.
10^{-7} segundos	10^{14} K	Era das partículas pesadas (era hadrônica). fotões colidem para construir: prótons, anti- prótons, quarks, e antiquarks.
10^{-1} segundos	10^{12} K	Era das partículas leves (era leptônica). fotões retêm energia suficiente apenas para construir partículas leves como electrões e positrons.
3 minutos	10^{10} K	Era da nucleossíntese. Prótons e electrões interagem para formar neutrões. Prótons e neutrões formam núcleos de deutério, hélio, e pequena quantidade de lítio e berílio.
7×10^5 anos	10^3 K	Era da recombinação. Universo fica transparente. Radiação pode fluir livremente pelo espaço.
1×10^9 anos	20 K	Formação de proto aglomerados de galáxias e de galáxias. Formação das primeiras estrelas.
10×10^9 anos	3 K	Era presente. Formação do sistema solar. Desenvolvimento da vida.

5A Interacção gravítica

“As nossas ideias não são mais que instrumentos intelectuais
que nos servem para penetrar nos fenómenos.
Devemos modificá-las depois de terem desempenhado o seu papel,
como se muda de bisturi quando ele já serviu muito tempo”

Claude Bernard

5A.1 Objectivos Gerais

- Conhecer a evolução histórica que permitiu chegar ao conceito da gravidade.
- Conhecer a Lei da Atracção Gravitacional.
- Interpretar o movimento dos planetas em torno do Sol e dos satélites naturais em torno dos planetas
- Identificar a força gravitacional, responsável pelo movimento de um planeta à volta do Sol, ou de um planeta à volta de outro, como força atractiva em direcção ao centro dos corpos, cuja intensidade aumenta com a massa e varia com a distância de acordo com a expressão matemática

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

- Identificar a força gravítica, responsável pela queda dos corpos, como um caso particular da força de atracção gravitacional.
- Comparar a intensidade das forças gravíticas exercidas por diferentes planetas sobre um mesmo corpo à sua superfície.
- Compreender as diferenças entre massa e peso de um corpo.
- Diferenciar massa gravítica e massa inercial.
- Compreender o efeito da força gravitacional nas marés.
- Deduzir a expressão da força de maré.
- Comparar as marés produzidas na Terra pela Lua e pelo Sol.
- Compreender a rotação sincronizada
- Compreender o limite de Roche
- Compreender os efeitos da precessão do eixo da Terra.

5A.2 Algumas ideias dos alunos

Os estudos já realizados permitiram conhecer algumas das ideias mais comuns dos alunos. Muitas dessas ideias estão intimamente relacionadas com outros conceitos. Alguns exemplos são:

- "As órbitas dos planetas são circulares".
- "A velocidade em órbita de um planeta é constante".
- "Todos os planetas se movem nas suas órbitas com a mesma velocidade".
- "Os planetas ao orbitarem o Sol não produzem trabalho".
- "As órbitas dos planetas são todas no mesmo plano".
- "Todos os planetas demoram o mesmo tempo no seu movimento em redor do Sol".
- "Translação e rotação são o mesmo".
- "A Lua não está a cair".
- "A força que actua numa maçã é diferente da força que actua na Lua".
- "A força gravitacional é a mesma em todos os corpos em queda".
- "A força gravitacional que actua no Vaivém Espacial é próxima de zero".
- "A força gravitacional actua numa massa num determinado tempo".
- "A Lua mantém-se em órbita porque a força gravitacional é equilibrada pela força centrífuga que actua nela".
- "Imponderabilidade significa que não há gravidade".
- "O movimento de spin da Terra origina a gravidade".

5A.3 Indicações didácticas

Os conteúdos que podem ser abordados neste capítulo iniciam-se com conceitos mais simplistas a nível do ensino básico, onde os desenvolvimentos matemáticos são muitas vezes omitidos, salientando-se apenas os aspectos mais qualitativos relacionados com a gravitação universal. No entanto no ensino secundário existem algumas situações de aprofundamento destes conteúdos. Na elaboração das sugestões que se seguem, procura-se partir das situações mais simplistas para as de maior complexidade.

No início do estudo deve começar-se por uma análise global de diversas situações do quotidiano onde se observa a actuação de forças: de contacto e a distância. Desse ponto de partida pode-se proceder á caracterização da força

como grandeza vectorial (diferenciando o que é uma grandeza escalar). É possível também a apresentação de diferentes situações para exemplificar a presença de forças. Para uma demonstração simples do que é que faz com que os planetas girem à volta do Sol normalmente recorre-se a um simples fio com um objecto na sua extremidade.

Os alunos normalmente têm curiosidade para conhecerem a resposta de porque é que os objectos caem para a Terra e a Lua não. Através de uma síntese da história até ao conhecimento da lei de atracção gravitacional, podem ser analisadas diversas situações influenciadas pela gravidade. Normalmente é necessário diferenciar entre peso e massa de um corpo para os alunos, e partindo dessas diferenças analisar a variação do peso de um corpo em diferentes planetas. Para poder realizar estas actividades os alunos têm de já conhecer algumas características dos diferentes corpos do Sistema Solar. Outro motivo de discussão normalmente com os alunos são as explicações relacionadas com a flutuação dos astronautas. Para melhor a compreenderem é útil uma demonstração operacional da imponderabilidade de um corpo suspenso de um dinamómetro em queda livre.

Usando pois a lei da gravitação universal, os alunos podem calcular a força de atracção exercida pelos diferentes planetas sobre o mesmo corpo à sua superfície.

A nível do ensino básico os alunos podem também pesquisar sobre a exploração espacial, satélites e laboratórios espaciais. Pode ainda ser promovida uma discussão sobre os efeitos de permanência do Homem em naves durante grandes períodos de tempo. Estas pesquisas e discussões podem permitir aos alunos uma melhor compreensão do papel da gravidade e dos seus efeitos a nível da vida. Nomeadamente no estudo dos efeitos de maré.

A nível do ensino secundário a forma de abordar estes conceitos pode ser muito diversificada, desde a sua inclusão no estudo dos movimentos a nível do 11º ano e 12º ano. No 12º ano, quando se faz o estudo do movimento de um projectil pode-se, por exemplo analisar do ponto de vista dinâmico e cinemático, o movimento de um projectil lançado obliquamente, considerando desprezável a resistência o ar mas não a variação de \vec{g} e comparar com o que sucederia se considerássemos essa variação desprezável. No estudo do centro de massa pode-se, por exemplo, recorrer ao estudo de sistemas binários de estrelas que

gravitam entre si, ao próprio sistema solar ou ao sistema Terra- Lua. No que se refere ao estudo da lei da gravitação universal propriamente dito, os alunos já fazem um estudo dos passos fundamentais que conduziram Newton à formulação da lei da gravitação universal. A este nível também já se faz a descrição da experiência de Cavendish e evidencia-se o seu interesse na confirmação da validade da lei da gravitação universal e da ordem de grandeza do valor da constante de gravitação prevista por Newton. São referidos também alguns sucessos e limitações da teoria da gravitação universal. Enuncia-se e aplica-se a lei da gravitação universal. A este nível já se pode fazer o estudo da causa das marés oceânicas e a explicação dos seus aspectos fundamentais, a descoberta de novos planetas, a discrepância entre a previsão teórica e o valor determinado relativamente ao movimento angular do eixo da órbita de Mercúrio. A este nível também já se podem resolver questões que envolvam a determinação da massa do Sol e da Terra, da velocidade orbital de planetas e satélites em órbita circular à volta da Terra, do período de revolução dos planetas do sistema solar e de satélites artificiais e da altitude de gravitação de um satélite geostacionário. Relaciona-se também a massa gravitacional com a massa inercial de um corpo.

Outro assunto que pode ser explorado é o lançamento de satélites, estudando assim quais são as condições necessárias para que permaneçam em órbita, ou, pelo contrário, para que possam escapar da órbita de um planeta. Além do estudo dos efeitos de maré entre a Terra e a Lua, o mesmo estudo pode ser aplicado a outros planetas com as suas luas.

5A.4 Actividades

Actividade - O que é que faz com que os planetas girem em volta do Sol descrevendo órbitas bem definidas

Material

- . cordel (fio)
- . objecto pequeno (de borracha, pedra,...)

Procedimento

- 1 Fazer rodar o objecto preso ao fio e segurar com a mão.

Verifica-se que o objecto adquire uma trajectória circular. Sente-se também que a mão puxa o objecto e que, ao mesmo tempo, o objecto puxa a mão, através do fio. Verifica-se também que a partir de certa velocidade, o objecto se move perpendicularmente ao braço.

E se o cordel se partir?

Nessa altura o objecto deixará de rodar e seguirá em frente, segundo a direcção de uma recta.

A situação observada é semelhante à de um planeta no Sistema Solar.

É de salientar a relação existente entre a tensão do fio e a força gravítica. No entanto, a tensão do fio é uma força de contacto e força gravítica é uma força à distância.

Actividade¹⁴ - Afinal o que é a gravidade?

Objectivos

- Definir gravidade
- Estudar os factores que afectam a atracção gravitacional entre dois objectos
- Observar diversos efeitos da gravidade nas nossas vidas

Material

- papel
- lápis
- folha de alumínio
- escala
- quadro

Apesar de ninguém saber exactamente o que é a gravidade, os cientistas sabem que é uma força que pode ser medida.

Todos os objectos no espaço atraem-se mutuamente pela sua força da gravidade – desde duas pessoas próximas uma da outra a dois planetas afastados milhões de quilómetros.

A força de atracção entre dois objectos depende da massa dos dois objectos e da distância a que estão os dois objectos um do outro. Quanto mais massivos forem os objectos, maior será a força que exercem mutuamente. E quanto mais próximos estiverem, maior será a força de atracção. (Se aumentarmos a distância entre dois objectos para o dobro, a atracção gravitacional entre eles decresce para um quarto do que era.) Por exemplo, duas pessoas atraem-se mutuamente graviticamente, mas as suas massas são tão pequenas que a força de atracção é negligenciável. Por isso é que não sentimos a força física uns dos outros.

A gravidade da Terra é maior, porque a Terra tem muito maior massa do que uma pessoa.

¹⁴ Adaptado de "Astronomy adventures – Ranger Rick's Naturoscope"

Apesar do conceito de gravidade ser difícil, pode-se ver como é que a gravidade afecta as nossas vidas, e que mudanças ocorreriam com mais, menos, ou nenhuma gravidade.

Aqui estão alguns aspectos para discutir:

- A gravidade causa a chuva, neve e outras quedas para a Terra. Sem a força da gravidade a chuva e a neve mantinham-se no ar.

- A gravidade mantém-nos no chão. Sem ela nós voaríamos no espaço.

- A gravidade dificulta o andar de bicicleta numa subida. Com menos gravidade seria necessário menos esforço.

- Que sucederia se pudéssemos alterar a gravidade da Terra? Por exemplo, que sucederia aos livros se aumentássemos a gravidade? E se diminuíssemos?

- Todos os seres vivos da Terra, incluindo as pessoas, estão adaptados à gravidade terrestre. Se ela fosse alterada, teríamos de treinar os nossos corpos para nos movermos para onde queríamos (tal como os astronautas fazem no espaço).

- Por exemplo, se a Terra fosse 10 vezes mais massiva, as pessoas talvez tivessem as pernas mais grossas, pés maiores e mais chatos, um coração maior, maiores pulmões, pescoço mais pequeno para suportar a cabeça mais pesada. Também seria mais difícil subir ao cimo de uma montanha. A alteração da gravidade da Terra também iria afectar o aspecto dos edifícios. Se a gravidade fosse aumentada, muitos edifícios caíam. Mas se pudéssemos diminuir a gravidade, poderíamos construir edifícios mais altos, com as mesmas fundações.

- Através de cálculos simples é possível estudar a variação do peso noutros corpos do sistema solar.

- A tabela seguinte apresenta a gravidade de alguns corpos do sistema solar, relacionada com a gravidade da Terra (que é considerada 1). A gravidade dos

corpos é baseada no seu tamanho e massa. Para Júpiter, Saturno, Urano e Neptuno a gravidade apresentada é a exercida no topo das suas atmosferas.

- Primeiro pesa-te num balança, depois multiplica o valor encontrado pelo valor da gravidade da tabela. Ficas assim a saber qual o teu peso noutro corpo do sistema solar.

Objecto	Gravidade (x gravidade da Terra)
Sol	27,9
Mercúrio	0,37
Vénus	0,87
Terra	1,00
Lua	0,165
Marte	0,38
Asteróide Ceres	0,03
Júpiter	2,4
Saturno	0,97
Urano	1,0
Neptuno	1,4
Plutão	0,04

Actividade : Impulso gravítico¹⁵

Viajar da Terra até Saturno é um longo percurso. Como é que uma sonda espacial pode usar a influência dos planetas para alterar a sua direcção e aumentar a sua velocidade?

Material

- dois livros com a mesma espessura
- cartão quadrado de 30 cm de lado
- bola de metal do tamanho de um berlinde
- imã em ferradura
- 30 cm de fio
- régua

Procedimento

- 1- Coloca os livros em cima da mesa afastados cerca de 15 cm.
- 2- Coloca o cartão em cima dos livros, de modo a criar uma superfície plana.
- 3- Coloca a esfera de metal a rolar sobre o cartão. O que acontece?
- 4- Retira o cartão e coloca o imã entre os livros, mas desviado do centro.
- 5- Recoloca o cartão sobre os livros.
- 6- Coloca a esfera a rolar lentamente no centro do cartão. O que acontece?
- 7- Retira o imã e ata-lhe o fio.
- 8- Coloca o imã na posição inicial.
- 9- Coloca a esfera a rolar lentamente no centro do cartão, mas, ao mesmo tempo, puxa o fio do imã numa direcção diferente da direcção em que rola a bola. Que sucede?

Explicação

- No primeiro caso, a bola de metal rola a direito no quadro de cartão. A única força que influencia a bola é a do empurrão força inicial, visto que a força da gravidade é compensada pela reacção normal da superfície.
- No segundo caso o percurso da esfera metálica curva para o íman.

¹⁵ Adaptado de "Cosmic Science – Jim Wiese"

- No terceiro caso a esfera de metal curva e muda de direcção pela actuação da força magnética, e a sua velocidade aumenta enquanto se puxa o íman. (A força magnética é atractiva, ou repulsiva, entre o íman e alguns metais ou substâncias magnéticas).

- O terceiro caso demonstra o que sucede quando uma nave espacial viaja perto de outro planeta. A força da gravidade do planeta afecta a nave tal como um imã afecta a esfera de metal. Quando a nave passa um planeta a gravidade do planeta atrai-a, modificando a sua direcção. Porque o planeta orbita o Sol, "empurra" a nave transferindo alguma da sua velocidade para a nave. A nave está preparada para usar o planeta para alterar a sua direcção e aumentar a sua velocidade. Esta técnica é conhecida como assistência da gravidade, ou impulso gravítico.

Curiosidade

Em 1977, a Voyager foi lançada para uma grande viagem a Júpiter, Saturno, Urano e Neptuno. Os navegadores desta missão usaram o impulso gravítico destes planetas para aumentarem a velocidade da nave e alterarem a sua direcção. A Voyager provavelmente nunca chegaria a Saturno sem a gravidade de Júpiter. Nunca chegaria a Urano e Neptuno sem o impulso da gravidade de Saturno. Cada planeta "fornece" velocidade para a nave seguir para o seguinte.

Actividade: Satélites Artificiais

Os satélites artificiais e a exploração espacial são um dos assuntos que mais atraí os alunos para o estudo da astronomia. Este pode então ser incentivado se dedicarmos alguma atenção aos interesses dos alunos. Ao realizar-se uma actividade relacionada com os satélites artificiais com os alunos podem ser explorados diversos conceitos, alguns dos quais relacionados com a força gravítica, que "prende" os corpos à Terra, sendo então necessário estudar como a vencer para lançar um satélite. Mas podem também ser explicados conceitos relacionados com o movimento, nomeadamente o movimento circular e a velocidade de escape de um corpo à superfície de um planeta, ou em órbita em torno dele. Tal estudo permite assim também ajudar a compreender o facto de na exploração dos planetas distantes se estar a procurar utilizar o impulso gravítico para aumentar a velocidade da nave. Sem estar aqui com desenvolvimentos matemáticos aprofundados, esta sugestão de actividade pode funcionar como proposta de um trabalho de investigação, no qual os alunos investiguem como se lança um satélite, e quais os principais aspectos a ter em consideração.

Satélites

Desde o primeiro satélite artificial, o Sputnik, lançado pela União Soviética em 1957, 3800 foguetes e 4600 satélites artificiais foram lançados da Terra. Destes, 500 estão em funcionamento. Muitos explodiram, dando origem a mais de 100 000 fragmentos, menores que 10 cm, que não podem ser detectados por radares aqui na Terra. Estes fragmentos constituem o lixo espacial. 8000 fragmentos maiores são monitorados aqui da Terra, porque podem causar sérios danos às naves e satélites, tripulados ou não.

Os satélites de comunicação costumam ser polares ou equatoriais. Se a velocidade de rotação de um satélite equatorial for igual à velocidade de rotação da própria Terra, o satélite mantém-se sempre acima do mesmo ponto sobre o equador. Um habitante dessa posição na Terra pode ver o satélite parado acima da sua cabeça. Esse tipo de satélite é chamado geo-estacionário, isto é, parado em relação à Terra (geo).

Para que um satélite tenha a mesma velocidade de rotação da Terra (1 volta em 24 horas), a sua órbita circular não pode ter um raio qualquer. O raio é determinado pela força de atracção gravitacional que deve ser exactamente aquela necessária para manter o satélite com a velocidade angular da Terra. Isto é:

$$F = \frac{GMm}{r^2} = mw^2r$$

$$\text{Logo, } r = \left(\frac{GM}{w^2} \right)^{1/2}$$

Onde:

r é o raio da orbita que queremos calcular,

G é a constante gravitacional = $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$,

M é a massa da Terra = $5,98 \times 10^{24} \text{ Kg}$,

w é a velocidade de rotação da Terra = $7,27 \times 10^{-5} \text{ rd/seg} = 1 \text{ volta}/24 \text{ horas}$.

Efectuando os cálculos obtém-se $r = 42\,270 \text{ Km}$. Descontando o raio da Terra ($6\,370 \text{ Km}$), verifica-se que o satélite geo-estacionário fica "parado" a $35\,900 \text{ Km}$ acima de um ponto do equador.

No entanto, pode-se também efectuar os cálculos através das leis de Kepler.

1. Qual é a altura de um satélite geo-estacionário?

Se o satélite é geo-estacionário, isto é, permanece posicionado sobre um mesmo local da Terra, então o seu período orbital tem que ser igual a um dia sideral¹⁶ = $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} = 86\,160 \text{ segundos}$. Usando a Terceira Lei de Kepler,

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_T + m_c)} a^3$$

com $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$, $m_c \ll M_T$, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, temos:

$$a = \left[\frac{P^2 GM_T}{4\pi^2} \right]^{1/3} = 42172 \text{ km.}$$

¹⁶ **Dia Sideral:** é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do ponto γ pelo meridiano do lugar. **Dia Solar:** é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano do lugar. É $3\text{m}56\text{s}$ mais longo do que o dia sideral. Essa diferença é devida ao movimento de translação da Terra em torno do Sol, de aproximadamente 1 grau (4 minutos) por dia ($360^\circ/\text{ano}$). Como a órbita da Terra em torno do Sol é elíptica, a velocidade de translação da Terra em torno do Sol não é constante, causando uma variação diária de $1^\circ 6'$ ($4\text{m}27\text{s}$) em Dezembro, e $53'$ ($3\text{m}35\text{s}$) em Junho. Ver pag. 252 da primeira parte.

Como o raio da Terra é $R_T = 6370$ km, então a altura será

$$a - R_T = 42\,172 \text{ km} - 6370 \text{ km} = 35\,800 \text{ km}.$$

2) Qual é a velocidade de um satélite em órbita circular a 300 km de altura sobre a Terra?

Considerando os conhecimentos da dinâmica do Sistema Solar.

$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ e $r = \frac{p}{1 + e \cos \theta}$, equação de uma cônica (elipse), onde e é a excentricidade da órbita, e θ ângulo descrito pelo raio vector, obteve-se a equação da velocidade para o movimento elíptico

$$v = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \text{ onde } \mu = G(m_1 + m_2)$$

mas para uma órbita circular $r=a$, de modo que:

$$v_{\text{circ}} = \sqrt{\frac{\mu}{r}}$$

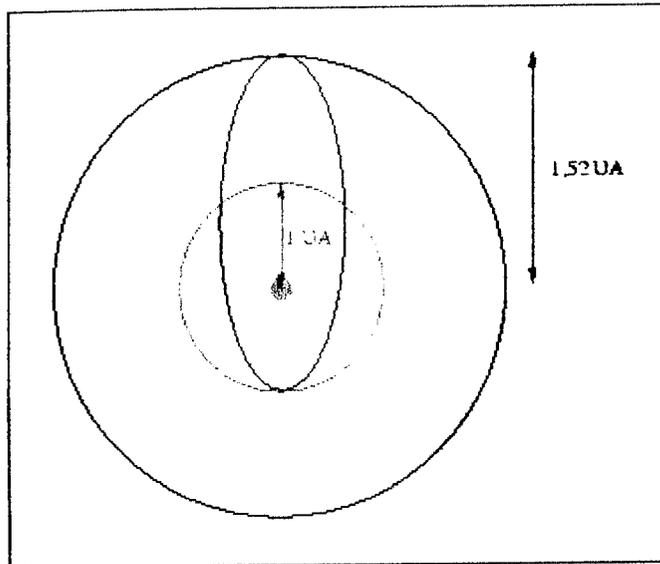
Como $r = 300 \text{ km} + R_T = 6670 \text{ km}$:

$$v_{\text{circ}} = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} = 7,5 \text{ km/s}.$$

Qual é o período orbital?

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_T + m_c)} a^3 = 90 \text{ min}.$$

3) Considerando que a órbita de menor energia para lançamento de uma nave a Marte é aquela que tem uma distância no periélio de 1UA (a da órbita da Terra) e uma distância de afélio de 1,52 UA (a da órbita de Marte), qual é o tempo de viagem?



O a da órbita da nave é

$$a = \frac{r_p + r_A}{2} = 1,26 \text{ UA},$$

e portanto seu período é:

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_\odot + m_n)} a^3 = 1,41 \text{ anos}.$$

O tempo de viagem será metade do período orbital, portanto de 8,5 meses. Qual a velocidade de lançamento?

Porque a órbita é elíptica,

$$v = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

e $r=1 \text{ UA}$. Logo $v=33 \text{ km/s}$. Considerando-se que a Terra orbita o Sol com velocidade de:

$$v = \left(\frac{2\pi \times 1 \text{ UA}}{1 \text{ ano}} \right) = 30 \text{ km/s},$$

só precisamos lançar a nave com 3 km/s , na mesma direcção da órbita da Terra. Nota que o lançamento da nave tem que ser bem programado para que Marte esteja na posição da órbita a que nave chegará.

4) Qual é o semi-eixo maior da órbita de um satélite lançado a 300 km de altura com uma velocidade de 10 km/s ?

$$v = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)},$$

obtemos $a = 3,17 R_T$.

5) Se quisermos enviar um satélite até à Lua, ou qualquer outro planeta, precisamos primeiro vencer o campo gravitacional da Terra. Qual é a velocidade necessária para um satélite artificial escapar do campo gravitacional da Terra?

Como a massa do satélite pode ser desprezada em relação à massa da Terra:

$$v_{esc}^{\otimes} = \sqrt{\frac{2GM_{\otimes}}{R_{\otimes}}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{Kg}^2 \times 5.95 \times 10^{24} \text{ Kg}}{6370000 \text{ m}}} = 11,2 \text{ Km / s}$$

Actividade :Astros interligados (as forças de maré)

Marés

Qualquer corpo que tenham massa no Universo, tem gravidade associada, pois a gravidade é uma característica da massa. A gravidade de um corpo é exercida sobre a massa de outro corpo, como uma força atractiva.

Corpos de grande massa em órbita em redor de outra massa deformarão a gravidade deles pela sua proximidade. Por exemplo a Lua está em órbita da Terra. Como a Terra tem muito maior massa que a Lua, deformou a Lua de tal modo que esta não pode girar rapidamente em torno do seu eixo. A própria face da lua é “esticada” para a Terra e chega mais próximo da Terra do que devia ser. Este efeito fez com que a Lua reduzisse a sua velocidade de rotação e tem agora sempre a mesma face voltada para a Terra. Estes “inchados” relativos de maré também podem ser vistos na Terra. Porém como a água é mais fácil de deformar que a pedra, e 75% da superfície da Terra são água, vemos o inchaço relativo da maré afectando o andamento da água na Terra. Assim a face da Terra que aponta para a Lua a qualquer hora será puxada ligeiramente e a água ficará mais alta. O lado oposto da Terra também tem uma protuberância relativa de maré.

A gravidade depende da massa dos objectos e da distância um do outro. O lado da Terra é mais arrastado pela Lua do que o seu centro. Assim lugares diferentes têm altura de maré diferente. As marés da Terra também são afectadas pelo Sol, porque a Terra está em órbita do Sol.

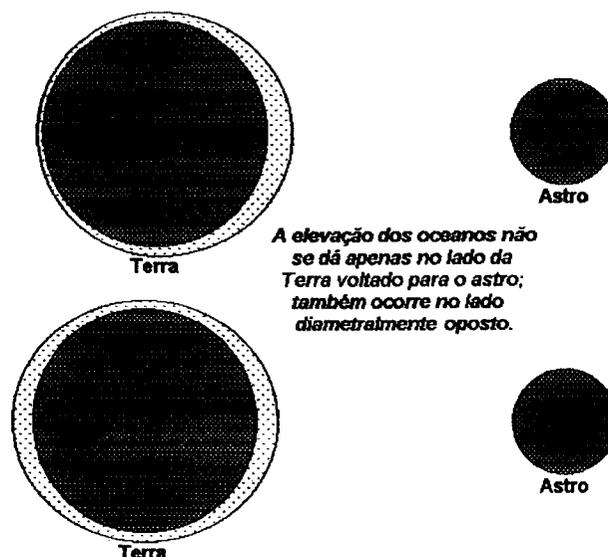
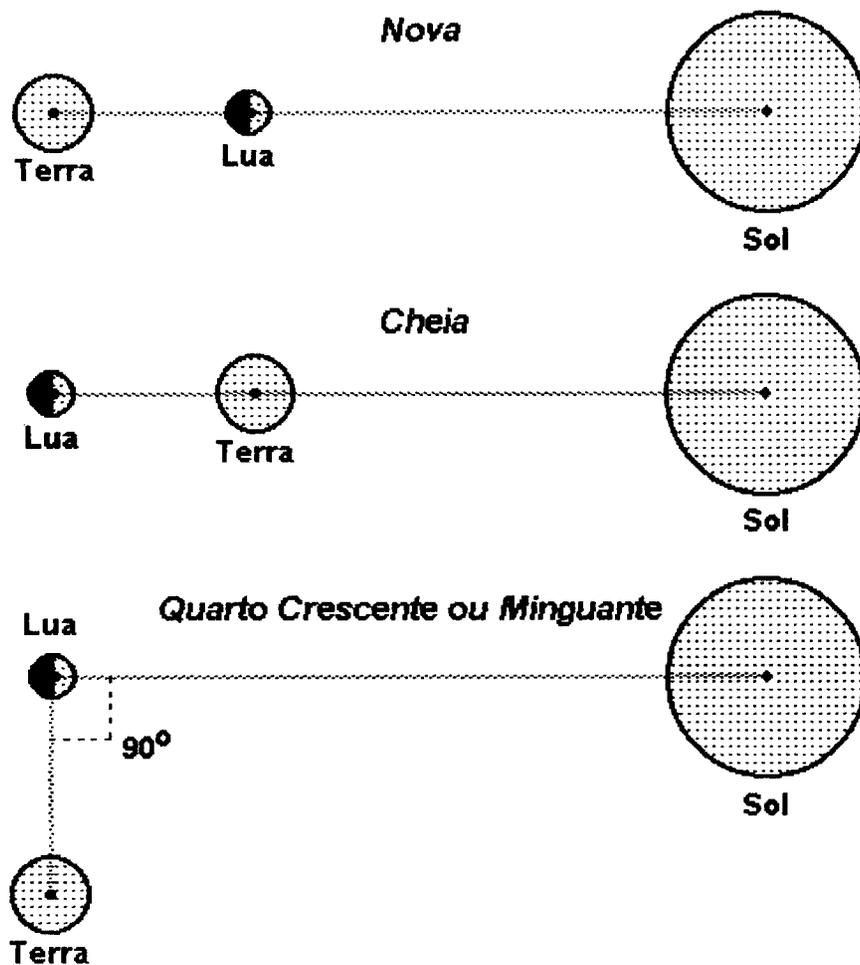


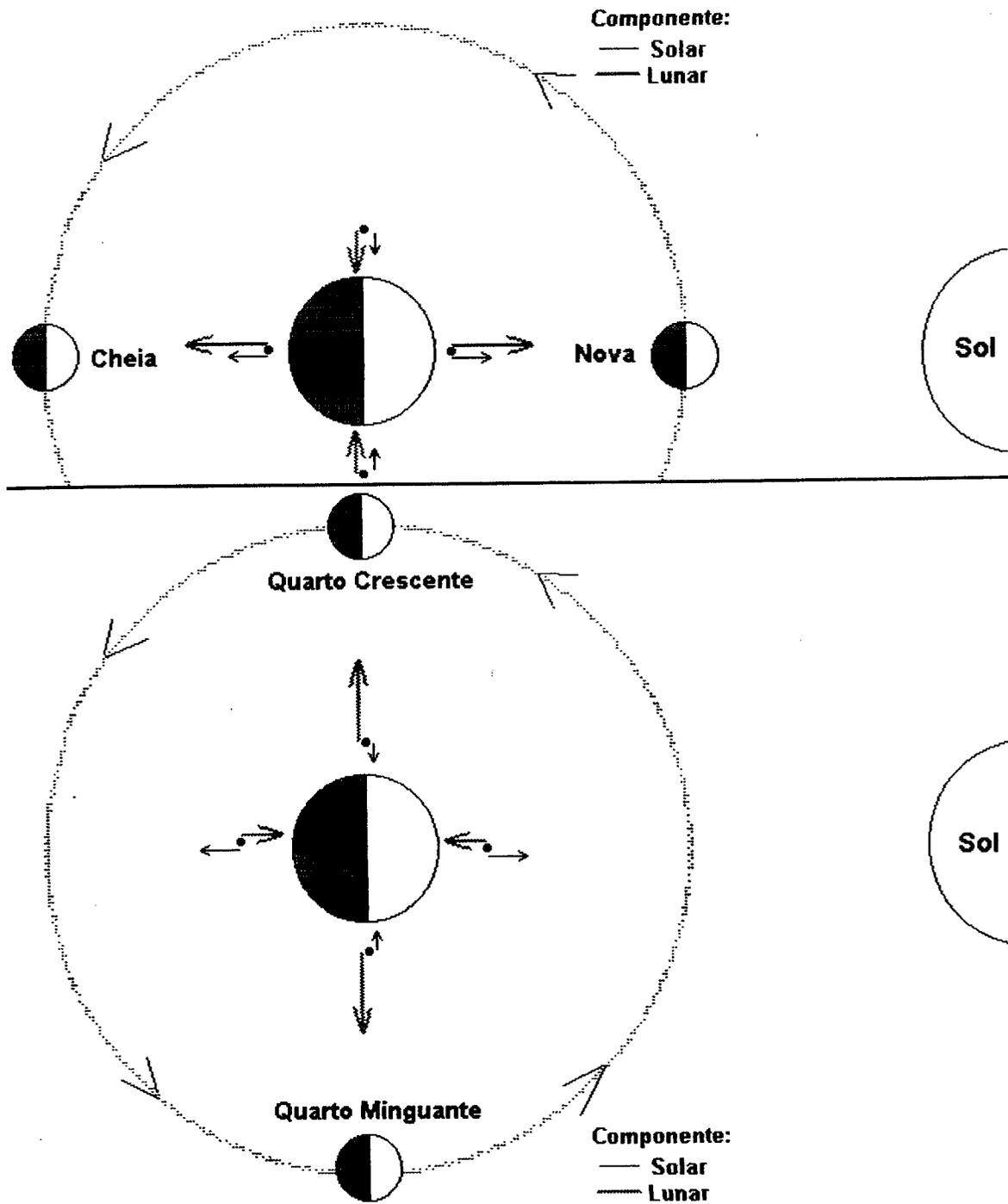
Figura – Concepção errada e correcta sobre as marés

Quando a Terra, Lua e o Sol estão duas vezes em linha num mês, o campo gravitacional é aumentado e as marés são mais altas do que outra situação qualquer nas luas novas ou cheias. Reciprocamente qualquer maré baixa é mais baixa. Estas são chamadas as marés vivas.

Quando o Sol e a Lua têm um ângulo de 90° (os quartos de Lua), os seus campos gravitacionais competem. Nestas situações as marés cheias não sobem muito e as mares baixas não descem muito.



Como na Lua Cheia e na Lua Nova o Sol e a Lua estão quase que alinhados com a Terra, as forças máximas de maré lunar e solar têm a mesma orientação, compondo uma força resultante máxima. Na Lua Quarto Crescente ou na Lua Quarto Minguante, as forças de maré solar e lunar parcialmente cancelam seus efeitos. A composição das forças de maré solar e lunar, em alguns pontos da Terra, estão representadas na figura seguinte.



Na Lua Cheia ou na Lua Nova, quando as duas forças de maré concorrem para formar a resultante máxima, o valor máximo sobre um corpo de 1 kg na superfície da Terra é $1,62 \times 10^{-6} \text{N}$. É importante destacar que este valor representa uma parte em seis milhões da força gravitacional exercida pela Terra sobre esse corpo. Ou seja, a força de maré é muito pequena, só produzindo efeitos facilmente notáveis em massas de água que se estendem por amplas regiões da Terra. O efeito médio sobre os oceanos é produzir um desnível de cerca de 1 m entre a maré alta e a maré baixa. É importante notar que tal desnível é insignificante quando comparado ao raio da Terra.

A figura seguinte representa, de forma exagerada a deformação das águas oceânicas pelas forças de maré. Em primeira aproximação, pode-se admitir que as regiões de maré alta e maré baixa permanecem estacionadas enquanto a Terra gira. Uma estaca cravada na Terra passa ao longo do dia por duas regiões de maré alta e por duas regiões de maré baixa. Desta forma, em 24 h ocorrem duas marés altas e duas baixas.

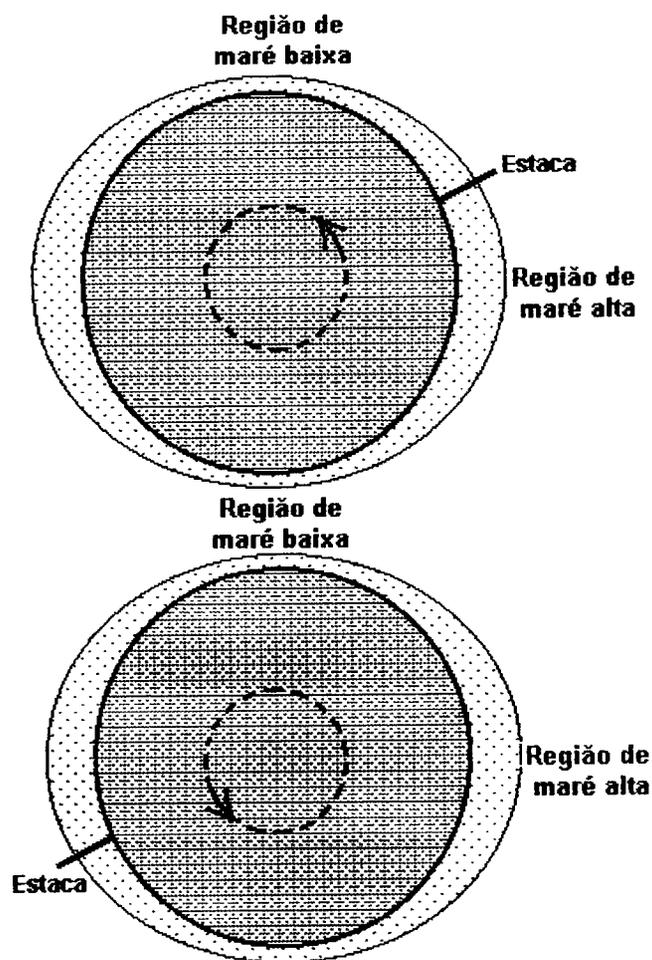


Figura - Uma estaca cravada na Terra desloca-se através das regiões de maré alta e maré baixa.

Este modelo permite prever um intervalo de tempo de 12 h entre duas marés altas consecutivas. Todavia, a Lua desloca-se em torno da Terra no mesmo sentido da rotação diária da Terra, arrastando consigo as deformações oceânicas, o intervalo de tempo entre duas marés altas consecutivas é maior do que 12 h; mais precisamente é de 12 h e 26 min.

Construir um relógio de maré

Os jornais nacionais têm frequentemente uma secção de meteorologia onde são normalmente apresentadas informações relativas às marés.

Material:

- jornal nacional
- tesouras
- cola
- lápis
- papel

Procedimento

- Os alunos devem coleccionar durante um mês a secção do jornal relativa às marés e colar todos em sequência numa única folha de papel.
- Para cada dia observar a fase da Lua em que sucedem as marés. Tomar também nota desta informação.
- Numa outra coluna na folha de papel os alunos podem fazer um esquema das posições relativas da Lua e da Terra e qual a face a ser puxada
- Comparando as alturas das marés e a fase da Lua, que correlação pode ser encontrada? Pode ser traçado um gráfico de altura versus fase?

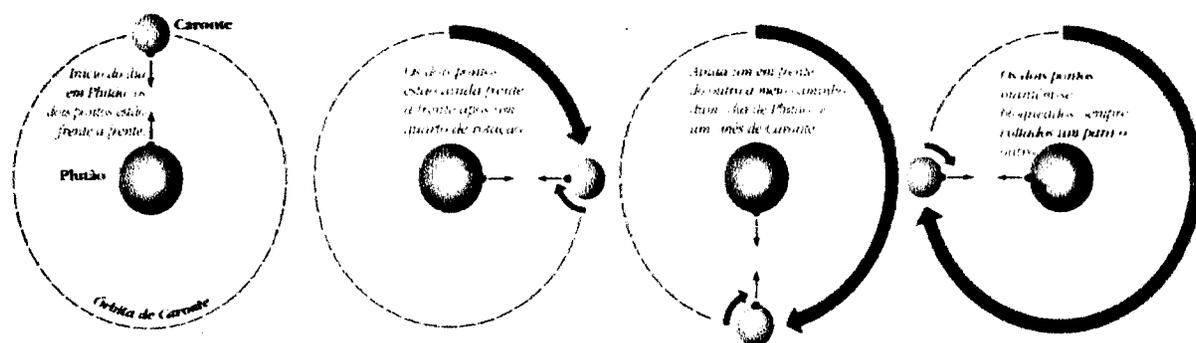
Discussão

A altura das marés dependem da fase da Lua. Porquê? Que relação à entre as alturas da primeira e segunda marés do dia? É obvio que há duas mares? Utilizar modelos representando o Sol-Terra-Lua e as diferentes fase/marés.

Mais astros interligados

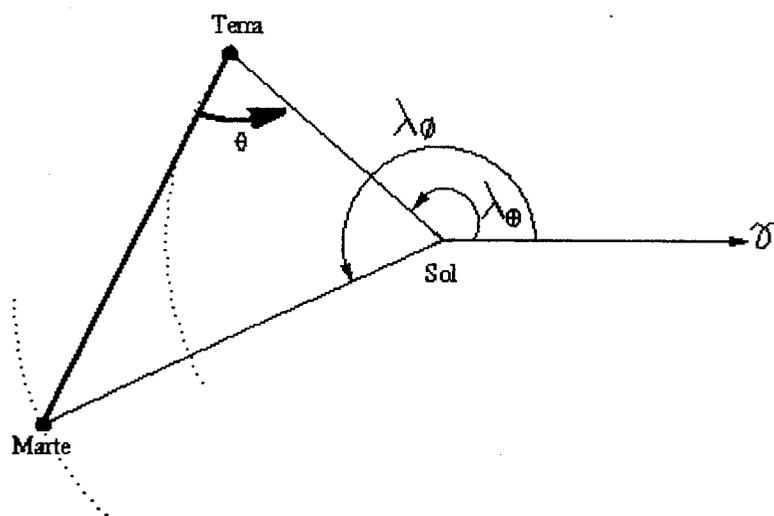
Plutão e Caronte estão tão próximos que a atracção gravitacional de cada um deles provoca regularmente protuberâncias no outro, tal como a lua provoca marés nos mares da Terra. Estas protuberâncias funcionam como travões, fazendo abrandar ambos os astros à medida que vão girando sobre si próprios. Neste momento estão fixos frente a frente: Plutão executa um movimento de rotação completo em 6,4 dias da Terra, e Caronte demora o mesmo tempo para

dar uma volta em redor de Plutão. Portanto o mesmo ponto na lua está sempre defronte do mesmo ponto do astro em rotação. Para um astronauta colocado num dos lados de Plutão, Caronte nunca se deslocaria no céu. Do outro lado do planeta, a lua estaria sempre invisível.



Actividade: Determinação da órbita de Marte – Método de Kepler

De seguida é feita uma explicação breve sobre a forma de calcular a órbita de Marte seguindo o método de Kepler através de tabelas (Tabela 1) de longitudes heliocêntricas λ_{\oplus} e λ_{ϕ} , da Terra e de Marte, respectivamente, e da elongação de Marte, para 24 datas.



A figura acima permite a visualização de λ_{\oplus} , λ_{ϕ} e de θ . Quando θ é 180° , os planetas estão em oposição, e as suas longitudes são iguais. A tabela dá os dados para 12 oposições desde 1956 até 1980. Em 1609, a partir de observações similares, também sobre um período de 24 anos, Kepler formulou as suas três leis do movimento orbital de Marte, através do método gráfico resumido abaixo.

Primeira Lei. O problema consiste em traçar a órbita de Marte a partir das várias posições da tabela. Num cálculo preliminar, Kepler encontrou que a Terra tinha uma órbita quase circular com excentricidade $e = 0.017$, e longitude no periélio de 101° .

1. Desenhar esta órbita, usando um círculo de raio r . Colocar a posição do Sol a uma distância do centro do círculo na direcção do periélio.
2. Agora marque as posições de Marte, como se segue: Desenhe a direcção Δ , que é comum para Terra e Marte, na oposição nº 1. É só neste ponto que sabemos a direcção em que está Marte, mas não sabemos em que posição ao longo desta direcção está. No entanto, após 1 período sideral, P , em Julho de 1958, Marte retornou à mesma longitude. A sua posição M_1 pode agora ser

encontrada marcando a posição da Terra no diagrama, e então desenhando a linha, Δ_1 , na direcção dada pelo ângulo θ . O ponto em que essa linha corta a linha Δ é a posição de Marte.

Da mesma forma, as posições M_2, M_3, \dots, M_{12} de Marte na sua órbita podem ser encontradas para as longitudes correspondentes às 12 oposições listadas na tabela 1.

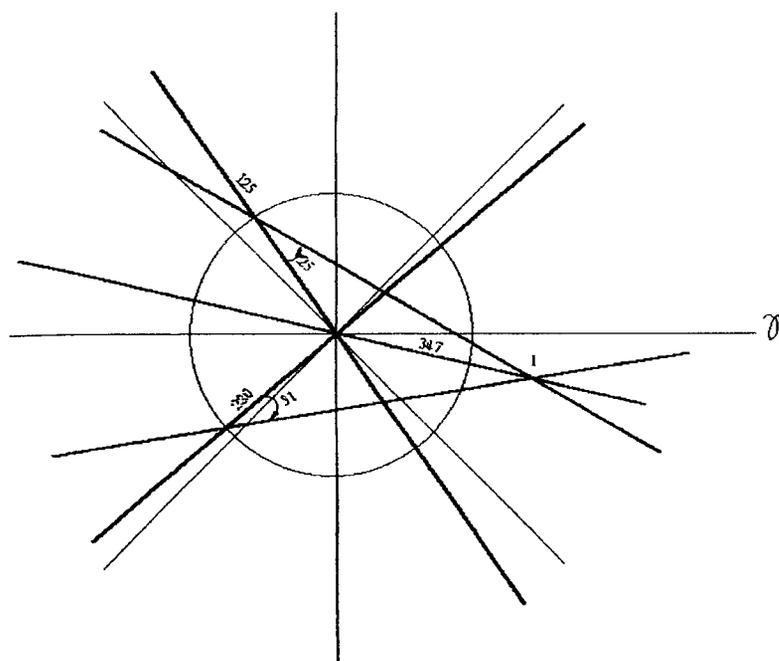


Figura - Marcando as posições

3. Ajuste um círculo ao polígono resultante. O centro do círculo *não* irá coincidir com a posição do Sol, de forma que a órbita deve ser elíptica.
4. Determine o comprimento do semi-eixo maior em unidades astronômicas, a excentricidade orbital, e , e a longitude do periélio.

Terceira Lei. 5. O período sinódico, S , pode ser encontrado a partir do intervalo médio entre oposições sucessivas. Calcule este valor para cada par de oposições listadas na tabela. Exemplo: $\Delta t_1 = 36523 - 35726 = 797$ dias. É preciso calcular o valor médio.

6. Calcule o período sideral de Marte, P , em dias e em anos. O período sideral é o intervalo de tempo entre longitudes iguais sucessivas! Exemplo: $\Delta t_1 = 687$ dias. Mais fácil ainda é utilizar o período sinódico médio calculado na questão anterior

e a relação entre o período sinódico e o período sideral. Mostre que a razão $\frac{a^3}{P^2}$ é a mesma para a Terra e para Marte.

Segunda Lei. Kepler observou que o movimento longitudinal de Marte era irregular. Entre duas oposições sucessivas, separadas por um intervalo $P + \Delta t$, a longitude cresce de $360^\circ + \Delta\lambda$. A velocidade angular resultante, $\frac{\Delta\lambda}{\Delta t}$, não era constante. Exemplo: entre 1a. e 2a. oposição, $\Delta t_1 = 797 - 687 = 110$ dias, $\Delta\lambda = (53^\circ - 347^\circ) + 360^\circ = 66^\circ$, e portanto $\frac{\Delta\lambda}{\Delta t_1} = \frac{66^\circ}{110d} = 0.60^\circ / dia$.

7. Plote a variação de $\frac{\Delta\lambda}{\Delta t}$ como uma função da longitude λ_ϕ . Use a longitude

média no intervalo. Que direcções correspondem aos valores de máximo e mínimo? Para estas duas direcções mostre que a área varrida pela linha unindo Marte e o Sol na unidade de tempo é sempre a mesma, lembrando que a

velocidade areal é dada por: $\frac{dA}{dt} = \frac{r^2}{2} \times \frac{d\lambda}{dt}$.

Tabela 1 : Medidas das posições da Terra e Marte

Medidas das posições da Terra e de Marte					
Data	Dia Juliano	Longitude Heliocêntrica		Elongação Marte-Sol θ (graus)	Número da Oposição
		Marte λ_{\odot} (graus)	Terra λ_{\oplus} (graus)		
	2 400 000				
	+				
10.09.1956	35 726	347	347	180	1
29.07.1958	36 413	347	125	25	
16.11.1958	36 523	53	53	180	2
11.02.1959	36 610	98	141	100	
02.10.1960	37 209	53	9	93	
30.12.1960	37 298	98	98	180	3
01.05.1962	37 785	347	220	31	
04.02.1963	38 064	135	135	180	4
09.03.1965	38 828	168	168	180	5
25.05.1966	39 270	53	243	6	
10.11.1966	39 439	135	47	61	
15.04.1967	39 595	204	204	180	6
31.05.1969	40 372	250	250	180	7
29.10.1970	40 888	168	35	30	
17.01.1971	40 968	204	116	60	
19.04.1971	41 060	250	208	96	
10.08.1971	41 173	317	317	180	8
02.12.1972	41 653	204	70	29	
25.10.1973	41 980	31	31	180	9
07.07.1974	42 235	156	284	33	
16.05.1975	42 548	317	234	59	
15.12.1975	42 761	82	82	180	10
22.01.1978	43 530	121	121	180	11
25.02.1980	44 294	156	156	180	12

6A Interacção magnética

“A Natureza é caracterizada por uma tão maravilhosa harmonia interior que de factos aparentemente desconhecidos se podem deduzir fenómenos ainda não observados, com uma tal sensação de segurança que se pode aguardar sem temor, e mesmo sem curiosidade, o confronto com a experiência”.

Albert Einstein

6A.1 Objectivos Gerais

- Conhecer os conceitos básicos associados ao magnetismo
- Compreender a geometria básica do campo magnético
- Classificar os materiais quanto às propriedades magnéticas
- Conhecer a origem dos campos magnéticos planetários
- Explicar diferentes teorias para a origem dos campos magnéticos planetários
- Caracterizar a magnetosfera
- Caracterizar o Universo e as diferentes magnetosferas
- Caracterizar os campos magnéticos do Sol e dos planetas do Sistema Solar.
- Analisar alguns efeitos dos campos magnéticos
- Compreender a importância dos campos magnéticos na formação estelar.
- Conhecer a origem dos campos magnéticos estelares.

6A.2 Algumas ideias dos alunos

Sobre as concepções que os alunos possuem sobre campos magnéticos, já existem alguns estudos realizados que apresentam algumas ideias comuns:

- “Os pólos Norte e Sul são o mesmo que partículas positivas e negativas.”
- “ As linhas de campo magnético iniciam-se num pólo e terminam no outro”.
- “Os pólos podem ser isolados”.
- “Fluxo é o mesmo que linha de campo”.
- “Campos magnéticos são o mesmo que campos eléctricos”.

- "As carga em descanso podem experimentar forças magnéticas".
- "Os campos magnéticos de ímans não são originados por cargas em movimento".
- "Os campos magnéticos não são tridimensionais".
- "As linhas de campo magnético prendem as pessoas na Terra".
- "As cargas quando livres vão-se mover através dos pólos de um íman".
- "As linhas de campo são reais".
- "As linhas de campo são em número finito".
- Etc.

6A.3 Indicações didácticas

O principal objectivo a nível do ensino básico é que os alunos compreendam as noções básicas do magnetismo. O magnetismo é uma propriedade importante da matéria, e é conhecido desde a civilização grega antiga. Assim é importante que os alunos tenham a noção do que são materiais magnéticos e de que existem formas de magnetizar um material. Embora a ficha informativa tenha noções que podem ultrapassar o ensino básico, é útil para os alunos. Os alunos a nível do ensino básico devem identificar e reconhecer a existência do campo magnético terrestre e identificar interacções magnéticas. Assim neste nível é usual recorrer a imanes para as interacções magnéticas. Sugere-se no entanto uma abordagem mais abrangente estendendo a noção da existência de campo magnético não só á Terra, mas a outros corpos do sistema solar, nomeadamente ao Sol. Desta forma é mais fácil para os alunos compreenderem os efeitos das interacções do campo magnético solar com a magnetosfera terrestre. Assim os fenómenos das auroras surgem como espectaculares aos alunos. Devem também ser referidas as tempestades solares que afectam as comunicações na Terra e discutidos de uma forma simplificada os efeitos da existência ou não de atmosfera.

A nível do ensino secundário estes conceito podem ser explorados quando no 12º ano são introduzidas as noções de campo magnético. Neste ponto, e ao analisar o programa, não existe nenhuma proposta de recorrência aos campos planetários e aqui seria uma situação perfeita para exemplificar diversos

fenómenos estudados dos campos magnéticos. Por exemplo, na noção de campo, nada mais simples para visualizar do que recorrer a uma das imagens representativas dos campos planetários. No estudo das cargas eléctricas num campo magnético, porque não estudar o que sucede com as partículas carregadas libertadas pelo Sol e transportadas pelo vento solar, ao longo das suas linhas de campo magnético?

Na primeira parte procurei compilar a informação que me pareceu mais relevante a nível dos campos magnéticos planetários, sem me prender muito com o próprio magnetismo, pois sobre ele qualquer professor tem muita informação disponível, não tendo no entanto conhecimentos sobre o que se passa no Universo. Podem assim ser feitos textos informativos, fichas de trabalho, para os alunos sobre os campos magnéticos planetários, e pode-se estudar mais profundamente o importante campo magnético do Sol, com todas as influências que tem para nós. É importante que os alunos compreendam o efeito da magnetosfera terrestre, qual o seu papel e o que sucede com o vento solar e as diferentes magnetosferas. Os alunos também devem compreender o papel importante que o campo magnético desempenha na formação de estrelas.

6A.4 Actividades

Actividade – Forças à distância

Material

- Dois magnetes em barra (um dos quais com os pólos norte e sul marcados)
- Clipes
- Marcador
- Balão
- Pano de lã
- Papelinhos

Procedimento

1. Verificar que:

- Os magnetes atraem os clipes.
- As forças magnéticas exercem-se à distância.
- A interacção à distância será tanto maior quanto mais perto estiver o magnete.

A força que descreve essa interacção chama-se magnética.

2. Procurar os pólos norte e sul do magnete não marcado, verificando qual é a extremidade atraída pelo pólo norte do outro magnete.

Marcar os dois pólos com os respectivos nomes.

Um magnete tem sempre duas partes com propriedades diferentes, chamados pólos norte e sul. Pólos com o mesmo nome repelem-se e pólos com nomes diferentes atraem-se. No primeiro caso, as forças são de repulsão (ou repulsivas) e no segundo de atracção (ou atractivas).

3. Esfregar o balão numa camisola de lã e aproximá-lo dos papelinhos em cima de uma mesa.

O balão atraí-os devido a uma força eléctrica. Os objectos eléctricos não têm pólos, mas sim cargas eléctricas, que podem ser de dois tipos, positivas ou negativas. Cargas com o mesmo nome repelem-se e cargas com nomes diferentes atraem-se. Ao esfregarmos o balão, este fica electrizado negativamente. Esta experiência não funciona bem em dias húmidos.

Actividade : Modelo do campo magnético terrestre

Objectivos

- Compreender o conceito de magnetosfera terrestre
- Compreender a forma da magnetosfera terrestre
- Compreender o conceito de linhas de campo

Material

- Limalha de ferro
- Íman
- Acetato com fotografia da Terra

Procedimento

1- Para ajudar os alunos a visualizarem a magnetosfera terrestre, pode-se recorrer a um retroprojector.

2- Colocar um íman em cima do vidro do retroprojector e em cima deste o acetato com a imagem da Terra, que deve ficar localizada em cima do íman. O íman deve estar ligeiramente desviado em relação aos pólos da imagem da Terra.

3- Com um frasco de canela (ou pimenta) colocar lentamente limalha de ferro sobre o acetato. À medida que a limalha cai começam a visualizar-se as linhas de campo.

4- O tamanho do íman deve ser escolhido com cuidado, para não gerar ideias erradas nos alunos sobre a origem do campo magnético terrestre.

5- Quando a demonstração termina, é fácil voltar a recolher a limalha de ferro, deixando assim o retroprojector limpo.

6- Discutir com os alunos os diversos conceitos relacionados com a magnetosfera terrestre, bem como a declinação magnética.

Actividade: O magnetismo e o Sol

Objectivos

- Aprender os princípios básicos do magnetismo e aplicá-los ao Sol.

Magnetismo

O magnetismo é um fenómeno associado a cargas eléctricas em movimento. Cria uma força que pode ser atractiva ou repulsiva sobre as cargas eléctricas em movimento.

Uma forma de descrever o magnetismo é através dos campos magnéticos. Um campo magnético define se a partícula sofre atracção ou repulsão (alteração da sua direcção e velocidade), durante a presença de outras cargas em movimento. Quanto mais intenso for o campo, mais intensa será a força sentida pela partícula. Os campos magnéticos podem ser visualizados através de linhas de campo.

Observando o campo magnético

O campo magnético de um íman pode ser observado indirectamente usando limalha de ferro.

Procedimento

- Cola um íman e por cima deste uma placa de vidro. Começa a colocar agora a limalha de ferro em cima do vidro. Ela aponta para alguma direcção específica? Onde está concentrada a limalha, próximo das regiões mais intensas do campo, ou das regiões em que o campo é mais fraco?
- Usando o padrão formado pela limalha de ferro como guia, desenhar um diagrama das linhas de campo magnético de um íman.
- No diagrama de linhas observa-se que há zonas onde as linhas estão mais afastadas e outras mais concentradas. Usando um par de imanes, determina qual é a parte do íman mais forte e qual é a mais fraca. Estabelece a relação entre as forças magnéticas sentidas usando um par de imanes e a concentração das linhas no diagrama.

O que acontece?

O campo magnético criado pelo íman induz um campo magnético na limalha de ferro. A limalha de ferro transforma-se em pequenos ímans.

Magnetogramas

Os campos magnéticos também podem ser visualizados através de magnetogramas, que são usados quando se faz observações do Sol. Magnetogramas são representações visuais da polaridade e intensidade dos campos magnéticos em relação ao observador. As regiões a escuro representam um crescente da intensidade do campo à medida que o mesmo se afasta do observador em direcção ao interior do Sol. Nas regiões claras o campo é mais intenso à medida que se afasta do Sol. As regiões a cinzento têm pouco ou nenhum campo magnético.

O satélite SOHO faz magnetogramas diários.

Para compreender o magnetismo solar é necessário compreender a dinâmica da superfície do Sol. Os campos magnéticos podem armazenar energia. A energia armazenada nos campos é requerida para o movimento das cargas no sistema.

Magnetismo no Sol

Combinando os conhecimentos sobre o magnetismo, campos magnéticos, força magnética e o armazenamento de energia nos campos magnéticos, podemos analisar o caso particular do Sol.

O Sol emite partículas carregadas que formam o vento solar e que seguem as linhas de campo magnético solar, preenchendo uma grande região do espaço envolvente. Estas partículas acabam, naturalmente, por envolver todo o Sistema Solar no que se designa por heliosfera.

Durante o movimento que o Sistema Solar descreve em torno do centro galáctico vai encontrando no seu percurso nuvens, filamentos e bolhas de matéria interestelar com dimensões variáveis e com diferentes composições químicas. As partículas do vento solar, que estão localizadas nas fronteiras da heliosfera, formam uma barreira que deflecte as partículas carregadas do meio interestelar. Desta forma, a parte mais interna do Sistema Solar fica protegida desta matéria

interestelar, nomeadamente o planeta Terra, pois estes encontros podem alterar o clima da Terra.

A interacção entre a héliofera, a poeira e o gás que constituem a matéria interestelar, confere à héliofera uma forma parecida à de um cometa, com coma e cauda. Quando a héliofera encontra uma região do espaço com matéria interestelar forma-se uma onda de choque designada por choque em arco.

Há cerca de 10 mil anos o Sistema Solar entrou numa nuvem de matéria interestelar dando origem à inclinação da cauda da héliofera.

Manchas solares

O magnetismo é responsável pela formação das manchas solares, que são pequenas áreas escuras na superfície do Sol com temperatura relativamente mais baixa. Pensa-se que esta redução de temperatura se deve ao campo magnético, que inibe a convecção ou a distribuição de calor, resultando uma mancha "fria".

Outros fenómenos:

- *Fáculas*: são áreas brilhantes na fotosfera que aparecem próximo das manchas solares. Apenas visíveis no limbo.
- *Flares*: são erupções de partículas e radiação na superfície do Sol.
- *Proeminências*: estruturas em arco na corona, vistas no limbo do Sol. Também são chamados filamentos, quando são projectados no disco do Sol.
- *Ejecções coronais de massa*: uma das consequências do magnetismo é a ejeção coronal de massa, expulsão em larga escala de plasma da corona do Sol ou da atmosfera externa. Podem ocupar um quarto do limbo solar.

O mito das flares

Antes das observações modernas, a maioria dos cientistas acreditava que as tempestades geomagnéticas experimentadas na Terra eram o resultado das flares solares. No entanto, as ejeções de massa coronal, mais do que as flares, libertam energia para gerar as tempestades geomagnéticas. Ao contrário do que se pensava, as flares são necessárias para a ejeção de massa ocorrer.

Durante os fenómenos muito energéticos que ocorrem, é libertada energia armazenada nos campos magnéticos do Sol que perturba o espaço interplanetário, incluindo o espaço na vizinhança de Terra, onde podem ter um efeito nefasto sobre os sistemas tecnológicos humanos.

Embora a magnetosfera terrestre nos proteja dos efeitos nocivos das ejeções de matéria coronal, (não há razão para alarme quanto ao impacto para a saúde humana), os sistemas electrónicos em órbita, ou próximo das regiões polares, podem ser ameaçados.

Os alunos podem realizar um pequeno estudo dos efeitos da interacção do vento solar com os diversos planetas.

O campo magnético do planeta funciona como um escudo contra o vento solar, pois impede que as partículas deste, e o campo magnético solar, atinjam directamente o planeta.

Uma forma de observar as propriedades do vento é através do efeito que este tem nos cometas. Quando estes se aproximam o suficiente do Sol, a radiação e o vento solar tornam-se capazes de retirar matéria do cometa, criando a cauda deste.

Da mesma forma que a Terra desenvolve uma magnetosfera, também o Sol o faz devido à presença de um campo magnético galáctico.

Actividade: Ficha informativa - Materiais magnéticos

Há mais de 2500 anos que se reconhece que alguns materiais são fortemente magnéticos. Os chineses antigos utilizavam os ímans naturais que mais tarde foram utilizados na navegação dos mares. Os ímans naturais são compostos por magnetite mineral, que pode reter um campo magnético permanente e geralmente são completamente magnetizados naturalmente. A magnetização artificial dos campos em tais materiais é conseguida colocando-os num campo magnético e aplicando um choque repentino, ou esfregando-os com outro íman. O campo magnético assim adquirido, após a remoção do campo original, é conhecido como campo remanescente.

Nem todos os materiais exibem a mesma resposta quando lhes é aplicado um campo magnético. Há cinco tipos de resposta e esta está dependente da susceptibilidade magnética (χ_m) do material em consideração. Quanto maior a susceptibilidade magnética mais facilmente se criam fortes campos magnéticos. A propriedade de um dado material admitir um campo magnético superior ao correspondente ao espaço livre depende da sua magnetização \vec{M} , e \vec{M} , por sua vez, em certos materiais é proporcional ao campo \vec{H} ¹⁷.

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

Há outra maneira de caracterizar a mesma faculdade de um material criar campos magnéticos, \vec{B} . Um dado \vec{H} , no espaço livre, origina um campo $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$. Num material ele originará um campo $\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi_m) \vec{H} = \mu \vec{H}$.

μ é chamada a permeabilidade magnética do material. Para comparar com o caso do espaço livre, pode-se escrever $\mu = \mu_0 \mu_r$, onde μ_r é a permeabilidade relativa.

Os materiais podem então ser: diamagnéticos, paramagnéticos, ferromagnéticos, anti-ferromagnéticos e ferrimagnéticos.

Os materiais diamagnéticos e paramagnéticos têm baixa susceptibilidade ($\chi_m \ll 1$), sendo mesmo negativa nos materiais diamagnéticos. Nenhum deles pode sustentar um campo magnético na ausência de um campo magnético externo aplicado. A resposta dos materiais diamagnéticos é oposta ao campo aplicado e independente da temperatura. Por outro lado, os paramagnéticos

¹⁷ A grandeza \vec{H} é designada muitas vezes por excitação magnética.

adquirem um campo que é alinhado com o aplicado e que depende da temperatura. A dependência da temperatura prende-se com o facto de as vibrações térmicas agirem para romper o alinhamento dos momentos atómicos individuais. Todas as substâncias exibem comportamento diamagnético até determinado ponto. O paramagnetismo acontece em materiais que contêm electrões desemparelhados, como átomos livres, radicais livres, metais de transição e em alguns metais onde o momento magnético é associado com o spin dos electrões livres. As outras classes de materiais, a partir de certa temperatura crítica tornam-se paramagnéticos.

Substâncias com susceptibilidades positivas elevadas, podem manter o campo magnético quando é removido o campo originalmente aplicado.

Quando as rochas se formam na natureza por cristalização, ou por fusão térmica, acumulando-se em montes, ou recristalizando no estado sólido após uma matriz preexistente, então os seus constituintes ferromagnéticos, anti-ferromagnéticos e ferrimagnéticos adquirem campo magnético remanescente. Este campo terá gravado a direcção (inclinação e declinação) e a intensidade das linhas de campo que atravessam o mineral quando recebe a reminiscência. Para uma rocha formada na Terra, este campo remanescente será uma "chapa" fotográfica do campo da Terra num momento particular; as rochas formadas noutros planetas também terão gravadas a história magnética desses planetas (Vénus é excepção, porque a sua temperatura é tão elevada que as rochas estão sempre acima da temperatura de Curie).

Estudando o campo remanescente das rochas na Terra podemos dizer com alguma certeza que a Terra já possuiu um campo magnético de pelo menos 3,8 Gauss e que este sofreu alterações radicais diversas vezes, quer a nível de intensidade, quer de polarização.

Actividade – Projectos de trabalhos de grupo

A exploração da magnetosfera da Terra pode ser usada de diversos modos:

- Como fonte de material para o ensino superior, especialmente para física, Astronomia e as suas histórias.
- Como fonte de projectos suplementares para os estudantes do ensino secundário e superior.
- Como material para estudos independentes em particular para estudantes motivados que buscam mais conhecimento sobre o espaço do que é provido através do currículo regular.

Assim podem ser desenvolvidos temas pelos alunos, como projectos ou como trabalhos de grupo:

- A Física do magnetismo
- Iões e electrões
- Plasma
- Ondas electromagnéticas
- Descoberta do electromagnetismo
- Descoberta do ciclo das manchas solares
- Descoberta das erupções solares (flares)
- O efeito de Edison
- Descoberta dos cinturões de radiação
- Descoberta do vento solar
- Efeito de dínamo
- O que são as auroras polares e que se conhece sobre elas?
- Como é que foram descobertos os cinturões de radiação?
- O Sol activo
- Partículas de alta energia no espaço
- Magnetosferas de outros planetas
- Órbitas dos satélites
- Dínamos no espaço
- A magnetosfera terrestre

7A Distâncias e escalas

7A.1 Objectivos Gerais

- Relacionar escalas de distância no Universo, usando unidades de comprimento adequadas.
- Calcular uma distância, usando o método de triangulação, e identificar este método como um dos processos utilizados para medir distâncias entre a Terra e outros astros.
- Utilizar as diferentes unidades usadas em Astronomia.

7A.2 Algumas ideias dos alunos

As ideias que os alunos apresentam sobre este assunto estão relacionadas com as dificuldades que estes apresentam em compreender as dimensões do Universo, tendo muitas dificuldades na compreensão da sua verdadeira dimensão. Não existem estudos específicos sobre as concepções que os alunos apresentam sobre este assunto.

7A.3 Indicações didácticas

Como o objectivo específico é de que os alunos adquiram noções básicas sobre as dimensões relativas do Universo, usando correctamente escalas, sugere-se que se inicie por lembrar aos alunos o que são as escalas e o que significam. A nível interdisciplinar, os alunos já utilizaram escalas na análise de gráficos, mapas, etc., nomeadamente nas disciplinas de Geografia, História, etc. é assim útil fazer a interligação dos conhecimentos. Após os alunos terem presentes o significado das escalas, é importante fazê-los compreender porque será útil recorrer ao uso de escalas nos modelos quando se estuda o Universo. Dependendo da ordem em que tenham sido introduzidos os diferentes conceitos, pode-se já exemplificar por exemplo recorrendo aos conhecimentos dos alunos sobre o Sistema Solar, como estes se aplicam. Da análise das informações disponíveis os alunos devem compreender a utilidade do uso de escalas na construção dos modelos, não só como espelho fidedigno da realidade, mas como ferramenta útil no estudo dos cientistas.

A apresentação das unidades de medida usadas em Astronomia também se torna relevante após os alunos terem conhecimento de algumas distâncias do Universo, nas unidades de medida usadas diariamente. Ao observarem estes valores, os alunos devem compreender a dificuldade em trabalhar com eles. Torna-se assim útil converter algumas distâncias do Universo na sala de aula (por exemplo: distâncias entre planetas do Sistema Solar, entre a Terra e estrelas da nossa Galáxia, etc.) em unidades astronómicas, anos-luz e parsec, e vice-versa. A actividade "Uma visão do ano-luz", procura que os alunos compreendam a verdadeira dimensão das unidades no Universo.

A forma como se mede a distância a astros próximos, recorrendo ao método de triangulação, embora seja um assunto que nos programas oficiais é opcional, torna-se útil para promover a interdisciplinaridade com a Matemática.

7A.4 Actividades

Actividade – Usando o método da triangulação

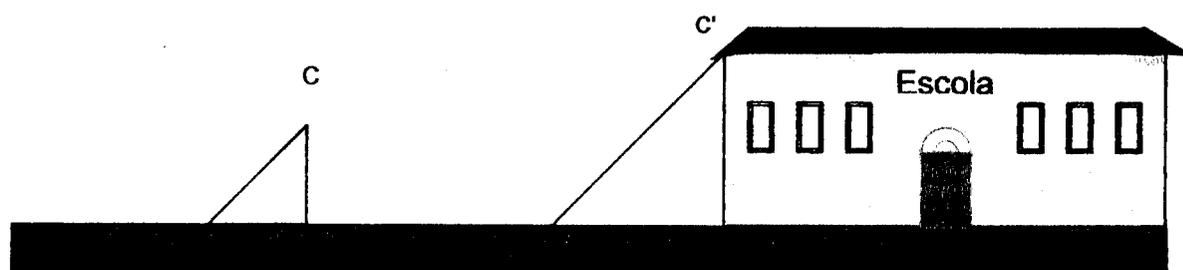
Objectivos

- Compreender como medir a altura da escola a partir da sua sombra.
- Compreender que o método da triangulação é um dos processos utilizados para medir distâncias entre a Terra e astros próximos.

Material

- Régua de 50 cm

Procedimento



- 1 – Colocar a régua na vertical e medir o comprimento da sua sombra. (AB)
- 2 – Medir o comprimento da sombra (A'B') do edifício da escola.
- 3 – Determinar a altura da escola (B'C'), usando conhecimentos sobre semelhanças de triângulos.

Reflectindo

- a) Considerando os erros experimentais, o método utilizado para determinar a altura da escola pode ser considerado razoavelmente preciso?
- b) Que modificações se poderiam fazer para melhorar o método?
- c) Como aplicar este método aos astros?

Actividade : Uma visão do ano-luz¹⁸

Objectivo

- Explicar porque se usa o ano-luz para medir distâncias no espaço
- Relacionar escalas de distância no Universo

Material

- Papel
- Lápis

Quando é necessário medir distâncias no espaço, unidades como centímetros metro e quilómetros não são práticas. Por exemplo, o Sol está a cerca de 40 triliões de quilómetros da sua estrela mais próxima, Próxima Centauri. Obviamente, números tão grandes não são fáceis de utilizar.

Assim, os astrónomos procuraram formas mais práticas de expressar as distâncias cósmicas, como por exemplo, o ano-luz.

Num ano a luz viaja 10 triliões de Km. Isto significa que a distância entre o Sol e Próxima Centauri, é cerca de 4,2 anos-luz.

Esta actividade, em duas partes, ajuda a compreender porque é que os astrónomos utilizam o ano-luz como unidade de medida. Permite também ajudar a compreender a distância a que se encontram realmente os objectos no espaço.

1ª Parte

- Para esta actividade cada aluno deve ter um pouco de fio com cerca de 1 cm de comprimento.
- Em grupos de dois, levar os alunos para o exterior.
- De seguida cada grupo deverá medir, com o seu fio, 1 parque de estacionamento, um prédio, ou qualquer coisa de grande área.
- Quando todos tiverem terminado, reunidos em grupo, comparar os resultados obtidos.
- Questionar "Será que o cm foi a melhor forma de expressar a distância medida? Porquê? Qual é a melhor unidade de medida? (*metros é mais*

¹⁸ Adaptado de "Astronomy adventures – Ranger Rick's Naturoscope"

prático). Para distâncias maiores, o quilómetro pode ser ainda uma unidade melhor de medida.

- Questionar os alunos quanto tempo levarão a correr 158 400 cm?

Explicar que uma vez que o cm é tão pequeno comparado com a distância medida, é difícil visualizar a distância de 158 400 cm (~1,6Km). A mesma analogia é verdadeira para as distâncias no espaço.

- Discutir o facto de os astrónomos usarem o ano-luz em vez de Km, porque é muito mais fácil trabalhar com os anos-luz. Por exemplo, a distância a Próxima Centauri é cerca de 40 triliões de quilómetros. Este é um número difícil de visualizar. No entanto, se se disser 4,2 anos-luz, é mais fácil de compreender e comparar com distâncias a outras estrelas.

2ª Parte

Para ilustrar a distância a que os objectos no espaço estão uns dos outros, tenta lançar um foguetão de papel na sala de aula.

- 1- Coloca um fio através da sala próximo do tecto.
- 2- Desenha, constrói e pinta em papel a Terra e o Sol. Coloca a Terra numa extremidade do fio e o Sol na outra extremidade.
- 3- Desenha, pinta e recorta um foguetão de papel. Usa um clipe para prender o foguetão à extremidade do fio onde está a Terra.
- 4- Cada dia desloca o foguetão a distância que representa o seu deslocamento em viagem para o Sol. Aqui estão algumas informações que necessitas, seguido de um exemplo de um foguetão, que se moveria num fio de 9m.
 - O foguetão viaja através do espaço com uma velocidade média de 28 000Km por hora.
 - À velocidade de 28 000Km por hora, o foguetão pode viajar 672 000 Km por dia.
 - O Sol encontra-se em média a 150 000 000 Km da Terra.

5- Assim, se o foguetão estiver ligado a um fio de 9m ele deve ser movido por dia ~4 cm.

150 000 000 Km ----- 9m

672 000 Km ----- x

$$x = (672\,000 \times 9) / 150\,000\,000$$

$$x = 0.04 \text{ m} \sim 4 \text{ cm}$$

A esta razão de viagem, o foguetão, no fio de 9 metros, levará 225 dias a atingir o Sol no fim do fio. Um foguetão real também levaria este tempo a atingir o Sol.

Se o foguetão continuasse no espaço após atingir o Sol, levaria mais de 175 mil anos a atingir Próxima Centauri, a estrela mais próxima após o Sol.

Actividade - Ficha de trabalho: unidades de distância em Astronomia

A enorme vastidão do Universo não torna cómodo o uso das unidades que habitualmente utilizamos para medir distâncias: milímetros, centímetros, metros, ou mesmo quilómetros.

Perante distâncias tão grandes, não é cómodo o uso das unidades habituais. As unidades mais utilizadas para este tipo de medidas são:

- A *unidade astronómica* (símbolo: *UA*);
- O *ano-luz* (símbolo: *a.l.*);
- O *parsec* (símbolo: *pc*).

A *unidade astronómica* é igual à distância média entre o Sol e a Terra, ou seja:

$$1 \text{ UA} = 150\,000\,000 \text{ Km} = 1,5 \times 10^8 \text{ Km}$$

A unidade astronómica utiliza-se principalmente para exprimir distâncias no Sistema Solar. Assim, em vez de dizermos que a distância média que separa o planeta Plutão do Sol é de 6000 milhões de quilómetros, dizemos simplesmente que é cerca de 40 UA, pois tal distância é cerca de 40 vezes a distância média Terra – Sol.

O *ano-luz* é igual à distância percorrida pela luz no espaço vazio (onde esta se desloca à velocidade de 300 000 Km/s), durante um ano:

$$1 \text{ a.l.} = 300\,000 \text{ Km/s} \times 365 \times 24 \times 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ a.l.} = 9\,500\,000\,000\,000 \text{ Km} = 9,5 \times 10^{12} \text{ Km}$$

O *ano-luz* utiliza-se, principalmente, para exprimir distâncias maiores que as observadas no Sistema Solar.

O *parsec* (abreviatura de parallax second); simboliza-se por *pc*.

Diz-se que a distância do Sol a uma estrela é 1 parsec, se o ângulo de paralaxe da estrela tiver amplitude de 1" (1 segundo de arco).

$$1 \text{ pc} = 31\,000\,000\,000\,000 \text{ Km} = 3,1 \times 10^{13} \text{ Km}$$

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ a.l.}$$

Com alguma frequência são usadas em astronomia unidades ainda maiores:

- O quiloparsec $1 \text{ Kpc} = 1000 \text{ pc} = 10^3 \text{ pc}$
- O megaparsec $1 \text{ Mpc} = 1\,000\,000 \text{ pc} = 10^6 \text{ pc}$
- O gigaparsec $1 \text{ Gpc} = 1\,000\,000\,000 \text{ pc} = 10^9 \text{ pc}$

Exercícios

1. Que significa dizer que a estrela Sírius se encontra a 8,7 a.l. da Terra?
2. Completa a tabela seguinte

Estrela	Distância à Terra (a.l.)	Distância à Terra (Km)
Capela	45	
Polar	680	
Rigel	910	
Altair	17	

3. Qual a distância a Sírius expressa em parsec?
4. Sabendo que a distância de Júpiter ao Sol é de 5,2 UA, qual é o seu valor em metros?
5. Que informações podemos retirar da afirmação: "A estrela Vega encontra-se a 27 a.l. da Terra".
6. A estrela Rigel faz parte da Constelação Oriente e está a 910 a.l. da Terra.
 - a) Justifica a afirmação: "A luz de Rigel que neste momento está a chegar à Terra, foi emitida antes da Independência de Portugal (1143)".
 - b) A que distância, expressa em parsec, se encontra Rigel da Terra?
 - c) O ângulo de paralaxe de Rigel terá amplitude menor, maior, ou igual a 1". Justifica.

Correcção da ficha de trabalho

1. Significa que:

- a luz emitida por Sírius demora 8,7 anos a chegar à Terra.
- A estrela encontra-se a uma distância da Terra equivalente à que a luz percorre em 8,7 anos.

2.

Estrela	Distância à Terra (a.l.)	Distância à Terra (Km)
Capela	45	$4,257 \times 10^{14}$
Polar	680	$6,4328 \times 10^{15}$
Rigel	910	$8,6086 \times 10^{15}$
Altair	17	$1,6082 \times 10^{14}$

3. 1 pc ——— 3,26 a.l.

X ——— 8,7 a.l.

$$x = \frac{1 \times 8,7}{3,26}$$

$$x = 2,7 \text{ pc}$$

A distância do Sol a Sírius é 2,7pc.

4.

1 UA ——— $1,49 \times 10^{11}$ m

5,2 UA ——— x

$$x = 5,2 \times 1,49 \times 10^{11}$$

$$x = 7,75 \times 10^{11} \text{ m}$$

Júpiter encontra-se a $7,75 \times 10^{11}$ m

5. Significa que:

- a luz emitida por Vega demora 27 anos a chegar à Terra.
- A estrela encontra-se a uma distância da Terra equivalente à que a luz percorre em 27 anos.

7. a) Se a distância de Rigel à Terra é de 910 a.l., então a luz que está a chegar até nós foi emitida por Rigel è cerca de 910 anos, ou seja, antes do ano 1143.

b) 1 pc -----3,26 a.l.

X -----910 a.l.

$$x = \frac{1 \times 910}{3,26}$$

$$x = 279 \text{ pc}$$

c) menor

8A Localizar astros

“No passado, muitos índios acreditavam que as estrelas eram, na realidade, olhos no céu nocturno. Ainda há pessoas que acreditam que as estrelas nos vigiam durante a noite.”

Jamie Jobb

8A.1 Objectivos Gerais

- Conhecer a esfera celeste
- Analisar e compreender os diferentes sistemas de coordenadas astronómicas: sistema horizontal, sistema equatorial local, sistema equatorial celeste.
- Compreender a noção de tempo sideral
- Compreender o movimento diurno dos astros.
- Reconhecer as posições características do Sol.
- Compreender e conhecer as constelações e a sua importância.
- Utilizar mapas celestes.
- Utilizar diferentes processos de orientação.

8A.2 Algumas ideias dos alunos

Os alunos apresentam algumas concepções já referidas noutros capítulos. As concepções dos alunos relacionam-se com:

- a Terra estar imóvel e os outros astros é que se movem;
- o “céu” é plano, e portanto todas as estrelas têm a mesma distância à Terra;
- as estrelas não se põem ou nascem;
- as constelações consistem só de estrelas que constituem os padrões;
- todas as estrelas de uma constelação estão próximas umas das outras
- as estrelas que se situam na faixa do zodíaco têm poderes mágicos.
- Etc.

8A.3 Indicações didácticas

Para iniciar o estudo da forma como localizar os astros, é importante que os alunos adquiriram noções básicas sobre a esfera celeste e sobre alguns pontos característicos. De seguida é também importante que conheçam e aprendam a trabalhar com os sistemas de coordenadas. Tendo em conta a exigência, a nível do ensino básico fica-se muitas vezes apenas pelo sistema horizontal. No entanto, penso que o sistema equatorial local também seria de utilizar.

As primeiras observações dos astros podem gerar conflito de ideias nos alunos. Por exemplo partindo do Sol, ou da Lua, pode-se estudar os seus "movimentos". O estudo do movimento dos astros pode depois ser extendido a outras estrelas. O estudo das posições características do Sol deve estar relacionado com o estudo do sistema Sol-Terra-Lua e assim estudar as diferentes consequências e fenómenos que podem ser observados. Pode-se assim interligar este estudo com o já referido no capítulo 2.

O estudo das constelações deve procurar ultrapassar diversas ideias do senso comum, nomeadamente à que atribui poderes mágicos às estrelas das constelações do zodíaco. Recorrendo a cartas celestes, deve-se ajudar os alunos a identificar as constelações e ensiná-los a orientar-se de modo a conseguirem identificá-las quando observam o céu. Após a identificação das constelações nas cartas celestes, os alunos podem elaborar esquemas com as posições relativas das constelações Ursa Maior, Ursa Menor e Cassiopeia.

No estudo de observação e orientação através dos astros, deve-se procurar recorrer a actividades práticas, algumas das quais são apresentadas na secção seguinte. No entanto pode-se recorrer a muitas outras. Os alunos devem adquirir noções práticas sobre orientação. É fundamental que os alunos saibam utilizar correctamente uma bússola e a rosa – dos-ventos, bem como os conceitos de latitude e longitude.

8A.4 Actividades

Actividade : A esfera celeste

Objectivo

- Compreender conceitos fundamentais para a observação de astros.

Material

- 1 laranja
- fio de prumo

Procedimento

Da intersecção de planos com uma esfera podem resultar:

- círculos máximos, se os planos passarem pelo centro da esfera;
- círculos, menores, se os círculos não passarem pelo centro da esfera.

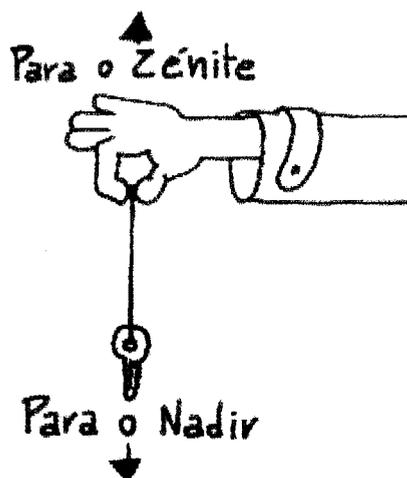
1- Com uma laranja, dar a noção de círculos máximos e círculos menores, cortando a laranja em fatias horizontais.

2- Esquematizar, numa figura exactamente o que pode ser considerado círculo máximo e círculo mínimo.

3- Para a compreensão de zénite e nadir, pode-se utilizar o fio de prumo.

Todos os observadores têm um zénite(Z) e um nadir(N). O zénite é o ponto do céu exactamente sobre as nossas cabeças, independentemente do momento e do local em que nos encontramos. O nadir, é o ponto oposto ao zénite – o ponto mais baixo- directamente abaixo dos nossos pés.

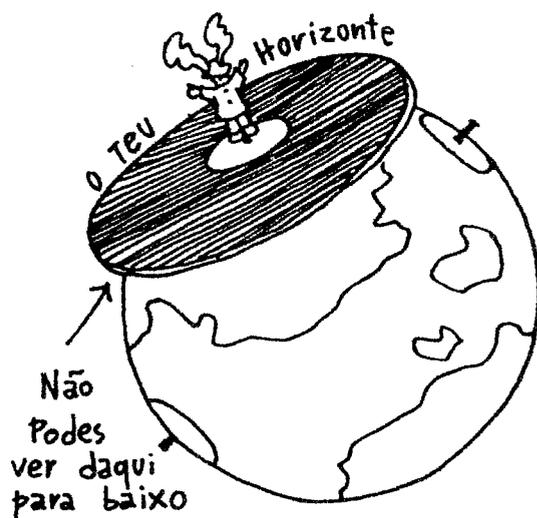
Para identificá-los basta recorrer a um fio de prumo, ou então adaptar um, com um fio e um objecto pesado. Pendurar o objecto escolhido numa ponta do fio e quando este parar de oscilar encontra-se a direcção do zénite e do nadir.



A vertical do lugar é a linha que intersecta a esfera celeste no zénite e no nadir.

4- O que é o horizonte?

Todas as pessoas têm um horizonte, seja qual for o momento ou o local em que estiverem. O horizonte é a parte mais baixa do céu que podemos ver. O nosso horizonte corresponde a um círculo completo a toda a nossa volta.



5- Com um disco e um pionesse que representa um observador, e uma laranja (Terra), representa o horizonte desse observador em diversas posições da Terra. O observador pode ver tudo o que no céu fica acima do disco, enquanto que o que está abaixo do disco será invisível. O bordo do disco, projectando-se ao longe a toda a volta, representa o horizonte.

6- Representa em esquema o perfil de diversas situações (observador em diferentes posições na superfície da Terra)

7- Qual será o lugar da Terra onde se pode ver todo o céu nocturno? (R: *Equador*)

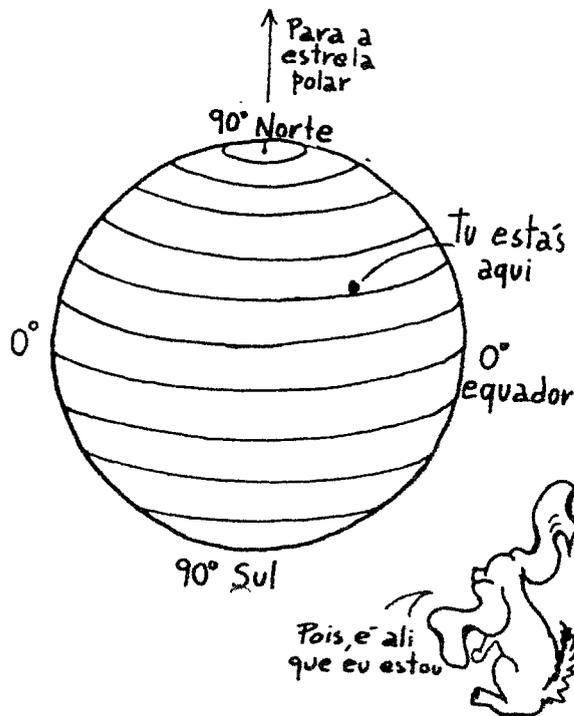
Paralelos e meridiano

Os gregos inventaram o sistema que ainda hoje usamos nas representações em globos, e que é idêntico para a Terra e para todos os planetas e outros corpos esféricos. Este sistema perdurou através dos tempos, pois não se bate com o problema de representar num mapa plano qualquer coisa que é aproximadamente esférica.

Todos os globos são esféricos e têm apenas dois pontos «fixos», em relação aos quais se marcam as direcções: o Pólo Norte e o Pólo Sul. Em todo o globo são marcadas duas espécies de linhas que dão as coordenadas latitude e longitude. A latitude mede a distância ao Equador, que é a mais extensa de todas as linhas de latitude.

Os paralelos são linhas que dão a volta à Terra passando por lugares com a mesma latitude. Pode-se imaginar um número infinito cobrindo todo o planeta, todas linhas paralelas entre si, ou seja, sem que qualquer delas se encontre com outra.

Os paralelos são numerados em graus, a partir do equador, que corresponde a 0° , sendo de latitude norte os lugares que ficam daí para o Pólo Norte. Contrariamente, têm latitude Sul, de 0° a 90° , aqueles que se situam entre o equador e o Pólo Sul.



Todos os dias, em qualquer lugar da Terra, o Sol atinge a sua maior altura num dado ponto do céu. Esse momento é conhecido como meio-dia e permite conhecer o nosso meridiano - «a linha de meio dia» - os meridianos de longitude são desenhados em grandes círculos que passam pelos pólos e dão a volta ao globo terrestre, todos do mesmo comprimento.

Num dos lados da Terra, o meridiano está 12 horas adiantado em relação à outra metade - deslocando-se para Oeste. Por outras palavras, se numa das metades do meridiano são três horas da tarde, na outra são três horas da manhã.

Uma maneira fácil de se perceber a diferença entre longitude e latitude é a seguinte: as linhas de longitude - os meridianos - são todos do mesmo comprimento; os paralelos de latitude têm comprimentos diferentes.



8- Faz um globo de uma bola de basquetebol. Arranja uma bola de basquetebol, marca nela as linhas de latitude e de longitude. Não esqueças que as linhas de

latitude são círculos paralelos de tamanhos diferentes, enquanto as linhas de longitude têm o mesmo comprimento.

9- Neste teu globo identifica agora o PN, PS, o equador

Questões

- a) Quando conheces a altura da Estrela Polar, também sabes a tua latitude.
Qual é a tua latitude?
- b) Como podes medir a altura de um objecto?

Actividade : Sistema de coordenadas astronómicas

Para localizar um astro é necessário recorrer à noção de esfera celeste e recorrer a um sistema de coordenadas.

1ª Parte- Sistema horizontal

O primeiro e mais imediato sistema utilizado para catalogar e identificar as estrelas é o chamado sistema horizontal local. Assim, para cada lugar em que o observador se encontra, é necessário definir:

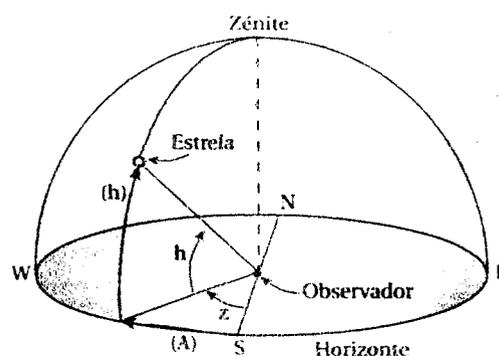
- uma direcção -> a vertical do lugar
- um plano -> o horizonte do observador
- as coordenadas (coordenadas horizontais)

→ azimute (A)

→ altura (h)

Azimute (A) é o ângulo que um corpo celeste faz, a partir do Sul, medido no sentido do movimento dos ponteiros do relógio, ao longo da linha do horizonte do observador. Toma valores entre 0° e 360° .

Altura (h) é a medida angular do arco da esfera celeste entre o horizonte e o corpo celeste em estudo. Mede-se a partir da linha do horizonte local e pode tomar valores entre 0° e $\pm 90^\circ$.



1- Recorrendo ao globo preparado na actividade anterior, procura localizar uma estrela e calcula as suas coordenadas horizontais.

2- Pratica o sistema efectuando medições para outras estrelas.

Questões

- a) Qual a altura do zénite? (R: 90°)
- b) Qual o azimute do Sul? (R: 0°)

- c) Qual o azimute do Norte? (R: 90°)
- d) Qual o azimute do zénite? (R: Indeterminado, há uma infinidade de círculos máximos que partem do zénite e passam pelo horizonte.)
- e) O sistema horizontal é um "bom" sistema de coordenadas? (R: Não, pois depende do observador.)

2ª Parte

Outro sistema usado é o sistema equatorial local. Este sistema usa como plano fundamental o equador e como plano secundário o círculo horário (círculos máximos contendo a direcção PNC-PSC) que passa pela estrela.

As coordenadas são:

- ângulo horário (H) medido no equador, desde a direcção Sul até à intersecção do círculo horário que passa pela estrela com o equador, medido no sentido retrogrado.

$$0^h \leq H \leq 24^h$$

- Declinação (δ) medida a partir do equador, até à posição da estrela no meridiano.

$$-90^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$$

- No céu nocturno que podes dizer dos valores de H e de δ ? (R: H varia e δ mantém-se constante)
- Recorrendo ao globo preparado para a actividade anterior, procura localizar uma estrela e calcula as suas coordenadas equatoriais locais.

Exercícios

1- Determina:

- a) $h_z =$
- b) $h_w =$
- c) $A_N =$
- d) $A_z =$
- e) $H_w =$
- f) $\delta_z =$

2- Para que valores de latitude podem ocorrer as seguintes situações:

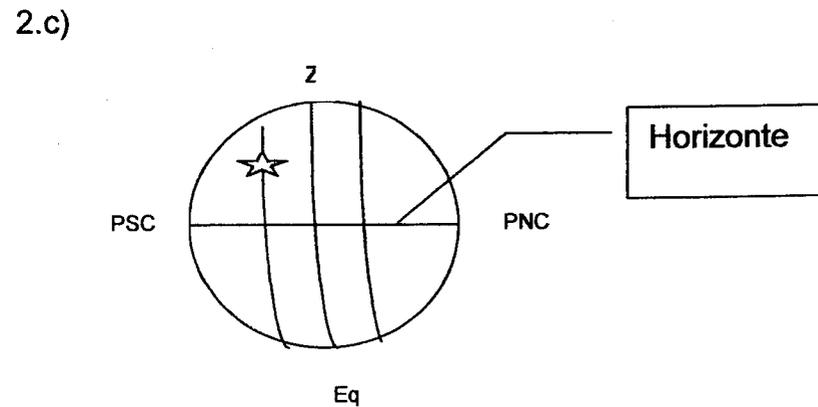
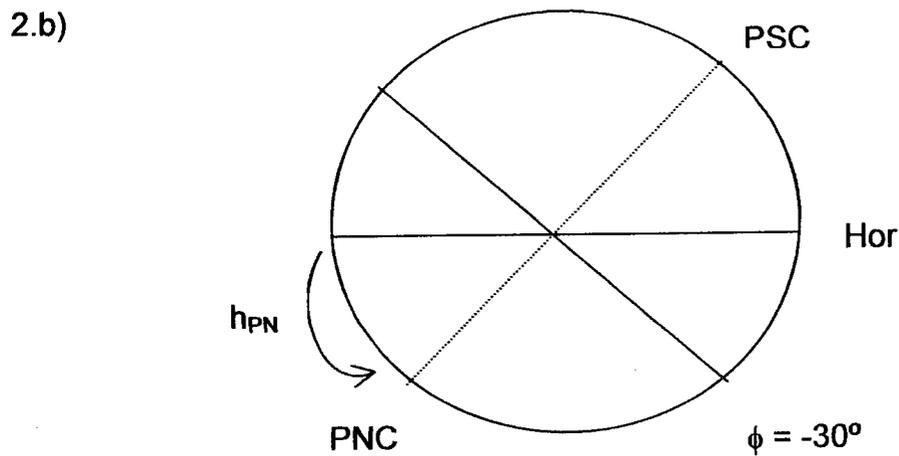
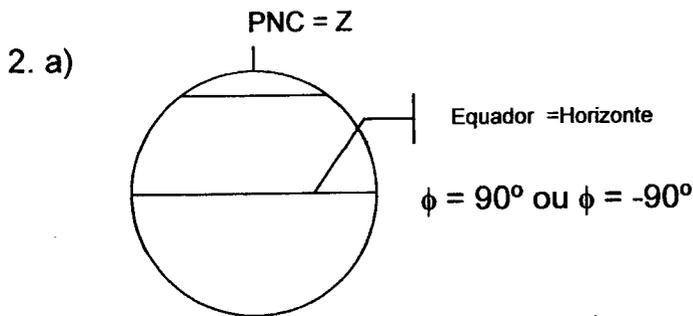
- a) os círculos diurnos das estrelas serem paralelos ao horizonte?

- b) O PSC estar 30° acima do horizonte
- c) Todas as estrelas terem nascimento e ocaso?

3- Em que pontos da esfera celeste a altura e a declinação são simultaneamente nulas?

Correcção dos exercícios

1. a) $h_z = 90^\circ$ b) $h_w = 0^\circ$ c) $A_N = 180^\circ$ c) $A_Z = \text{ind}$ d) $H_w = 6^h$
- e) $\delta_z = \phi(\text{latitude}) = h_{\text{PNC}}$



3. E,W

Actividade : Movimento diurno dos astros

O movimento diurno dos astros, de leste para oeste, é um reflexo do movimento de rotação da Terra, de Oeste para leste. Ao longo do dia, todos os astros descrevem no céu arcos paralelos ao Equador. A orientação desses arcos em relação ao horizonte depende da latitude do lugar.

Enquanto a esfera celeste perfaz uma volta, cada estrela descreve um arco completo em relação à Terra; esse arco é o arco diurno da estrela. Todos os arcos diurnos são paralelos ao equador celeste e demoram o mesmo tempo a ser descritos: um dia sideral. Uma estrela que esteja sobre o equador celeste descreve o maior arco diurno possível; quanto maior for a proximidade entre uma estrela e o pólo celeste menor será o arco diurno que ela descreve.

Chama-se *passagem meridiana* ao instante em que o astro cruza o meridiano local. Durante o seu movimento diurno, o astro realiza duas passagens meridianas, ou duas *culminações*: a culminação superior, ou passagem meridiana superior, ou ainda máxima altura (porque nesse instante a altura do astro atinge o maior valor), e a passagem meridiana inferior, ou culminação inferior. No instante da passagem meridiana superior, cumpre-se a seguinte relação entre z , δ , e ϕ :

$$z = \pm(\delta - \phi),$$

onde o sinal mais vale se a culminação é feita a norte do zénite e o sinal menos se a culminação é feita a sul do zénite. Se a estrela passar a norte do zénite a passagem é Superior Norte (PSN), se passar a sul do zénite, a passagem é Superior Sul (PSS). Todas as outras são passagens inferiores.

1. *Nos pólos* ($\phi = \pm 90$): Todas as estrelas do mesmo hemisfério do observador permanecem 24 h acima do horizonte (não têm nascer nem ocaso), e descrevem no céu círculos paralelos ao horizonte. As estrelas do hemisfério oposto nunca podem ser vistas.

2. *No equador* ($\phi = 0$): Todas as estrelas nascem e se põem, permanecendo 12h acima do horizonte e 12h abaixo dele. A trajectória das estrelas são arcos

perpendiculares ao horizonte. Todas as estrelas do céu (dos dois hemisférios) podem ser vistas ao longo do ano.

3. *Num lugar de latitude intermediária:* Algumas estrelas têm nascer e ocaso, outras permanecem 24h acima do horizonte, outras permanecem 24h abaixo do horizonte. As estrelas visíveis descrevem no céu arcos com uma certa inclinação em relação ao horizonte, a qual depende da latitude do lugar.

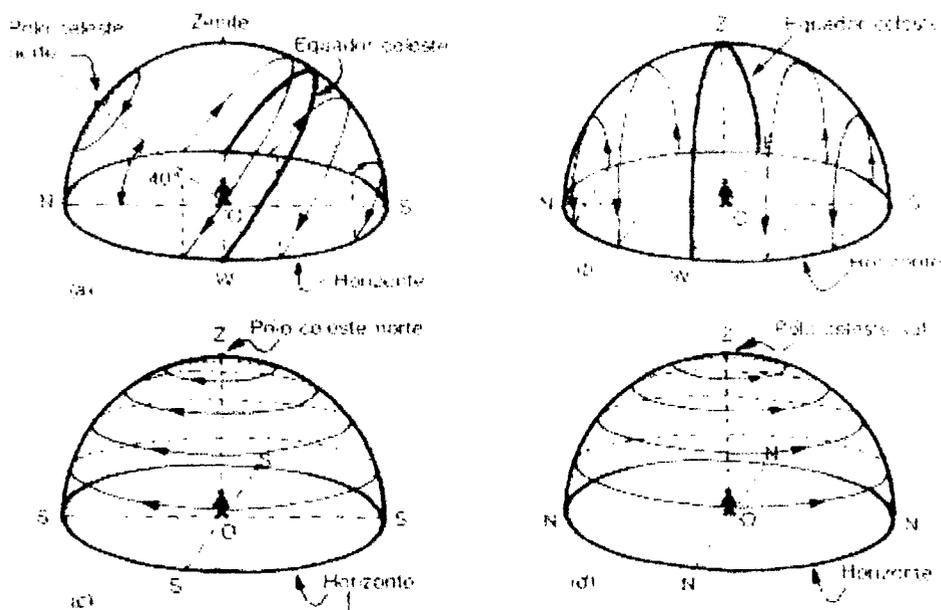


Figura – Aspecto dos arcos diurnos descritos pelas estrelas, de acordo com a localização do observador: a) num local de latitude 40°N; b) no equador; c) no pólo Norte; d) no pólo Sul.

Estrelas circumpolares são aquelas que não têm nascer nem ocaso, descrevendo o seu círculo diurno completo acima do horizonte. Portanto, as estrelas circumpolares fazem as duas passagens meridianas acima do horizonte. Para uma certa estrela com declinação δ ser circumpolar num lugar de latitude ϕ deve se cumprir a relação:

$$|\delta| \geq 90 - |\phi|$$

com δ e ϕ do mesmo sinal.

Exercícios

1. Das estrelas que são dadas indica as que têm:

PSS – passagem superior sul

PSN – passagem superior norte

PI – passagem inferior

P1°V – passagem no 1° vertical

NO – nascimento e ocaso

SV – sempre visível

SI – sempre invisível

Estrelas	Declinação		
	°	'	"
Sirius	-16	41	01
α - Centauri	-60	44	26
χ - Persei	+50	17	25
Deneb	+45	11	51
Arcturus	+19	18	05

a) Num local de latitude $41^{\circ} 06' 23''$.

b) Num local de latitude - $41^{\circ} 06' 23''$

Correcção dos exercícios

1a)

	PSS	PSN	PI	P1° V	NO	SV	SI
Siriús	x				x		
α - Centauri							x
χ - Persei		x	x			x	
Deneb		x			x		
Arcturus	x			x	x		

1b)

	PSS	PSN	PI	P1°V	NO	SV	SI
Siriús		x		x	x		
α - Centauri	x		x			x	
χ - Persei							x
Deneb		x			x		
Arcturus		x			x		

intersectarem o horizonte, estarão sempre à visa, pelo que se lhes chama circumpolares. Com o decorrer da noite perceber-se-á que, naquela direcção, o céu parece rodar em sentido contrário ao dos ponteiros de um relógio, ou seja, em sentido directo. Por isso, numa época do ano em que, ao princípio da noite, por exemplo, a Ursa Maior se encontre alta no céu, duas ou três horas mais tarde mostrar-se-á “tombada” para os lados de Oeste ao passo que a Cassiopeia – constelação também facilmente observável e que ocupa, em relação à Polar, uma posição oposta à Ursa Maior – se apresentará então muito mais elevada. De referir também que Cassiopeia – em que as cinco estrelas mais brilhantes parecem desenhar um W – poderá também ser utilizada, de modo simples, para localizar a Estrela Polar. Com efeito, prolongando as “pernas” do W no sentido de se intersectarem, isso ocorrerá num ponto que nos parecerá um vértice de um ângulo recto. A bissectriz desse angulo passa pela estrela Cih – uma das cinco mais brilhantes da Cassiopeia – e o prolongamento dessa linha imaginária levar-nos-á à Polar.

Actividade: Construção da Constelação do Cisne

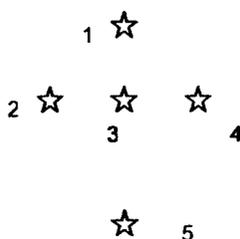
É possível visualizar as estrelas de uma constelação como por exemplo as do Cisne?

Material

- rectângulo de cartão fino (25 cm x 50 cm aproximadamente)
- 5 botões
- fio e agulha de cozer
- régua
- fita - cola
- tesoura

Procedimento

- Marca a lápis, no cartão, a posição de cada uma das cinco estrelas da Cruz do Norte na "constelação Cisne" e numera-as.



- Corta cinco fios com os seguintes comprimentos:
- estrela 1 – 5 cm
- estrela 2 – 50 cm
- estrela 3 – 20 cm
- estrela 4 – 40 cm
- estrela 5 – 30 cm

Suspende, em cada um deles, um botão.

- Faz passar os fios através do cartão nas correspondentes posições e prende-os do outro lado do cartão por meio de fita - cola.
- Segura agora a "constelação" acima da tua cabeça, de modo que as estrelas pendam na tua direcção.
- Observa as posições das "estrelas". Fecha um dos olhos e observa de novo.
- Regista as tuas observações.

Discussão:

- Que diferenças observas ao observares a constelação com os dois olhos ou só com um?
- As estrelas de uma constelação não estão realmente relacionadas umas com as outras para formarem as figuras que vemos da Terra.

Actividade: Faça Sua Própria Constelação

Introdução:

Ao longo da história as estrelas e planetas desempenharam um papel importante em pessoas de culturas diferentes no modo como comem, dormem, jogam, e interagem. Constelações planetárias e estelares, em particular, têm significados diferentes para pessoas diferentes. Nesta actividade terá a oportunidade de aprender sobre o significado de certas constelações para diferentes pessoas do mundo, e terá a oportunidade de compartilhar o conhecimento deles/delas e as suas ideias.

Materiais:

- quadros de constelações , papel de construção
- compasso ou algo com um ponto afiado
- projector , marcadores
- acetato ou chapa de alumínio, papel

Procedimento:

1. Discuta com a turma a definição de constelação.
2. De seguida, distribua por cada grupo o quadro de uma constelação específica. Pode escolher discutir o significado histórico destas constelações com a turma. Então cada grupo deve escrever um texto sobre a constelação e o que ela representa para ele.
3. Pode escolher dar para todas os grupos um quadro da mesma constelação e então comparar as interpretações diferentes, ou pode lhes dar quadros diferentes para discutir mais do que uma constelação.
4. De seguida cada grupo deve construir a sua própria constelação em papel. Para marcar os pontos principais da constelação utilizam o objecto pontiagudo.
5. Se você utilizar chapa de alumínio, ponha o papel de construção em cima da chapa de alumínio e fure os mesmos buracos na chapa. Se você estiver a usar acetato, ponha o papel de construção em cima do acetato e marque no acetato com um marcador onde são os buracos. Depois, um elemento de cada grupo irá apresentar no projector, ou a chapa de alumínio, ou o acetato, de modo que projecte a imagem na parede e toda a turma veja. Um outro elemento do grupo contará a história que o grupo criou para a constelação.

Actividade : Determinação dos pontos cardeais a partir de sombras

Objectivos

- Determinação dos pontos cardeais a partir de sombras produzidas por objectos iluminados pelo Sol (na região temperada do Norte)

Material

- ferro, pau ou tubo
- fio
- lápis

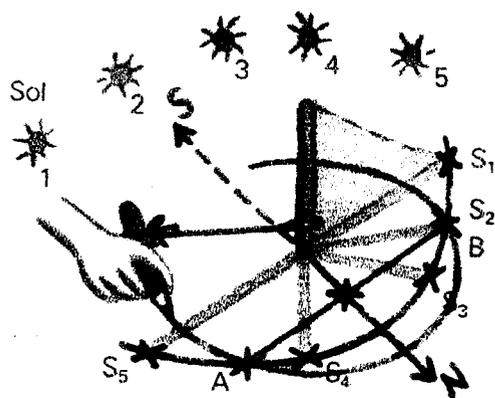
Procedimento:

1 – Num espaço em que o solo se apresente limpo e relativamente plano, coloque um objecto (ferro, pau ou tubo), o mais próximo possível da posição vertical.

2 – Faz-se um laço numa das extremidades de um fio de modo que ele possa ser enfiado no objecto espetado no solo e girar livremente à sua volta. Perto da outra extremidade do fio prende-se um lápis ou qualquer outro objecto capaz de riscar o chão e traçam-se duas ou três circunferências com diâmetros consideravelmente diferentes. Posteriormente recorrer-se-á à propriedade de estas linhas conterem todos os pontos à mesma distância do centro.

3 – Observando a sombra do objecto— durante 3 ou 4 horas – com intervalos de 30 a 40 minutos e marcando no chão a posição da sua extremidade, obtêm-se 6 a 8 marcas (na figura designadas por S_1, S_2, \dots) que depois serão ligadas por uma linha.

4 – Dado que a linha referida vai intersectar (pelo menos) uma das



circunferências em dois pontos (representados na figura por A e B), eles correspondem obviamente, a momentos em que a sombra teve o mesmo comprimento, um antes do meio dia solar e outro depois.

Traçando o segmento de recta de

extremidades A e B, recorde-se e execute-se o processo de traçar uma perpendicular ao meio de um segmento. Se não se cometerem erros consideráveis, o prolongamento da referida perpendicular passará pelo ponto em que o objecto vertical está espetado no chão e constituirá um diâmetro da circunferência que se adoptar para referência. Este diâmetro marca a direcção Norte- Sul, estando o Norte no lado para onde se projectava a sombra ao meio-dia.

5 – Arranque-se o objecto e trace-se outra perpendicular ao meio do segmento que constitui o diâmetro atrás referido. Ter-se-á então a linha Este- Oeste.

6 – Divida-se cada quadrante em partes menores de modo a obterem-se pontos intermédios notáveis. Se se atingirem intervalos de apenas 4 ou 5 graus na divisão da circunferência, esta poderá ser utilizada na determinação e registo das coordenadas horizontais.

Actividade : Orientação por um relógio de pulso e por uma bússola

Objectivos

- Saber orientar-se por um relógio de pulso
- Saber como orientar-se com uma bússola

Material

- Relógio de pulso
- Bússola

Procedimento

A - Pelo relógio de pulso

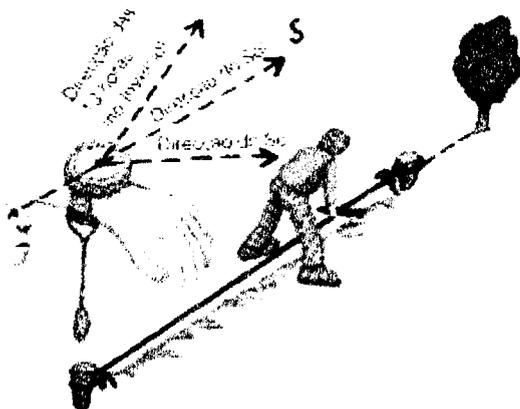
É comum dizer-se que o Sol atinge a sua altura máxima ao meio-dia e que a essa hora ele indica o Sul. No entanto, devido à “mudança de hora” que se verifica em Portugal, o Sol indica o Sul quando os nossos relógios marcam 12:00 horas (meio-dia) no Inverno e 13:00 horas no Verão.

Por isso, deve-se utilizar como referência a linha que liga o centro do mostrador do relógio ao algarismo 12, se estivermos no período de hora de Inverno e ao algarismo 1, se estivermos no período de “hora de Verão”.

A segunda linha de referência será a que vai do centro do mostrador do relógio em direcção ao Sol.

Estas duas linhas formam um ângulo entre si, o qual se vai dividir a meio. As figuras mostram como é que a bissetriz desse ângulo aponta para Sul.

A hora solar é a real e a hora do relógio de pulso é uma hora média.



B – *Pela bússola*

Existem bússolas mais ou menos complicadas, mas todas elas têm como peça fundamental uma agulha magnética que se orienta por acção do campo magnético terrestre, como se verifica no capítulo 7. A agulha tem de girar livremente em torno de um fino eixo vertical, em aço.

Seja qual for a orientação que dermos à bússola, uma ponta da agulha – normalmente de cor azul ou negra – aponta sempre para o norte magnético.

Mas existe uma diferença entre o Norte geográfico – o que nos interessa para a orientação – e o Norte magnético. Esse desvio, que é conhecido como declinação magnética, varia ligeiramente ao longo dos anos, e é actualmente de cerca de 9°.

Por isso uma vez conhecida a direcção do norte magnético, resta-nos apenas considerar 9° para a direita (para Este) para obtermos o Norte geográfico.

Actividade: Construção e utilização de um relógio de Sol

Objectivos

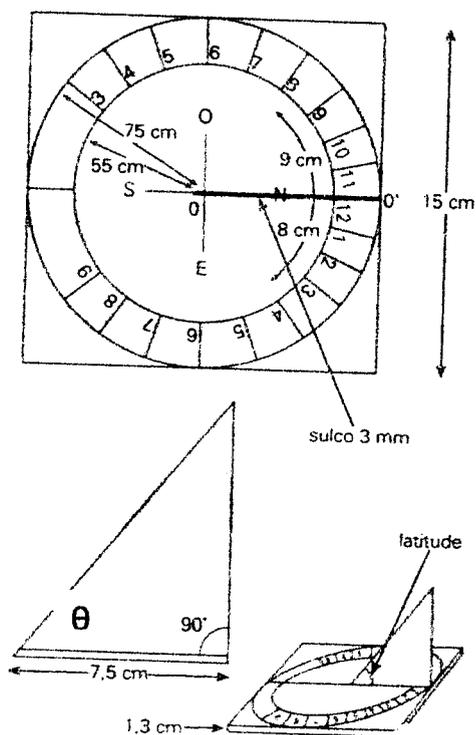
- Construir um relógio de Sol e utilizá-lo.

Material

- Um pedaço de madeira, corticite ou esferovite, com a forma de um quadrado com cerca de 20 cm de lado.
- Um pedaço do mesmo material com a forma de um triângulo, em que o comprimento da base deve ser igual a metade do lado do quadrado e o ângulo θ igual à latitude do lugar. Pode-se tomar 40° como o valor médio da latitude em Portugal.
- Compasso, lápis de cores, cola, tesoura, esferovite ou madeira, cartão.

Procedimento

- Sobre a peça quadrada (A), que vai servir de base, trace duas circunferências concêntricas e, entre elas, efectue as marcas e a numeração assinaladas na figura.
- Faça um sulco na base (OO'), desde o centro até à periferia, com largura igual à espessura do material que vai constituir o gnómon (B).
- Cortar um triângulo com as dimensões indicadas na figura B, o qual constitui o gnómon.
- Com cola adequada ao material escolhido, fixar o gnómon à base, utilizando um esquadro para que as peças fiquem rigorosamente perpendiculares.



Para utilizar o relógio de Sol, deve-se coloca-lo numa superfície horizontal e orientá-lo de modo que a linha norte - sul da base coincida com a direcção norte - sul:

As horas obtidas neste relógio são próximas das do relógio de pulso, mas não são exactamente iguais. Para além da pequena diferença, há que ter em conta o facto de em Portugal se efectuarem mudanças de hora.

Por isso, no período em que vigora a "hora de Inverno", a hora do nosso país coincide com a do relógio solar, e durante a "hora de Verão" é necessário adicionar uma hora, tal como se refere na actividade orientação com o relógio de pulso.

Actividade: Construção e utilização de um astrolábio

Um astrolábio é um instrumento que foi bastante utilizado no passado para medir a altura dos astros em relação ao horizonte, e até para avaliar alturas de árvores e montanhas. É um auxiliar na determinação das coordenadas horizontais. Dos astros.

Objectivos

- Identificar as coordenadas horizontais, altura e azimute.
- Efectuar medições da altura de um astro durante o dia e durante a noite.

Material

- Compasso
- Cartão ou cartolina
- Tesoura
- Lápis ou caneta
- Fio de nylon ou algodão
- Chumbada
- Palhinha de fresco

Procedimento

A) Astrolábio de cartão

- Com a ajuda de um compasso traça, sobre um pedaço de cartolina ou cartão, uma circunferência com um diâmetro de 20 centímetros, aproximadamente.
- Recorta o círculo graduado e traça-lhe um diâmetro e corta-o ao meio.
- Gradua uma das metades do círculo com um transferidor ou utiliza uma cópia do círculo já graduado, de forma que a marcação de 0° fique a meio do semicírculo.
- Ata uma ponta de um fio a meio de uma palhinha de fresco e cola esta ao longo do diâmetro do DD'. Na outra extremidade do fio, suspende um peso qualquer – um pedaço de chumbo, uma rolha, uma moeda, etc.

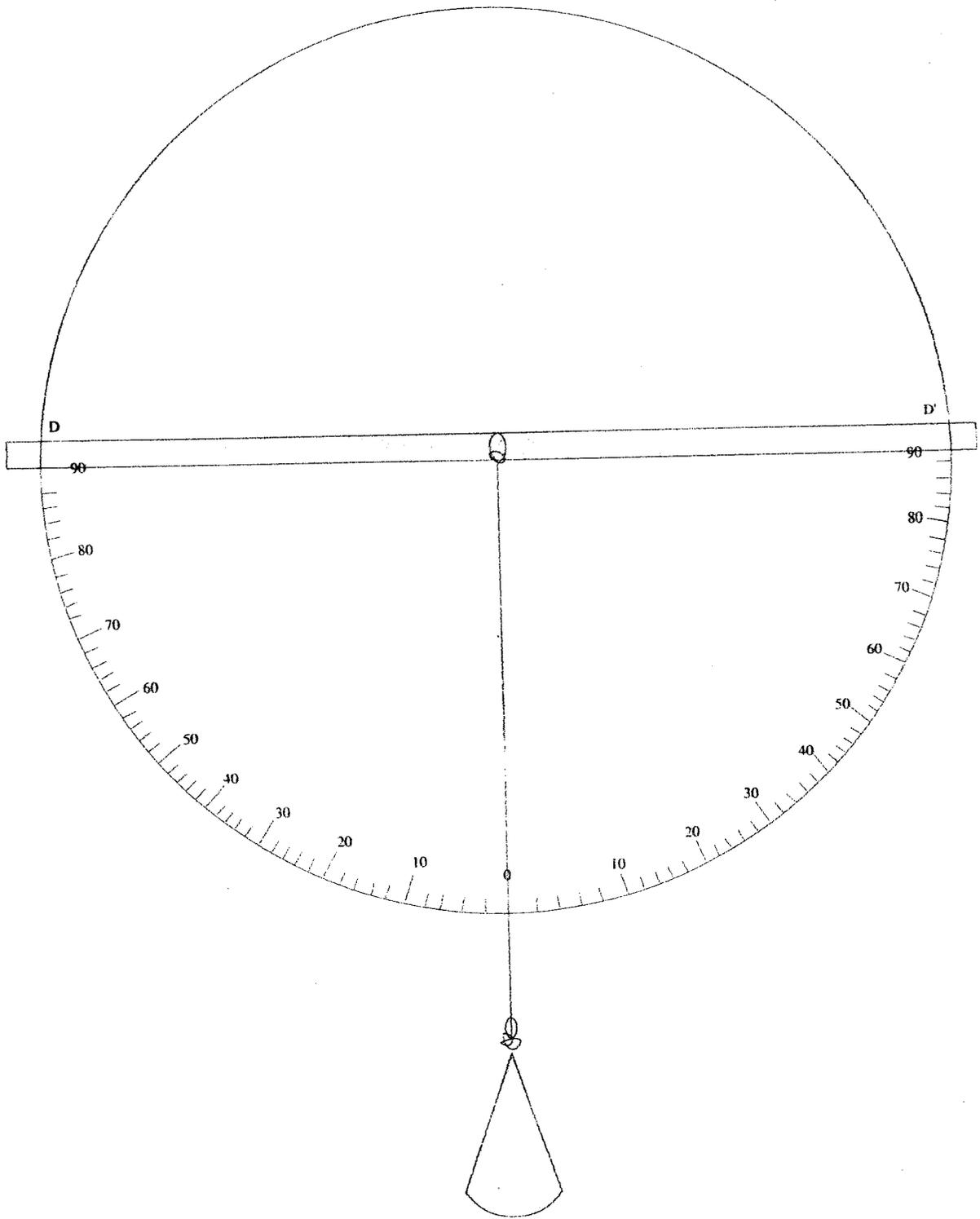
Colocando o astrolábio na posição horizontal, verás que o fio está exactamente na vertical e passa na marcação 0° . Assim se espreitares pelo interior da palhinha e olhares para o horizonte, lá ao longe, se o fio está em 0° , isso significa que é essa a altura do teu horizonte; se apontares para o zénite – o ponto do céu exactamente por cima da tua cabeça – o fio tocará na marcação de 90° , dado que essa é a altura do zénite.

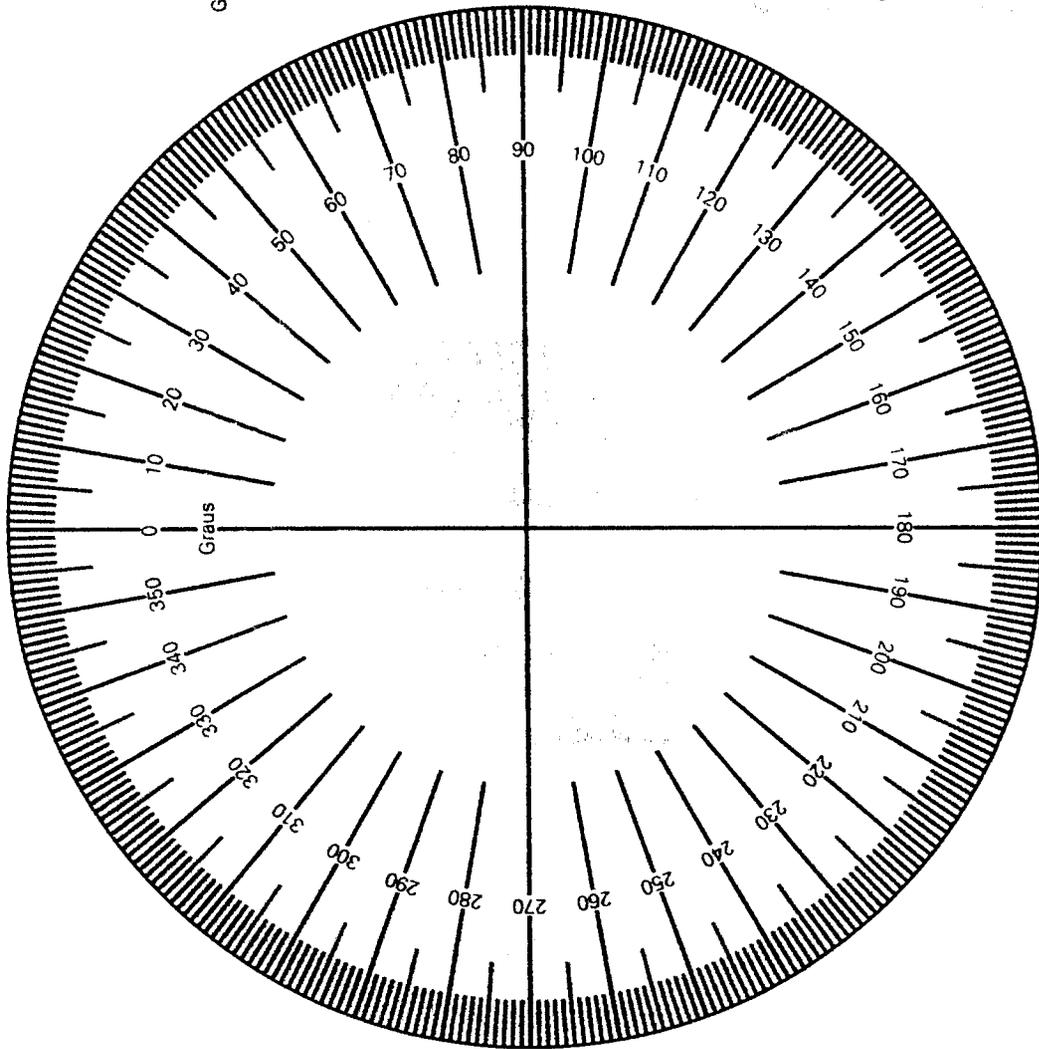
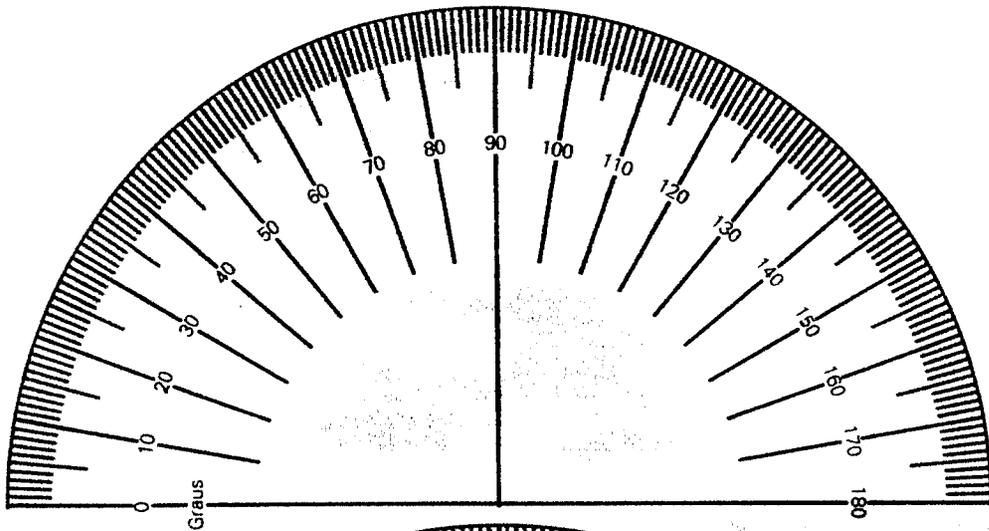
Depois de teres concluído o astrolábio, mede a altura angular de algumas árvores e edifícios.

Registo de resultados

Faz uma tabela semelhante à seguinte, incluindo nela os elementos que consideres importantes.

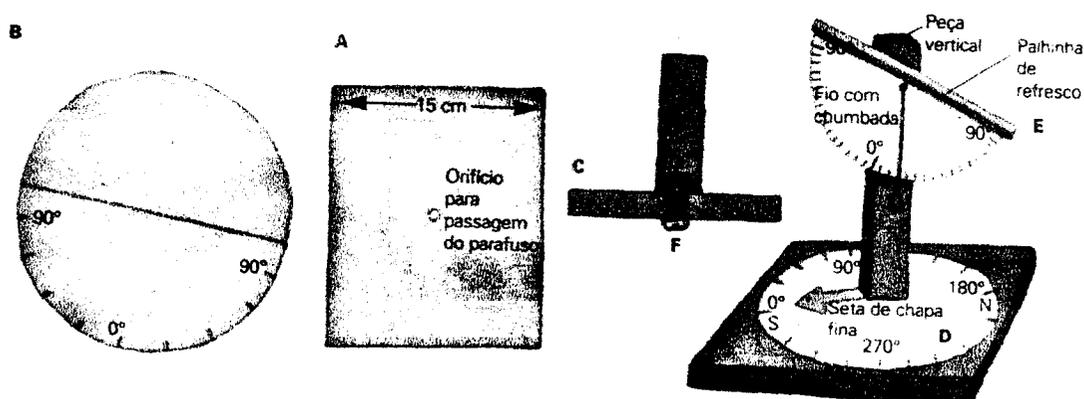
Data e hora da observação	Objecto observado	Altura medida (em graus)	





B) Astrolábio de madeira

Se quiseres fazer um instrumento mais perfeito e muito mais estável, poderás fazê-lo inteiramente de madeira, como mostra a figura.



Material

- Um pedaço de madeira com cerca de 5 mm de espessura e com a forma de um quadrado de 15x15cm, aproximadamente (A);
- Uma rodela de madeira com a mesma espessura e 15 cm de diâmetro (B);
- Um pedaço de madeira com cerca de 3 cm de lado e 15 cm de comprimento (C);
- Cartolina e cola (D)
- Uma palhinha de refresco (E)
- Pregos de aço ou parafusos, fio e uma pequena chumbada de pesca (F)
- Um pedaço de chapa muito fina, por exemplo das latas de sumo.

Procedimento

O semicírculo terá o mesmo aspecto que o do astrolábio de cartão e a sua graduação terá de ser feita do mesmo modo. A palhinha não deverá ter um diâmetro superior à espessura da madeira escolhida para o semicírculo (4 ou 5 milímetros) para não roçar na peça vertical. Esta deverá ter, por exemplo, 2cmx2 cm, com 15 centímetros de comprimento, e os topos cortados rigorosamente a 90° para se obter uma boa estabilidade.

- Para fixares o semicírculo terás de fazer um furo com uma broca do mesmo diâmetro do prego (ou parafuso) com que te propões fixá-lo.

- Convém não espetares completamente o prego, para ser possível prender nele o fio com a chumbada suspensa.
- Cola a palhinha na parte direita do semicírculo.
- Faz uma seta de chapa fina e cola-a na parte inferior da peça vertical.

Este astrolábio oferece a vantagem de poderes medir o azimute em que se encontra o astro do qual pretendes medir a altura.

- Arranja um pedaço de madeira, também com 4 ou 5 milímetros de espessura, com a forma quadrada da base A.
- Sobre ela desenha uma circunferência, traça-lhe dois diâmetros perpendiculares e nas extremidades destes marca 0° , 90° , 180° , 270° , como mostra a figura.
- No centro dessa circunferência faz um pequeno furo para que através dele possa passar um prego ou parafuso que fique justo mas que possa girar.
- Espeta o prego, de baixo para cima, no topo da peça vertical, de forma a servir de eixo em torno do qual aquela vai poder girar quando quiseres rodar o astrolábio para o apontar a uma estrela.

Antes de efectuares esta operação, fixa a seta na parte inferior da peça vertical. Assim ao rodares todo o conjunto, a seta irá apontando para a graduação feita entre as quatro posições inicialmente marcadas.

Para teres indicações com rigor, terás de, previamente, orientar a tábua quadrada de modo a que a marcação de 0° fique a apontar para Sul.

Registo de resultados

Regista as medições efectuadas numa tabela semelhante à que usaste para o astrolábio de cartão, acrescentando o azimute.

9A As Estrelas

“As pessoas têm estrelas que não são idênticas para todas. Para umas, que viajam, as estrelas são guias. Para outras, não passam de pequenas luzes. Para outras, que são sábias, são problemas. Para o meu homem de negócios, eram ouro. Todas essas estrelas são mudas. Mas tu, tu terás estrelas que ninguém tem....

- Que queres dizer?

- Quando olhares para o céu, à noite, já que moro numa delas, já que me estou a rir numa delas, é como se todas as estrelas se rissem para ti. Tu, tu terás estrelas que sabem rir!”*

O Príncipezinho – Saint-Exupéry

9A.1 Objectivos Gerais

- Conhecer as propriedades básicas das estrelas.
- Compreender o sistema de magnitudes.
- Compreender a estrutura estelar.
- Conhecer a evolução estelar.
- Compreender o processo de formação estelar.
- Conhecer as diferentes fases da vida de uma estrela.
- Caracterizar as diferentes fases da vida de um estrela.

9A.2 Algumas ideias dos alunos

Algumas das principais ideias que os alunos apresentam e que estão intimamente ligadas ao senso comum são:

- Todas as estrelas têm o mesmo tamanho.
- As estrelas não têm cor.
- As estrela duram para sempre.
- As estrelas são de fogo e ardem tal como uma fogueira na Terra.
- Todas as estrelas de uma constelação estão próximas umas das outras.
- Todas as estrelas têm a mesma distância à Terra.
- As estrelas desaparecem do céu durante o dia.
- As estrelas cintilam realmente.
- As estrelas que se situam na faixa do zodíaco têm poderes mágicos.

- A estrela Polar é a mais brilhante do céu.
- As constelações consistem só de estrelas que constituem os padrões.
- As estrelas não se põem ou nascem.

9A.3 Indicações didácticas

A informação da primeira parte pode ser utilizada de acordo com o nível de ensino. No ensino básico sugere-se que os alunos compreendam as diferentes fases de vida de uma estrela. Quais as dimensões das estrelas, a que distância se situam as estrelas umas das outras, qual o tempo de vida das estrelas, qual a fonte de energia das estrelas. A produção de energia nas estrelas e os mecanismos utilizados, pela complexidade que apresentam, deve ser introduzida no ensino secundário. E de acordo com o novo programa do ensino secundário este capítulo permitirá explorar a origem dos elementos químicos.

O estudo das estrelas como fábricas de elementos químicos é agora introduzido no novo programa do 10º ano de escolaridade. A teoria da formação das estrelas e o modo como evoluem, para a partir destes conhecimentos compreender como surgiram os elementos e como se encontram distribuídos pelo Universo.

A partir da radiação emanada pelas estrelas, que é função da sua temperatura e composição química, é possível efectuar tal estudo. A análise feita pelos cientistas dessa radiação com "ferramentas analíticas" conhecidas actualmente, designa-se por espectroscopia. Desta análise é possível deduzir a composição das estrelas, em termos dos elementos que as constituem. O objectivo é o de interpretar os seus espectros de absorção de riscas, sendo que cada conjunto de riscas está associado a uma determinada gama de energia, correspondente a um elemento. Do mesmo modo que absorvem radiação de uma certa energia, as estrelas também emitem radiação cuja energia está contida no espectro electromagnético. Assim, os alunos podem analisar espectros de diferentes estrelas, com a finalidade de identificar o elemento mais abundante em cada uma delas e relacionar o elemento mais abundante com a cor das estrelas. Os alunos também devem ser confrontados com o facto de os estudos das estrelas se efectuarem em diferentes comprimentos de onda, permitindo cada um deles obter diferentes informações. Algumas das actividades sugeridas, neste capítulo, consistem numa ficha específica para o aluno e numa outra para o professor. Na

ficha para o professor são apresentadas algumas sugestões para a exploração da actividade com os alunos, mais alguns aspectos que não estando presentes na ficha dos alunos o professor pode guiá-los até eles, estão também presentes as respostas apresentadas na ficha dos alunos. O professor ao explorar a sua ficha deve ter presente também a ficha do aluno, pois existem informações que não foram repetidas na sua, daí que se apresente primeiro a ficha do aluno e só depois a ficha do professor.

9A.4 Actividades

Actividade: Tamanho das estrelas (alunos)

A nossa galáxia, a Via Láctea, está cheia de mais de cem milhões de estrelas. As estrelas podem ter diferentes tamanhos, cores e massas.

Iremos discutir sobre os diferentes tipos de estrelas que estão na fase principal da sua vida, designada por sequência principal e sobre os tamanhos dos diferentes tipos de estrelas. As estrelas são tão grandes, em comparação com qualquer objecto na Terra, que os seus tamanhos são difíceis de visualizar. Para ajudar a compreender os tamanhos das estrelas temos de recorrer a modelos com escalas. O factor de escala do modelo será de 1 para 10 mil milhões. Um centímetro no modelo da estrela, corresponde a 10 mil milhões de centímetros na estrela real. A nossa própria estrela, o Sol, é do tamanho de uma laranja nesta escala. O nosso planeta, a Terra, é minúsculo comparado com o Sol, e neste modelo é um pequenino bombom.

Porque brilham as estrelas?

Enquanto estão na sequência principal, o brilho das estrelas deve-se à conversão de hidrogénio em hélio nos seus núcleos. A energia libertada neste processo é que permite à estrela brilhar.

O nosso Sol está na sequência principal desde há 5 mil milhões de anos e continuará a converter hidrogénio em hélio durante os próximos 5 mil milhões de anos. Mas não sucede o mesmo para todas as estrelas. Algumas estrelas demoram mais tempo a converter o hidrogénio do seu núcleo em hélio, mas outras fazem-no em muito menos tempo. O processo de converter hidrogénio em hélio é conhecido como a fusão. Apesar de ser libertada uma grande quantidade de energia durante o processo, é necessário uma elevada temperatura e pressão para a fusão poder ocorrer. Quanto mais massiva for a estrela, mais quente será o seu interior e maior a pressão no seu núcleo. Os átomos de hidrogénio são convertidos muito mais rapidamente a átomos de hélio com temperaturas e pressões superiores. Por isso quanto mais massiva for a estrela, mais rapidamente converte o seu combustível hidrogénio em hélio.

A energia produzida pela fusão do hidrogénio em hélio é libertada sob a forma de calor. Em estrelas de grandes massas a fusão ocorre muito mais rapidamente do que em estrelas de pequena massa, e assim produzem muito mais energia e são

mais quentes do que as estrelas de pequena massa. Estrelas mais quentes são azuis e estrelas mais frias são vermelhas. O vermelho parece quente para nós, porque há muitas coisas na Terra que são avermelhadas e quentes, tal como o fogo e materiais quentes. No entanto, se repararmos bem, a zona mais quente de uma chama é azul.

Tipos de estrelas

Os astrónomos classificam as estrelas de acordo com a energia que emitem. As estrelas podem ser divididas em 7 categorias ou classes, baseadas na cor: O,B,A,F,G,K,M. As estrelas da classe O são as mais quentes e as da classe M as mais frias. Uma forma de lembrar as classes é usar uma mnemónica, por exemplo **Oh Be A Fine Girl Kiss Me**. Qualquer frase serve, desde que as palavras se iniciem pelas letras das classes.

Tamanho das Estrelas

Qual é o tamanho das estrelas da sequência principal? O diâmetro das estrelas de diferentes classes é dado na tabela de tamanhos, juntamente com o massa e cor das estrelas dessa classe. Em todos os casos, o diâmetro, massa e cor é dado para uma estrela média dessa classe. O nosso Sol é uma estrela da classe G e é cerca de 10% mais massiva do que uma estrela média da classe G. Vamos no entanto utilizar o Sol como representativo de estrelas da classe G.

Todos os diâmetros das estrelas são dados em cm para simplificar a construção de modelos de estrelas na escala de 1 para 10 mil milhões. Por exemplo, o diâmetro do Sol é 140 mil milhões de cm. Se dividirmos 140 mil milhões de cm por 10 mil milhões obtemos o tamanho do Sol no modelo, que é 14 cm. Uma laranja é um bom objecto para representar o Sol, porque tem um diâmetro certo e cor alaranjada.

- Usando o factor de escala calcular os tamanhos escalados das outras seis classes de estrelas.
- Que objectos podem representar as estrelas no modelo? (Procura objectos de tamanho e cor aproximados).

Tabela: Cores, Massas e tamanhos das estrelas

Classe	Cor	Massa *	Tamanho	Tamanho escalado
O	Azul, branca	$40 \times M_{\text{Sol}}$	1300 mil milhões cm	
B	Azul, branca	$6.5 \times M_{\text{Sol}}$	430 mil milhões cm	
A	Branca	$2.1 \times M_{\text{Sol}}$	300 mil milhões cm	
F	Amarelo pálido a branco	$1.3 \times M_{\text{Sol}}$	180 mil milhões cm	
G	Amarelo	M_{Sol}	140 mil milhões cm	14 cm
K	Laranja	$0.7 \times M_{\text{Sol}}$	100 mil milhões cm	
M	Vermelho	$0.2 \times M_{\text{Sol}}$	30 mil milhões cm	

- M_{Sol} é a massa do Sol. A massa do Sol é $1,989 \times 10^{30}$ Kg. Esta tabela é para estrelas da sequência principal.

Para reflectir

- Quanto maior ou menor é o Sol em relação a cada estrela?
- Que alterações ocorrem se compararmos volumes em vez de diâmetros?
- Quantas vezes é cada estrela maior do que a Terra? O diâmetro da Terra é 1,3 mil milhões de cm. Assim, neste modelo tem apenas 0,13 cm, ou 1,3mm de diâmetro.

As estrelas são muito maiores do que a Terra, mas estão muito distantes.

Actividade: Tamanho das estrelas (professores)

Nesta actividade os alunos irão criar modelos dos tamanhos de estrelas da sequência principal, usando a escala de 1 para 10 mil milhões

Objectivos

- Compreensão da escala dos objectos para lá do sistema solar, neste caso estrelas.
- Comparar o tamanho de estrelas com o Sol e a Terra.

Introdução

- Questionar os alunos sobre o que sabem, ou pensam que sabem, sobre as estrelas. Elas são como o Sol? Que cores podem ter as estrelas? (*azul, branco, amarelo, laranja, vermelho, são os mais comuns, mas algumas estrelas parecem violetas ou ligeiramente verdes*). O que faz as estrelas brilhar?

Após a introdução e antes dos alunos iniciarem a actividade, já será possível conhecer os conhecimentos e as concepções que os alunos já possuem. Se os alunos levarem a ficha para casa, procurar fazer esta breve introdução antes do fim da aula.

Porque brilham as estrelas?

Esta secção é importante para os alunos compreenderem o que significa ser uma estrela da sequência principal e porque é que as estrelas têm cores tão diferentes.

Uma concepção que os alunos costumam apresentar é que as estrelas são de fogo e ardem tal como uma fogueira na Terra. Se os alunos apresentam esta concepção, durante a introdução ela deve ser desmantelada. As duas maiores dificuldades são a fonte de combustível e o oxigénio para permitir o fogo. Um problema menos óbvio é que o fogo, uma reacção química, não produz tanta energia em comparação com a fusão.

Antes do século vinte, acreditava-se que o Sol e as estrelas brilhavam devido a um processo químico idêntico ao fogo. Se o Sol fosse uma fomalha de queima de combustível, apenas teria combustível para umas centenas de anos. Sabemos dos meteoritos que o sistema solar e o Sol têm aproximadamente 5 mil

milhões de anos. Além disso se o Sol fosse uma fogueira gigante requereria oxigénio, o que não sucede.

Discussão da fusão com os alunos

- Os alunos podem questionar donde surge o calor inicial no interior das estrelas para que a fusão se inicie. A resposta é a gravidade. À medida que a estrela em formação colapsa, o calor aumenta. Quando o núcleo é suficientemente denso e quente a fusão inicia-se. A energia libertada da fusão impede a estrela de continuar a colapsar. Os alunos também podem questionar de que são feitas as estrelas. A resposta é quase inteiramente de hidrogénio e hélio.

- As cores das estrelas são função da temperatura, com azul para estrelas quentes e vermelho para estrelas frias. A superfície das estrelas é muito quente, variando entre os 3 000 K e os 40 000 K. Os núcleos das estrelas podem estar a milhões de graus.

Tipos de estrelas

- À medida que o tempo decorre, os alunos criam as suas próprias frases para lembrarem as classes das estrelas.

Tamanho das estrelas

- Fornecer aos alunos uma cópia da tabela dos tamanhos.
- Resolver um exemplo, para explicar como é escalado o diâmetro do Sol, do diâmetro real para o diâmetro do Sol no modelo.

$$\frac{\text{tamanho real}}{\text{factor de escala}} = \text{tamanho escalado}$$

$$\frac{14 \text{ mil milhões de cm reais}}{10 \text{ mil milhões}} = 14 \text{ cm escalados}$$

- Cada aluno deve calcular o diâmetro das outras seis classes de estrelas.
- Sugerir que os alunos usem as suas próprias régua para escolherem objectos de dimensões apropriadas para o seu modelo.
- Após a selecção dos objectos, agrupá-los.

Actividade – Distâncias entre estrelas (alunos)

Objectivos

- Analisar as distâncias entre estrelas, numa escala de 1 para 10 mil milhões.

α -Centauri é a estrela mais próxima do Sol, é actualmente uma estrela tripla. Estrelas múltiplas são muito comuns, são cerca de 50 a 65% de todas as estrelas.

- Usando o factor de escala de 1 para 10 mil milhões, a que distância de α -Centauri A estão as outras duas estrelas?

Completa o resto da tabela.

Distâncias ao Sistema α -Centauri			
	Classe	Distância média a α -Centauri A	Distância à escala a α -Centauri A
α -Centauri A	G	0 Km	
α -Centauri B	K	3 mil milhões de Km	
α -Centauri C	M	1 600 mil milhões de Km	

- Como é que a escolha de α -Centauri A, como estrela a partir da qual se determinam as distâncias das outras duas, afecta a distância de α -Centauri C, conhecida como Próxima Centauro?

As distâncias entre o Sol e as estrelas mais próximas

- A distância entre o Sol e o sistema α -Centauri é 40 000 mil milhões de quilómetros. No modelo à escala, a que distância estará o Sol de α -Centauri?

- Onde se colocaria o Sol, num modelo à escala, se α -Centauri A se situasse na tua escola?

A distância de 40 biliões de quilómetros é inimaginavelmente grande, e é apenas a distância à estrela mais próxima do Sol. O uso destes valores torna-se muito incomodo, e por isso recorre-se à unidade ano-luz.

O ano-luz não deve ser entendido como uma medida de tempo, pois na realidade refere-se a uma medida de espaço. É definido como a distância que a luz viaja no período de 1 ano, e é cerca de 9,5 biliões de quilómetros.

As doze estrelas mais próximas o Sol			
Nome	Número de estrelas	Classe	Distância ao Sol (a.l.)
α -Centauri	3	G,K,M	4,3
Barnard	1	M	6,0
Wolf 359	1	M	7,5
BD+36°2147	1	M	8,2
L726-8	2	M,M	8,8
Siriús	2	A, Anã branca	9,5
Ross 154	1	M	9,5
Ross 248	1	M	10
L789-6	1	M	10
Eta Eridani	1	K	11
Ross 128	1	M	11
61 Cygni	2	K,K	11

Uma estrela a 11 a.l. do Sol está a mais de 100 biliões de quilómetros, ou a 10 000 Km de distância no nosso modelo.

Sírios, também conhecida como a estrela Cão, é a estrela mais brilhante no céu. É uma estrela quente e brilhante, da classe A, com uma pequena companheira. Contudo, a maioria das estrelas da tabela não são tão brilhantes no céu, porque são pequenas e da classe M. Os antigos astrónomos não lhes atribuíram nomes, assim foram-lhes dadas designações como BD+36°2147 pelos astrónomos modernos.

Viajando até às estrelas

- Quanto tempo levaria um vaivém espacial a atingir a estrela mais próxima?

Sabemos que levaria mais do que 4,3 a.l., porque nada viaja a uma velocidade tão rápida como a luz.

O vaivém Apollo demorou 3 dias a viajar 384 000 Km entre a Terra e a Lua. Se fosses um astronauta enviado no vaivém espacial a viajar à mesma velocidade para α -Centauri, quantos anos demorarias a chegar lá? Chegarias lá no teu tempo de vida? Lembra-te que α -Centauri está a 40 biliões de quilómetros (40 000 000 000 000) de distância do Sol. Quanto viajarias por ano?

Actividade – distâncias entre estrelas (professores)

Objectivos

- Analisar em modelos à escala a distância entre estrelas

No início da actividade deve ser relembrada a noção de factor de escala. O factor que vai ser utilizado é o de 1 para 10 mil milhões, o que significa que 1 cm no modelo corresponde a 10 mil milhões de cm na realidade. Similarmente, 1 Km no modelo corresponde a 10 mil milhões de Km na realidade.

Introdução à estrela mais próxima do Sol

A apresentação de α -Centauro, como a estrela mais próxima do Sol, permitirá explorar este sistema triplo de estrelas, composto por uma estrela da classe G, uma estrela da classe K e uma estrela da classe M. α -Centauro é visível no hemisfério Sul. A estrela da classe G, α -Centauri A., é parecida com o nosso Sol e todas três são estrelas da sequência principal. O tamanho escolhido para representar as três estrelas de classe G, K, M é o mesmo no modelo.

Todas as três estrelas do sistema orbitam o centro de massa do sistema, que se situa entre α -Centauri A e α -Centauri B. α -Centauri C, também conhecida como Próxima Centauri, orbita as outras duas estrelas. α -Centauri C também é actualmente a mais próxima ao nosso Sol.

- Quando os alunos efectuarem os cálculos, discutir os resultados. A distância entre α -Centauri A e α -Centauri B é quase a mesma que a distância entre o Sol e Urano e é quatro vezes a distância entre o Sol e Júpiter na mesma escala. Discutir as distâncias a nível dos modelos, a da Terra ao Sol é cerca de 15 m.

- Os alunos devem compreender que no sistema α -Centauri, duas estrelas estão muito mais próximas uma da outra do que a terceira e que é indiferente escolher uma das duas para os cálculos.

Distâncias ao Sistema α -Centauri			
	Classe	Distância média a	Distância à escala a
		α -Centauri A	α -Centauri A
α -Centauri A	G	0 Km	0 Km
α -Centauri B	K	3×10^9 Km	0,3 Km
α -Centauri C	M	$1\,600 \times 10^9$ Km	160 Km

Distância entre o Sol e as estrelas próximas

- Os alunos devem ficar surpreendidos com as distâncias entre α -Centauri A e α -Centauri B e α -Centauri C. No entanto irão descobrir que essas distâncias são pequenas quando comparadas com a distância entre α -Centauri e o Sol.

- No modelo o Sol e α -Centauri estão separados de 4 000 Km. Esta é a distância aproximada entre São Francisco e Nova York.

- Para imaginar onde se colocaria o Sol se α -Centauri se situasse na escola, é útil recorrer a um globo. Se cada grupo de alunos tiver um globo, os alunos poderão escolher diversas localizações para o Sol no modelo. Questionar os alunos sobre as suas localizações e confrontar as ideias dos diferentes grupos, para verificar se concordam ou não.

A actividade também pode ser feita para a turma toda com um globo, recorrendo a um aluno. Esse aluno irá medir 4 000 Km usando a escala da base do globo. Pode também ser usado um mapa mundo.

Introdução ao ano-luz

- A distância entre objectos astronómicos exteriores ao sistema solar são apresentadas normalmente em anos-luz.

- Uma analogia possível para ajudar os alunos a compreenderem o ano-luz, é medir a distância numa viagem de automóvel. Se o carro for numa auto-estrada, a uma velocidade constante de 180 Km/h, será uma viagem a alta velocidade. A velocidade da luz é constante e toma o valor 300 000 Km/s.

Viajando para as estrelas

- Outra forma de demonstrar a enorme distância entre as estrelas, é comparando o tempo de viagem numa nave entre planetas no sistema solar e o tempo requerido para uma viagem às estrelas.

Esta é também uma excelente oportunidade para os alunos investigarem numa área que consideram muito interessante. No entanto na escolha dos problemas terá de se ter em consideração o nível etário dos alunos.

- Questão: Que distância viajarias num ano?

Os alunos podem chegar à resposta com aproximações

$$\frac{384\,000\text{ Km}}{3\text{ dias}} = 128\,000\text{ Km/dia}$$

$$128\,000\text{ Km/dia} \times 365\text{ dias/ano} = 46\,720\,000\text{ Km/ano}$$

$$\frac{40\,000\,000\,000\,000\text{ Km}}{46\,720\,000\text{ km/ano}} \approx 850\,000\text{ anos}$$

Levaria cerca de 850 000 anos a atingir a estrela mais próxima do Sol, o que é definitivamente mais do que uma vida humana.

- Se fosse um robot

$$\frac{40\,000\,000\,000\,000\text{ Km}}{525\,000\,000\text{ km/ano}} \approx 76\,000\text{ anos}$$

Discussão

- Discutir as distâncias entre os planetas e o Sol em comparação com as distâncias entre as estrelas. Já se deve ter visto que no modelo a Terra situa-se a 15 metros do Sol. Comparado com o tamanho da Terra no modelo a distância é imensurável, mas não é nada comparado com as distâncias entre as estrelas. Isto é verdade para os planetas mais distantes do sistema solar. A distância média de Plutão ao Sol é cerca de 6 mil milhões de Km, ou cerca de 600 m no modelo de escala 1 para 10 mil milhões.

Nenhuma nave atingiu ainda Plutão, a causa deve-se ao tempo requerido para atingir esse mundo.

Ficha de actividade : Nascimento de estrelas (alunos)

- Questões para antes da experiência

1- Se tiveres 50 objectos vermelhos, 10 amarelos e 1 azul todos misturados numa caixa, qual é a probabilidade do objecto que tirares da caixa, sem veres, ser azul?

2- Qual é a probabilidade de ser vermelho?

3- Qual é a probabilidade de ser amarelo?

4- Se colocasses o primeiro objecto outra vez lá dentro, misturasses os objectos na caixa e tirasses outro objecto, a probabilidade de tirares um objecto de uma cor particular irá se alterar ou será a mesma?

5- Se tirares um objecto, escreve a cor, volta a colocá-lo na caixa antes de tirares outro objecto, e repeties isto 61 vezes, quantos objectos vermelhos, amarelos e azuis esperas tirar? O número será exacto ou aproximado? Porquê?

Agora será dada a possibilidade de usando os 61 objectos na caixa, verificares se as tuas previsões estão correctas. Antes de iniciares, numa folha de papel constrói uma tabela com três colunas: vermelho, amarelo, azul.

- Vai marcando o objecto que tiras na marca respectiva. Colocando em linhas com 10 marcas, facilmente se verifica os objectos retirados. Repete 61 vezes.

vermelhos	amarelos	azuis

Após realização da experiência responde a estas questões

- Total de linhas completas em cada coluna. Como é que os valores encontrados se podem comparar com o número de objectos de cada cor que se encontram na caixa? Encontre os números que esperavas?

- Que aconteceria se não colocasses o primeiro objecto outra vez lá dentro? A probabilidade de retirar um objecto de uma determinada cor iria ser alterada?

- Quais seriam os valores totais em cada coluna se não colocasses nenhum dos objectos novamente lá dentro após o retirares?

Actividade – Nascimento de Estrelas (professores)

Nesta actividade os alunos irão estudar o nascimento de estrelas em nuvens interestelares de gás e pó. Também farão um estudo do número relativo de estrelas de diferentes classes (massas) que nascem num berçário típico.



Imagem da região central da Nebulosa de Orion Telescópio Hubble: Nasa/Hst

Objectivos

- Ajudar os alunos a compreender como nascem as estrelas
- Estudar o número relativo de estrelas de diferentes classes que nascem nas nuvens interestelares

Material

- Imagem da Nebulosa Orion
- Tabela com o número relativo de estrelas nascidas por classes
- Tabela com as cores das estrelas, tamanhos e números relativos de nascimento
- 61 objectos coloridos, idênticos em forma, para classificar segundo o tamanho e textura, como contas de plástico (50 vermelhas, 10 amarelas, 1 azul)
- 1 recipiente opaco para segurar os objectos coloridos (deve ser maior que os 61 objectos e ter uma tampa ou algo que se ajuste firmemente na abertura e amolde à mão dos alunos).

- Papel

Conceitos chave

- As estrelas têm idades diferentes
- As estrelas nascem em nuvens interestelares de gás e pó que podem ser denominadas berçários de estrelas.
- Nascem muito mais estrelas de pequena massa e mais frias do que estrelas quentes e de grande massa

Iniciar a actividade revendo alguns conceitos das actividades anteriores

- ano-luz
- distância entre estrelas
- estrelas da sequência principal (estrelas da sequência principal são estrelas na fase principal das suas vidas, que obtêm a sua energia pela conversão de hidrogénio em hélio).

De seguida questionar os alunos sobre o que sabem acerca de onde surgem as estrelas.

Introdução a nuvens interestelares e berçários de estrelas

Qualquer pequeno pedaço de matéria no Universo possui gravidade, incluindo os átomos e grãos de pó entre as estrelas. Por vezes, pela ocorrência de uma supernova, ou por muitas outras causas, partes das nuvens interestelares são comprimidas e elas iniciam o colapso pela sua própria gravidade. Quando uma nuvem interestelar começa a colapsar assim se inicia o processo de formação de novas estrelas. O colapso provoca a fragmentação de partes da nuvem, ou seja formam-se pequenas zonas mais densas que dão origem a estrelas individuais ou a sistemas de estrelas. Estas porções da nuvem aquecem à medida que colapsam, com os seus interiores a sofrerem um grande aumento de temperatura. Eventualmente, se os fragmentos tiverem massa suficiente, o núcleo interno de gás e pó torna-se quente e denso o suficiente para começar a converter hidrogénio em hélio e assim nasce uma estrela. A nuvem em redor da estrela jovem e quente torna-se tipo uma Nebulosa. Nebulosas são apenas

nuvens de gás interestelar. Nebulosas que tem muitas estrelas jovens também são denominadas de berçários de estrelas.

- *Apresentar a imagem da Nebulosa de Orion*

Introdução à imagem: A imagem foi tirada pelo telescópio Hubble, e mostra uma pequena parte da nebulosa de Orion. A nebulosa de Orion é um berçário de estrelas na constelação Orion que se situa a 1 500 a.l. de distância. A parte apresentada tem cerca de 2,5 a.l. de diâmetro.

Questionar os alunos sobre o que é que vêem após olharem com atenção para a imagem.

- **Cores.** A nebulosa é brilhante. As cores principais são verde e vermelho.

As cores de uma nebulosa dizem aos astrónomos qual a composição de gases da nebulosa. O verde é do gás hidrogénio. O hidrogénio é o gás mais abundante na nebulosa, e é o elemento mais abundante no Universo. O vermelho é do nitrogénio. O nitrogénio é muito menos abundante na nebulosa que o hidrogénio, mas é o principal componente da atmosfera terrestre. O pouco azul da imagem deve-se ao oxigénio.

- **Estrelas.** As quatro estrelas brilhantes próximas do centro chamam-se Trapézio.

Estas estrelas não são vermelhas, como aparentam na imagem, são azuis quase brancas, da classe O e B. A grande quantidade de gás e pó entre nós e as estrelas do Trapézio fazem-nas parecer vermelhas, tal como os gases da atmosfera fazem o Sol no pôr-do-Sol parecer vermelho.

- **Estrelas com caudas?** Numa imagem de qualidade vêem-se estrelas com sombras, tipo caudas.

As "caudas" são discos densos de gás e pó da nuvem, mais ou menos do tamanho do sistema solar que tem rotação em torno das estrelas individuais que nascem. Os astrónomos acreditam que estes objectos podem ter a forma original do sistema solar, no início da sua formação.

Contando estrelas

- Cada aluno, ou pequeno grupo, deve contar quantas estrelas eles conseguem identificar na figura. Após alguns minutos, os alunos devem estimar quantas estrelas conseguem ver.
- Questionar agora os alunos se eles acham que conseguem ver todas as estrelas da nebulosa na região da imagem. Se a resposta for negativa; o que dificulta essa visão? (algumas respostas: o gás obscurece as estrelas, o brilho do gás dificulta a visão das estrelas; a distância a que se encontra a nebulosa).
- Questionar os alunos se esperam que as estrelas de alguma classe particular sejam mais fáceis de ver. Se sim, porquê? (Estrelas de elevada massa serão mais fáceis de ver, porque são muito mais brilhantes. Estrelas frias da classe M são difíceis de ver mesmo na vizinhança do sistema solar).
- Até agora os astrónomos contaram cerca de 700 estrelas nesta porção da nebulosa. Comparar este número com o dos alunos.

Que estrelas nasceram?

- Questionar os alunos se esperam que nasça um mesmo número de estrelas de elevada massa e de pequena massa. Os astrónomos ao estudarem os berçários de estrelas encontraram um número muito maior de estrelas vermelhas de pequena massa do que estrelas azuis de elevada massa. Quando uma estrela nasce é muito maior a probabilidade de se tornar uma estrela de pequena massa do que uma estrela de grande massa, ou mesmo que uma estrela amarela de massa média
- Explicar aos alunos que eles vão realizar uma experiência para simular o nascimento de estrelas de diferentes massas (e diferentes cores) num berçário de estrelas.
- Dividir a turma em pequenos grupos de 2-3 alunos. Cada grupo deve ter uma caixa com os 61 objectos coloridos lá dentro. Cada aluno deve ter também uma ficha de trabalho. Os alunos devem inicialmente responder às questões anteriores à experiência, individualmente, ou em grupo. A experiência dura cerca de 10 minutos, mais alguns minutos para completar o questionário e construir a tabela

- *Questões para antes da experiência (respostas)*

1- 1/61

2- 50/61

3- 10/61

4- será a mesma

5- O número será aproximadamente 50 vermelhos, 10 amarelos e 1 azul. A probabilidade de tirar um objecto de uma cor específica não varia com cada objecto tirado. Contudo, apenas ao repetir este passo muitas vezes é que podemos esperar uma distribuição média de 50 vermelhos, 10 amarelos, 1 azul.

Discussão

Após a realização da actividade os diferentes grupos podem discutir os resultados encontrados. Comparar os valores encontrados entre os diferentes grupos. Os valores médios encontrados aproximam-se dos esperados?

De seguida discutir os números observados e previstos de nascimento de estrelas em berçários. Os astrónomos relacionam o número de estrelas que nascem em relação à função inicial de massa, que dá a probabilidade de uma estrela nascer com um valor particular de massa. Mesmo para os berçários mais próximos o número continua a ser uma estimativa. Os berçários têm diferentes números de estrelas com diferentes massas. Os astrónomos estimam que estrelas de grande massas, da classe O, são raras. Alguns exemplos estão na tabela de Números relativos de nascimento de estrelas de diferentes massas.

Número relativo de estrelas que nascem por classe

Classe	Cor	Massa / Massa do Sol	Número relativo que nascem
O	Azul (quase branco)	40	1
B	Azul (quase branco)	6.5	40
A	branco	2.1	200
F	Amarelo pálido a branco	1.3	500
G	Amarelo	1	900
K	Laranja	0.7	7000
M	Vermelho	0.2	200,000

Os números na tabela são comparativos ao número de estrelas da classe O. Algumas estimativas são altas, outras mais baixas, mas todas têm muito mais estrelas de pequena massa do que de grande massa. Esta tabela é para estrelas da sequência principal.

Actividade: Comparando o tempo de vida de estrelas da sequência principal (alunos)

As estrelas mantêm-se na sequência principal enquanto ocorrer a queima de hidrogénio nos seus núcleos. Quando termina o hidrogénio no seu núcleo a estrela começa a morrer. Consideramos o tempo de vida de uma estrela o tempo que ela passa na sequência principal.

Quanto tempo uma estrela pode estar a converter hidrogénio em hélio depende da quantidade de hidrogénio que a estrela tem disponível e da rapidez com que queima esse hidrogénio. As estrelas são constituídas na maior parte por hidrogénio, mas apenas 1% do hidrogénio da estrela pode ser convertido em hélio. Esse 1% é o que está no núcleo, onde a temperatura e pressão são suficientemente altas para que a fusão ocorra. Uma estrela de cerca 40 massas solares tem cerca de 40 vezes mais hidrogénio disponível para converter em hélio. Devido a isto, à primeira vista uma estrela de grande massa deveria ter um tempo de vida superior ao de uma estrela de pequena massa.

Contudo, quanto mais massa tiver a estrela, mais quente será o interior da estrela e maior a pressão no seu núcleo. Os átomos de hidrogénio são convertidos muito mais rapidamente em hélio. Isto faz com que as estrelas de grande massa, apesar de terem mais combustível, esgotam o seu combustível muito mais rapidamente do que o que as estrelas de pequena massa. Assim, estrelas de pequena massa têm um tempo de vida superior ao de estrelas de muita massa.

Como se comparam os tempos de vida de estrelas de diferentes massas? Observando a tabela dos tempos de vida, podemos comparar o tempo de vida das diferentes estrelas com o tempo de vida do Sol (estrela da classe G).

Os astrónomos estão à procura de estrelas próximo de outras estrelas. Como é que as diferentes massas de diferentes estrelas pode afectar a existência de um planeta com vida próximo?

- Compara os tempos de vida de diferentes estrelas com a história da vida na Terra.
- Que classes de estrelas têm um tempo de vida menor do que o da Terra até agora?

Classe	Cor	Massa *	Tempo de vida na Sequência Principal	Quantas vezes o tempo de vida do Sol
O	Azul, branca	40 x M _{Sol}	3 milhões de anos	
B	Azul, branca	6.5 x M _{Sol}	80 milhões de anos	
A	Branca	2.1 x M _{Sol}	1.5 mil milhões de anos	
F	Amarelo pálido a branco	1.3 x M _{Sol}	5 mil milhões de anos	
G	Amarelo	M _{Sol}	10 mil milhões de anos	1
K	Laranja	0.7 x M _{Sol}	35 mil milhões de anos	
M	Vermelho	0.2 X M _{Sol}	250 mil milhões de anos	

- M_{Sol} é a massa do Sol. A massa do Sol é $1,989 \times 10^{30}$ Kg. Esta tabela é para estrelas da sequência principal.

Alguns dos maiores eventos da história da Terra

Evento	Comentário	Tempo (anos)
Formação da Terra	Impactos frequentes de asteróides e cometas continuariam durante mais 500 milhões de anos	4.5 mil milhões
Rochas mais antigas conhecidas	As rochas antigas foram destruídas por cometas, asteróides ou pelas placas tectónicas	4.0 mil milhões
Evidência de vida mais antiga	Fósseis químicos	3.8 mil milhões
Fósseis mais antigos unicelulares	Fósseis parecidos com as bactérias actuais	3.4 mil milhões
Células mais antigas conhecidas	Denominadas eucariontes, são células mais complexas que as bactérias	1.5 mil milhões
Primeiros fósseis conhecidos de animais e plantas	Antes destes apenas seres unicelulares eram abundantes	600 milhões
Primeiros peixes	Primeiros animais com gueiras?	500 milhões
Primeiras plantas terrestres	As plantas com flores e sementes demorariam ainda mais 270 milhões de anos a desenvolverem-se	400 milhões
Primeiros anfíbios	Os anfíbios e os insectos começaram a conquistar a Terra	350 milhões
Primeiros répteis	Ao contrário dos anfíbios podiam-se afastar da água e colonizar a terra.	300 milhões
Primeiros dinossauros	Eoraptor tinha apenas 1 metro de comprimento	228 milhões
Primeiros mamíferos	Pequenos ratos	220 milhões
Primeiros pássaros	Designado Archaeopteryx	150 milhões
Extinção dos dinossauros	Muitos cientistas acreditam por um impacto de asteróide	65 milhões
Primeiros humanos	Homo Habilis (trabalhou a pedra)	2 milhões
Humanos modernos	Homem tal é hoje	130 000
Civilização	Construir habitações permanentes	10 000

Todas as datas são aproximadas e algumas resultantes de evidências fósseis.

Actividade : Tempo de vida das estrelas (professores)

Neste exercício os alunos irão fazer um modelo de tempo escalado e comparar a duração da vida de estrelas de diferentes massas e a linha de tempo geológico da Terra. Os alunos farão previsões sobre que classes de estrelas terão planetas com formas de vida interessantes assumindo como típica a história de vida da Terra.

Objectivos

- Ajudar os alunos a compreender a variação nas idades das estrelas, como a duração de vida de uma estrela depende da sua massa.

Conceitos chave

- O tempo durante o qual uma estrela brilha depende da sua massa.
- Estrelas de pequena massa têm menos hidrogénio para converter a hélio do que estrelas de grande massa, mas vivem mais.
- O nosso Sol está a meio da sua vida na sequência principal.
- As bactérias e outros microorganismos ainda só foram encontrados na Terra.
- A vida das estrelas é relevante para a procura de planetas exteriores ao sistema solar.

Introdução

Iniciar por uma pequena discussão de algumas ideias dos alunos sobre a duração da vida de uma estrela:

- Quanto tempo brilham as estrelas?
- Quanto tempo permanecem as estrelas na sequência principal?
- Que idade tem o Sol?
- Quanto mais tempo vai estar o Sol na sequência principal?
- Quem tem um tempo de vida maior: estrelas de pequena massa, ou estrelas de grande massa?

Após a introdução deve ser distribuída a cada aluno uma folha de trabalho e uma tabela com os tempos de vida das estrelas e os factos relevantes na história da Terra. Deve ser levada a cabo uma breve discussão com os alunos onde sejam focados os factos mais relevantes sobre o tempo de vida de uma estrela.

Ficha de actividades – Morte das estrelas (alunos)

A maioria das estrelas na vizinhança do sistema solar brilha pela conversão de hidrogénio em hélio e encontram-se pois na sequência principal. Porém, muitas das estrelas mais luminosas que vemos da Terra já deixaram a sequência principal, o que significa que os seus núcleos já não convertem hidrogénio em hélio.

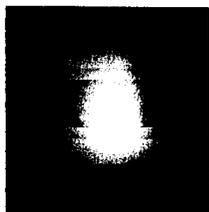
Enquanto estão na sequência principal, o brilho das estrelas deve-se à conversão de hidrogénio em hélio nos seus núcleos.

Quando termina o hidrogénio no núcleo, a estrela começa a contrair devido à sua própria gravidade. Devido à contracção, a temperatura do núcleo aumenta e a pressão também. Devido ao aumento de pressão e temperatura, podem ocorrer novas reacções, com mais energia inicial. Uma vez que se iniciam estas reacções, elas impedem que o núcleo da estrela continue a contrair. A primeira reacção é a que converte hélio em carbono.

3 átomos de hélio + calor e pressão = 1 átomo de carbono + energia

Quando a estrela começa a queimar hélio, o núcleo é menor do que quando estava na sequência principal, mas as camadas exteriores expandem-se. Isto sucede, porque a reacção que converte hélio em carbono produz muito mais energia do que a que converte hidrogénio em hélio. A energia faz a estrela brilhar muito mais do que antes. A estrela produz energia que faz com que a gravidade não seja suficiente para “prender” as camadas exteriores, e a estrela aumenta assim de tamanho.

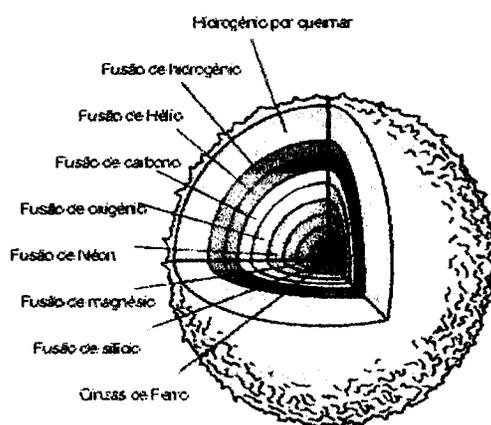
Estrelas de pequena massa tornam-se gigantes e estrelas de grande massa super - gigantes.



Betelgeuse, é uma super gigante vermelha na constelação Orion e é a primeira estrela diferente do Sol a ser fotografada directamente.

Discussão de grupo

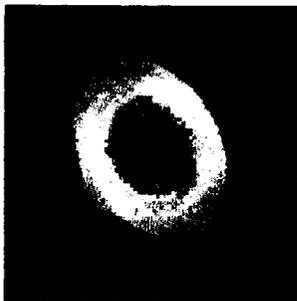
- Quanto mais exteriores estão as camadas das estrelas, menor é a sua temperatura. Embora uma estrela que já não queime hidrogénio em hélio possa ser mais luminosa do que uma estrela da mesma massa que ainda está na sequência principal, a sua temperatura pode ser muito menor e a sua cor mais vermelha. A classe de uma estrela depende da temperatura da sua superfície.
- A conversão do hélio a carbono no núcleo da estrela é muito mais rápida do que a do hidrogénio a hélio. O hélio começa a ficar numa camada exterior, e, nessa altura, o núcleo começa a contrair novamente. Se a estrela tiver bastante massa, começa a converter carbono em oxigénio. Para estrelas de massas muito altas, com cerca de 8 vezes a massa do Sol (estrelas da classe B ou O na sequência principal), este ciclo repete-se até ao silício ser transformado em ferro. Reacções que envolvam o ferro não produzem energia, e por isso o núcleo volta a contrair. Quando a estrela gastou toda a sua energia, tem um pequeno núcleo de ferro.
- Em cada período que o núcleo se contrai, a camada exterior não participa na nova reacção. Os novos elementos criaram uma estrutura de casca de cebola na estrela, com os elementos leves no exterior e os elementos mais pesados nas camadas mais internas.



Todos os elementos que compõe os planetas e até mesmo as pessoas (com excepção do hidrogénio, hélio e algum lítio) foram criados nas estrelas. Sem as reacções de fusão, que produzem energia nas estrelas, não existiria vida na Terra.

O fim do Sol como estrela

Quando uma estrela como o Sol não pode sustentar a fusão, o seu núcleo volta a contrair. As camadas exteriores são perdidas e fica apenas um núcleo de gás por "queimar". O núcleo é agora uma anã branca- quente mas pouco luminosa, uma vez que não produz nova energia. Como uma brasa de carvão retirado do fogo, esfria lentamente e ficará cada vez menos luminosa e vermelha. As camadas exteriores arrefecerão e enfraquecerão, mas antes de serem perdidas brilharão como nebulosa planetária.



Nebulosa de Anel – Telescópio Espacial Hubble

As camadas exteriores que rodeiam o núcleo de uma gigante vermelha estão a expandir-se.

O fim de uma estrela de grande massa

Estrelas com massa de cerca de 8 vezes a massa solar, têm um fim mais dramático do que as estrelas de pequena massa como o Sol. Quando o combustível destas estrelas termina, o núcleo colapsa muito rapidamente e as camadas exteriores perdem-se numa grande explosão conhecida como supernova. As explosões de supernovas libertam grandes quantidades de energia. Em 1054 A.D., os astrónomos chineses registaram uma explosão de supernova que foi vista como uma estrela tão luminosa que foi visível durante o dia durante mais de três semanas.

O núcleo de uma estrela de grande massa tem um destino mais interessante do que o de uma de pequena massa. O destino final só depende da massa final do núcleo. Se o núcleo tiver uma massa maior do que 1,4 massas solares, a própria gravidade do núcleo será suficiente para puxar tudo no espaço vazio em seu redor. Se a massa for menor que 3 massas solares, permanece um objecto pequeno, muito denso conhecido como estrela de neutrões. Quando o núcleo é superior a $3 M_{\odot}$, continua a contrair e transforma-se num buraco negro.

Exercícios

1. Completa o esquema, tendo em consideração o diâmetro do Sol, e um factor de escala de 1 para 10 mil milhões para criares um modelo.

Gigantes vermelhas e super gigantes

	Massa	Diâmetro/diâmetro do Sol	Tamanho real ($\times 10^9$ metros)	Tamanho à escala de 1 para 10 mil milhões
Gigante vermelha (futuro do Sol)	$1 M_{\odot}$	~100		
Super gigante vermelha (Betelgeuse)	~ $8 M_{\odot}$	~1000		

O diâmetro do Sol é $1,392 \times 10^9$ metros

2. Compara os tamanhos à escala para uma gigante vermelha, uma super gigante vermelha e para as distância dos planetas do sistema solar.

(Sugestão: divide o diâmetro por dois para calcular o raio, o que torna a comparação mais fácil)

a) Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha, qual o planeta cuja órbita alcançará?

b) Se substituíssemos o Sol pela super gigante Betelgeuse, que órbita seria atingida?

3. Usando o factor de escala 1 para 10 mil milhões, completa a tabela, referida a anãs brancas, estrelas de neutrões e buracos negros¹⁹

	Massa	Diâmetro	Tamanho à escala (mm)
Anã branca	$0,7 M_{\odot}$	~10 000 Km	
Estrela de neutrões	$1,4 M_{\odot}$	~30 Km	
Buraco negro	$\geq 3M_{\odot}$	~18 Km	

¹⁹ O "diâmetro" de um buraco negro não é um facto real em tamanho, mas representa à região ao redor do buraco negro que tem tal gravidade que nem sequer a luz pode escapar

4 - Compara o tamanho de uma anã branca típica, com o tamanho dos planetas do sistema solar.

- a) Quais são os planetas com tamanho próximo de uma anã branca?
- b) Que objecto poderia ser usado para representar uma anã branca num modelo, com um factor de escala de 1 para 10 mil milhões?

5 - Compara o tamanho de uma estrela de neutrões e de um buraco negro com o tamanho dos planetas.

Discussão

Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha, a sua massa não aumentará (de facto, perderá massa). O Sol em gigante vermelha é muito menos denso do que na sequência principal.

- Se um planeta que órbita uma estrela massiva conseguisse sobreviver à fase de supernova da estrela, na sua órbita sem ser afectado pela poderosa explosão da estrela, o planeta seria puxado pela gravidade do buraco negro formado após a supernova?

Actividade : Morte das estrelas (professores)

Objectivos

- Compreender o tamanho das estrelas no final da vida
- Comparar o tamanho das estrelas no final da vida com o tamanho do Sol e da Terra
- Compreender qual será o destino final do Sol e como esse destino depende da massa do Sol.

Conceitos chave

- As estrelas a caminho do final das suas vidas podem ser muito maiores do que as estrelas da sequência principal.
- Os objectos finais (anã branca, estrela de neutrões, buraco negro) podem ter as dimensões da Terra ou serem ainda menores.
- O nosso Sol não chegará a supernova.

Procedimento

Iniciar a actividade questionando os alunos sobre o que sucede às estrelas quando o hidrogénio no seu núcleo termina e elas deixam a sequência principal.

- Qual será o destino final de uma estrela como o Sol?
- As estrelas da sequência principal, são maiores, ou menores, do que as outras estrelas?
- O que faz as estrelas brilharem?

Antes de fornecer a ficha de trabalho aos alunos, estas questões permitirão identificar algumas das concepções dos alunos e quais os seus conhecimentos.

Esta actividade sendo realizada após a construção de modelos do sistema solar, permitirá aos alunos fazer comparações entre os tamanhos dos objectos do sistema solar e as estrelas da sequência principal.

Os alunos devem iniciar a actividade pela leitura da parte informativa da sua ficha.

Discussão da fusão

Na actividade sobre o tamanho das estrelas já foi abordado o conceito de fusão, no entanto neste momento alguns alunos poderão querer saber como é que uma estrela pode começar a usar elementos mais pesados para combustível, quando já não o fizeram antes. A resposta é a gravidade. Quando termina a fusão de hidrogénio, a estrela recomeça a colapsar. Como o colapso inicial, a temperatura interna aumenta. Quando o núcleo é suficientemente denso e quente, inicia-se a fusão de elementos mais pesados que o hidrogénio.

- Quando for analisada a imagem de Betelgeuse, deve ser lembrado aos alunos que, tal como na sequência principal, as cores de uma estrela são função da temperatura, sendo azuis as estrelas mais quentes e vermelhas as estrelas mais frias. Porém as cores das estrelas na fase final da sua vida não são estritamente função da massa da estrela. Com a evolução as estrelas podem encolher e podem se expandir e podem mudar as suas cores.

- Quando for referido que sem as reacções de fusão, que produzem energia nas estrelas, não existiria vida na Terra, os alunos podem questionar como é que surgiram os elementos mais pesados do que o ferro. Estes originaram-se num processo de captura de neutrões. A compreensão deste processo requer uma discussão de partículas subatómicas. Sinteticamente: um outro produto das reacções nucleares nas estrelas são os neutrinos, partículas de alta energia. Às vezes um átomo captura um neutrino e altera-se a natureza do átomo. Um neutrino pode-se decompor num protão, um electrão e um antineutrino, e podem assim ser produzidos elementos novos. Elementos que se produziram deste modo (cobre, prata, ouro) são muito mais raros que o carbono, oxigénio, silício e ferro.

- Após a análise da parte informativa dos alunos, devem ser resolvidos os exercícios.

Correcção dos exercícios

1. Gigantes vermelhas e super gigantes

	Massa	Diâmetro/diâmetro do Sol	Tamanho real (metros)	Tamanho à escala de 1 para 10 mil milhões
Gigante vermelha (futuro do Sol)	$1 M_{\odot}$	~100	$\sim 139 \times 10^9 \text{ m}$	~13.9 m
Super gigante vermelha (Betelgeuse)	$\sim 8 M_{\odot}$	~1000	$\sim 1392 \times 10^9 \text{ m}$	~139 m

O diâmetro do Sol é 1.392×10^9 metros

2.a) Mercúrio

b) Júpiter

3.

	Massa	Diâmetro	Tamanho à escala (mm)
Anã branca	$0,7 M_{\odot}$	~10 000 Km	~1mm
Estrela de neutrões	$1,4 M_{\odot}$	~30 Km	~0.003 mm
Buraco negro	$\geq 3M_{\odot}$	~18 Km	~0.0018 mm

4. Terra e Vénus

Actividade - Nascimento e morte de uma estrela

Objectivo

- Descrever os estágios de vida de uma estrela.

Introdução

As estrelas têm um período de vida extremamente longo. A formação de uma estrela pode demorar dois milhões de anos e a estrela pode viver durante centenas de milhões de anos. Nesta actividade o grupo pode imaginar o que sucede durante a vida de uma estrela.

Para tornar esta actividade mais interessante é necessário música ambiente. De seguida sugere-se a apresentação da vida de uma estrela como se de uma história se tratasse. Sugere-se o acompanhamento da apresentação das fases de vida de uma estrela com diaporamas.

Actividade: Investigar os tipos de estrelas²⁰

Com o objectivo de conhecer quais os tipos de estrelas nas quais se deve procurar primeiro a existência de planetas com vida, podem ser feitas algumas actividades simples para o estudo das diferenças entre as estrelas.

Que pensas?

1. Da Terra as estrelas aparentam diferentes cores: azuis, brancas, amarelas, laranjas e vermelhas. Qual é a causa das estrelas terem diferentes cores?
2. Em que outros factores diferem as estrelas?
3. A Terra orbita uma estrela amarela. O que seria diferente na Terra e no Sistema Solar se a nossa estrela fosse vermelha?

Investiga os tipos de estrelas

1. Constrói uma pequena montagem que conste de:
 - um suporte de lâmpadas com uma lâmpada de 200 W, que esteja ligado a um circuito com fonte de energia e interruptor que permita regular a intensidade de luz;
 - com uma régua de cerca de 30 cm coloca um radiómetro de Crooks à distância de 30 cm do suporte da lâmpada;
 - utiliza tecido preto, ou uma caixa para cobrir o radiómetro a fim de o parares.
2. Com o circuito montado, partindo do interruptor no máximo, ligar a lâmpada. Marcar esse ponto no interruptor como a marca de uma estrela da classe A. Continuando a observar a lâmpada, diminuir lentamente a intensidade no interruptor até o filamento da lâmpada ficar alaranjado/vermelho. Testar o radiómetro e observar com esta intensidade qual o seu movimento. Nesta altura o interruptor deve estar quase no mínimo. Se o radiómetro não funcionar deve

²⁰ Adaptado de "The Seti Academy Planet Project – Evolution of a Planetary System"

dar-se um pouco mais de intensidade até este iniciar o seu movimento. Nesta altura deve ser marcada a posição no interruptor de uma estrela da classe M. Para calibrar para uma estrela da classe G, o interruptor deve voltar ao máximo e depois reduzir lentamente a intensidade até o filamento ficar amarelo. Nessa altura marcar a posição no interruptor de uma estrela classe G.

3. Agora, com o radiómetro parado e após a calibração, coloca o interruptor na marca da estrela da classe A. Espera 30 segundos. Observando de cima, marca uma posição com o dedo. Um aluno com um cronómetro conta o tempo e estabelece o início e final da contagem, enquanto que o outro conta, da posição escolhida, quantas vezes as folhas do radiómetro rodam nesse período de tempo. Toma nota do valor.

Classe da estrela	Rotações em 10 segundos	Cor
A		
G		
M		

4. Pára o radiómetro. Coloca o interruptor na posição da estrela da classe G e espera 30 segundos. Tal como anteriormente conta as rotações num período de 10 segundos.

5. Repete para a estrela da classe M. Não te esqueças de inicialmente parar o radiómetro e depois esperares 30 segundos para atingir uma velocidade máxima. Toma nota dos dados.

6. Reúne numa tabela os dados de todos os grupos. Quando só existir um radiómetro repetir as medições para as diferentes classes de estrelas.

Que pensas agora?

Após realizares a tua investigação, responde:

1. Da Terra as estrelas aparentam diferentes cores: azuis, brancas, amarelas, laranjas e vermelhas. Qual é a causa das estrelas terem diferentes cores?
2. Em que outros factores diferem as estrelas?
3. A Terra orbita uma estrela amarela. O que seria diferente na Terra e no Sistema Solar se a nossa estrela fosse branca?

Tipo	Cor	Temperatura (°C)	Tempo de vida
O	Azul	35 000	10 milhões de anos
B	Azul- branco	21 000	40 milhões de anos
A	Branco	10 000	100 milhões de anos
F	Amarelo – branco	7 500	5 mil milhões anos
G	Amarelo	6 000	10 mil milhões anos
K	Laranja	4 700	50 mil milhões anos
M	vermelho	3 300	100 mil milhões anos

Actividade: Vendo o invisível**Objectivos**

- Compreender como actuam os filtros no estudo das estrelas

Material

- prato
- M&M's (vermelhos, verdes e castanhos)
- Filtro (vermelho_verde) para cobrir o prato

Procedimento

1- O Sol e as outras estrelas são constituídas por gases muito quentes.

Coloca os M&M's no prato.

Pretende-se que:

- os vermelhos representem gases do Sol com temperaturas de 80 000 K.
- O verdes representem gases do Sol com temperaturas de 1,5 milhões de K
- Os castanhos representem gases do Sol com temperaturas de 2 milhões de K.

2- Os astrónomos usam filtros especiais para observarem gás a temperaturas específicas.

Coloca o filtro vermelho_verde por cima do prato.

Inclina então o prato de modo a que os M&M's deslizem para o lado do filtro vermelho e verás os fenómenos do Sol com temperatura ~80 000K. Os M&M's vermelhos são visíveis, enquanto os verdes e castanhos aparecem pretos.

3-Supõe que pretendes observar o Sol a temperaturas superiores. Inclina o prato e desliza os M&M's para o lado do filtro verde, filtro utilizado para as temperaturas ~1,5 milhões de Kelvin. Os M&M's verdes são visíveis, enquanto os vermelhos e castanhos aparecem pretos.

Agora assumindo alguns conhecimentos de como os filtro actuam, observas imagens do Sol tiradas a bordo do SOHO, pelo telescópio do Ultravioleta extremo, que observa o Sol 24 horas por dia em diferentes comprimentos de onda.

**Actividade: Observando o Sol em diferentes comprimentos de onda.
O que vês?**

Material

- Imagens do Sol em diferentes comprimentos de onda (podem ser encontradas em <http://sohowww.nasa.gov/sumamary/>)

Importante

É importante os alunos compreenderem que o Sol não muda de cores laranja para azul, verde ou dourado mas que em cada comprimento de onda foi atribuída uma cor falsa pelos astrónomos de tal modo que se possa identificar de imediato qual o comprimento de onda que foi usado para observar o Sol.

- Os alunos podem escrever um artigo para os mais cépticos, procurando convence-los de que o Sol emite radiação invisível de outras regiões do espectro electromagnético
- Através da utilização de imagens do Sol em diferentes comprimentos de onda, aproximadamente da mesma data, os alunos podem detectar as diferenças observadas e discutir a escolha de determinados comprimentos de onda pelos cientistas.

Anexos

ANEXO A - Questionário sobre as concepções alternativas dos alunos

Questionário

Introdução

Este questionário **não pretende classificar os teus conhecimentos** mas apenas recolher a tua opinião acerca de determinados assuntos relacionados com o Universo, uma área sobre a qual já se debruçaram diversos autores.

"Para os viajantes, as estrelas são guias. Para outros, não passam de luzinhas. Para outros, os cientistas, são problemas..."
[in " *O Príncipezinho* " de Antoine de Saint-Exupéry]

Estás à vontade para dares **exactamente** a ideia que tens acerca de cada um dos assuntos, é essa interessa .

Todas as ideias são boas e importantes.

Lê atentamente cada questão bem como as várias opções possíveis.

Das opções escolhe aquela que mais se aproxima daquilo que pensas e assinala-a na tua folha de respostas cruz (X).

Caso não estejas de acordo com nenhuma das opiniões sugeridas e tenhas uma ideia diferente assinala a opção " **Outra opinião. Qual?**" e escreve, à frente, a tua ideia.

(1) A Terra é :

- (a) apenas um dos planetas do sistema solar
- (b) o centro do Universo
- (c) não é o centro do Universo, mas é o centro do sistema solar
- (d) Outra opinião. Qual?

(2) O tamanho da Terra é:

- (a) igual ao da Lua e menor que o do Sol
- (b) maior que o da Lua e menor que o do Sol
- (c) maior que o da Lua e maior que o do Sol
- (d) Outra opinião. Qual?

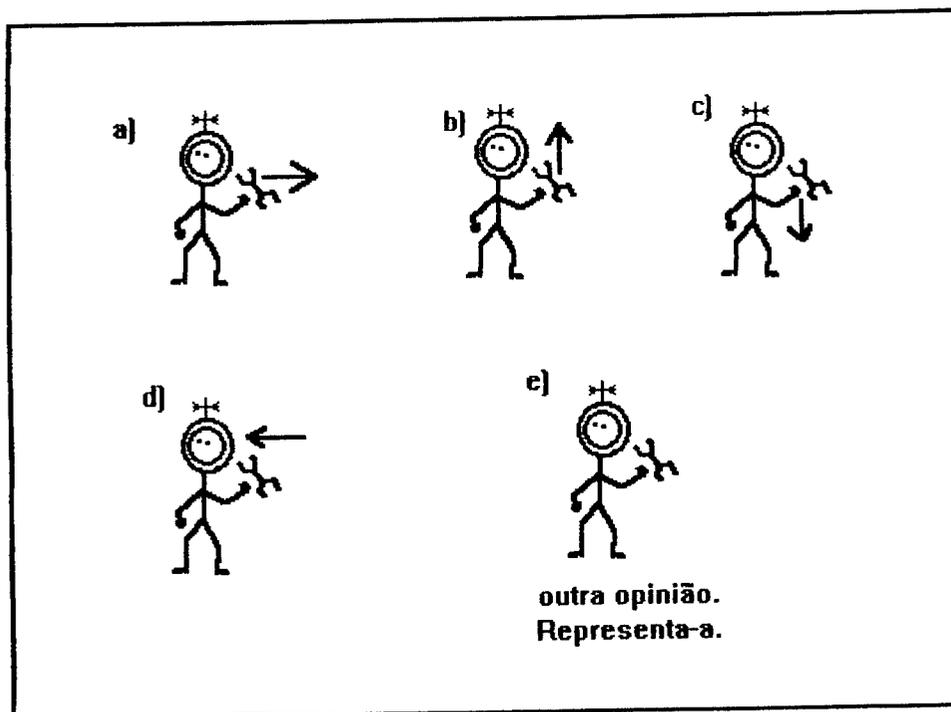
(3) Se atirares uma bola ao ar, mesmo que lhe dêes um chute bem forte, ela volta a cair. No entanto a Lua não cai na Terra. Isso Justifica-se porque:

- (a) está muito longe da Terra e a gravidade não chega até lá
- (b) a Lua não está sob a influência da Terra
- (c) há outros corpos no espaço a puxar a Lua e a impedi-la de cair
- (d) a Lua anda muito rapidamente à volta da Terra. Assim não a vemos cair apesar de estar sob a influência da Terra da mesma maneira que a bola
- (e) Outra opinião. Qual?

(4) Na figura está representado um astronauta (na lua) que acaba de largar uma chave de fendas.

Escolhe a opção que melhor representa o que vai acontecer à chave de fendas.

(A seta indica o sentido do movimento da chave de fendas)



(5) Dizem, se calhar por brincadeira, que um dos astronautas da nave Apolo tentou jogar futebol na lua. Achas isso possível?

- (a) É provável, como não há gravidade talvez até seja mais fácil jogar
- (b) É provável, a gravidade na lua é maior e é mais fácil prever o movimento da bola
- (c) Não. Não há atmosfera na lua e como a gravidade é menor, a bola desapareceria no espaço.
- (d) É provável, na Lua a gravidade é menor que na Terra, os movimentos da bola seriam mais fáceis.
- (e) Outra opinião. Qual?

(6) No Verão, numa noite clara, já deves ter observado muitas estrelas e pontos luminosos no céu.

De certo reparaste que umas brilham mais do que outras. Isto porque:

- (a) as estrelas mais brilhantes estão mais próximas de nós.
- (b) todas as estrelas estão à mesma distância de nós.
- (c) as estrelas menos brilhantes estão mais próximas de nós.
- (d) Outra opinião. Qual?

- (7)** No céu, à noite, observas muitos corpos brilhantes . Acerca destes podes dizer que:
- (a) todos, e até mesmo a Lua, são estrelas.
 - (b) a Lua não é uma estrela mas todos os outros são.
 - (c) além da Lua, há outros que parecem estrelas mas não são estrelas .
 - (d) Outra opinião. Qual?
- (8)** Como certamente já reparastes a Lua muda de aspecto ao longo do mês. Isso deve-se ao facto de:
- (a) as nuvens, às vezes, taparem uma parte da Lua .
 - (b) haver mais do que uma Lua.
 - (c) a Terra, por vezes, fazer sombra à Lua.
 - (d) o Sol não ilumina sempre a mesma porção da Lua.
 - (e) Outra opinião. Qual?
- (9)** Como sabes, tal como o observamos, a posição do Sol no céu é diferente se for de manhã, meio-dia ou à tarde. Isso explica-se porque:
- (a) ao longo do dia o sol vai rodando à volta da Terra.
 - (b) a Terra vai rodando sobre si mesma enquanto o Sol está praticamente fixo.
 - (c) à medida que o tempo passa , o Sol conforme vai arrefecendo, vai descendo.
 - (d) Outra opinião. Qual?
- (10)** Ouvi dizer que a terra roda sobre si mesma. Será isso possível?
- (a) Não, porque senão nós que vivemos nela sentíamos esse movimento.
 - (b) Sim, nós não nos apercebemos disso porque acompanhamos o seu movimento.
 - (c) Não, se isso fosse verdade, as nuvens , os pássaros, etc, ficavam para trás à medida que a terra ia rodando.
 - (d) Não, se isso fosse verdade havia sempre muitíssimo vento na Terra.
 - (e) Outra opinião. Qual?
- (11)** No Verão está muito quente porque:
- (a) o Sol está mais próximo da Terra.
 - (b) há menos nuvens no céu .
 - (c) Nesta altura do ano, o Hemisfério Norte está mais voltado para o Sol .
 - (d) Outra opinião. Qual?

Anexo B – Endereços electrónicos

Classificar galáxias

<http://world.smv.mus.va.us/~hastings/teacher.htm#toc>

http://www.actden.com/sky_den/galaxy.htm

Formação de Galáxias

http://www.actden.com/sky_den/formation.htm

Animação: <http://oposite.stsci.edu/pubinfo/mpeg/galaxies.mpg>

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/background-text/galaxfrm.txt>

A Via Láctea

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/universe_level1/milky_way.html

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/universe_level2/milky_way.html

Forma de galáxias

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/background-text/galaxshp.txt>

<http://csepl.phy.ornl.gov/guidry/violence/galaxies-info.html>

<http://www.astr.ua.edu/normal2.html>

Galáxias Irregulares

http://tqd.advanced.org/3461/irreg_i.htm

Galáxias Espirais

http://tqd.advanced.org/3461/spiral_i.htm

Galaxias Elípticas

http://tqd.advanced.org/3461/ellip_i.htm

Imagens de galáxias próximas e distantes

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/subject.html#Galaxies>

Imagens de galáxias activas

<http://www.astr.ua.edu/active2.html>

Telescópio Espacial Hubble

<http://sol.stsci.edu/~mutchler/HSTmodel.html>

Espaço distante- Bill Nye

<http://nyelabs.kcts.org/nyeverse/episode/e19.html>

Estrelas e Galáxias

<http://opposite.stsci.edu/~wwhite/stars.html>

<http://www.seds.org/messier/objects.html#galaxy>

ftp://crux.astr.ua.edu/web/goodies/data_resources/galaxies.text

<http://www.astr.ua.edu/pairs2.html>

http://www.windows.umich.edu/the_universe/Galaxy.html

<http://www.eia.brad.ac.uk/btl/m4.html>

<http://zebu.uoregon.edu/textbook/images1/m31.mov>

<http://image.gsfc.nasa.gov/poetry/astro/agalaxy.html>

<http://www.stwing.upenn.edu/~jparker/astronomy/galaxy.html>

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/doc/StarChild/universe_level1/galaxies.html

http://heasarc.sfc.nasa.gov/docs/StarChild/universe_level2/universe.html

<http://www.phy.syr.edu/courses/modules/SETI/TUTORIAL/galaxies.html>

Constelações

http://www.asahi-net.or.jp/~sv3n-krt/data_e/const88.htm

<http://www.stub.unibe.ch/stub/kownig/images>

Home page da Nasa

<http://www.nasa.gov/>

Young Astronauts

<http://www.yac.org/>

Spacecraft Hubble Primer

http://spacecraft/Primer/Primer_index.htm

NASA Jet Propulsion Laboratory- Learning Link

<http://learn.jpl.nasa.gov/>

Public Access to NASA's Planetary Data

<http://Stardust.jpl.nasa.gov/public>

Astronomy On-line: Ask Dr. Sue

<http://dlt.gsfc.nasa.gov/Ask>

Astronomy Society of the Pacific

<http://www.physics.sfsu.edu/asp/asp.html>

The Planetary Society

<http://planetary.org/tps/>

The University of Sheffield Department of Physics and Astronomy

<http://www.shef.ac.uk/uni/academic/N-Q/phys/>

Sheffield Astronomical Society

<http://www.saqqara.demon.co.uk/sas/sashome.htm>

Arquivo astronómico de Munique. Contém catálogos, fotos, programas interactivos, etc

<http://www.maa.mhn.de/>

Programas astronómicos em freeware e shareware

<http://www.gettysburg.edu/>

<http://www.cvc.org/astronomy/freeware.htm>

Site da BBC

<http://www.bbc.co.uk/skyatnight>

<http://www.bbc.co.uk/planets>

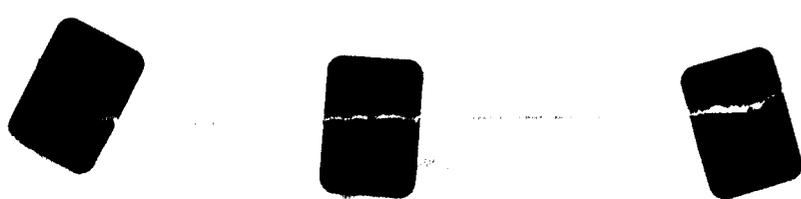
Imagens diárias do Sistema Solar

<http://www.solar.ifa.hawaii.edu/mees.html>

<http://www.bbso.njit.edu/>

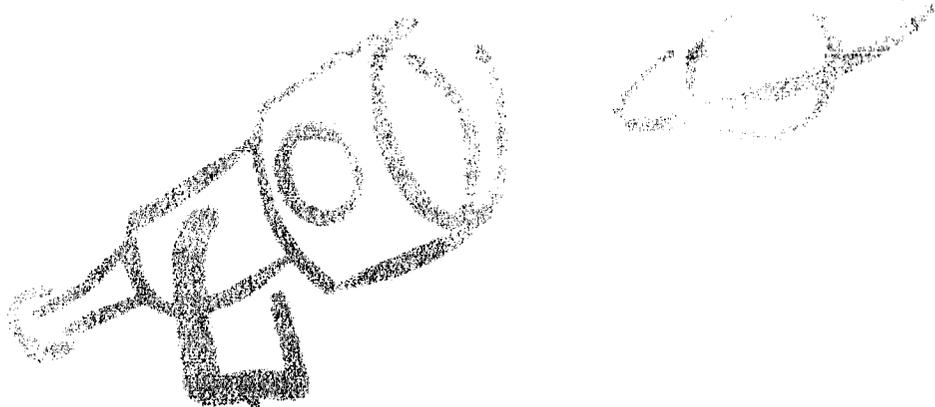
<http://physics.usc.edu/solar/>

Anexo C – Cd multimédia



Anexo C

A Astronomia no Ensino da Física



Dissertação de Mestrado
Maria Goreti Silva Rocha

MATEMÁTICA APLICADA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO
PORTO — PORTUGAL

UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
BIBLIOTECA

