

GUILHERME BONDEZAN • JEAN GALVANI • RAFAEL MANCINI

Livro Didático
Ensino Médio

1
Volume

FISICANTE

a Física Atual



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA - IFUSP**

Autores

Jean Galvani
Guilherme Bondezan
Rafael Mancini

Coordenação na elaboração

Cristiano Mattos

Apoio

Flavia Polati Ferreira

Edição / Colaboração

Hevila Moura

É permitida a reprodução parcial desta obra, desde que citada a fonte.

INSTITUTO DE FÍSICA - IFUSP
Rua do Matão, sn - Telefone: (0XX) 11 1234-5678
e-mail: gjr@if.usp.br
00000-000 SÃO PAULO - SÃO PAULO

Catálogo no Arquivo de Documentação e Informação - Produção de Material Didático

Física / vários autores. – SÃO PAULO: PMD, 2015. – p. X

ISBN: 00-00000-00-0

1. Física. 2. Ensino médio. 3. Ensino de física. 4. Movimentos. I. Folhas. II. Material de apoio pedagógico. III. Material de apoio teórico. IV. Título

1ª. Edição
IMPRESSO NO BRASIL

A Física é um nó?

Muitos alunos que saem do ensino médio tem um sentimento muito amargo pela física, isso porque para eles a física é algo muito complicado e incompreensível, tornando um nó de todos enquanto estudam, e este livro tentará dar uma visão mais conceitual, dando importância em saber o que está analisando ou estudando em qualquer um dos conteúdos da Física, tirando esse nó da mente dos alunos e tornando os assuntos tratados da física com um sentido na vida do aluno. Na história dos seres humanos habitando nosso querido planeta Terra, convivemos sempre com um problema axiológico em cada um de nós, isso porque temos diferentes tipos de pessoas, que vivem em grupos com ideologias das mais variadas e, portanto, cada um dará mais importância para um assunto do que o outro. Sabemos que hoje, no Brasil, a ciência é muito pouco incentivada, não apenas em termos de investimentos, mas também culturalmente, e isso desestimula as crianças a quererem aprender ciências.

Tendo em mente esses problemas, este livro tem o intuito de trazer a Física não apenas com as contas, mas trazendo a forma que nós, seres humanos, construímos um modelo de mundo através da Física, tradicionalmente conhecido como o “Mundo Físico”. Traremos algumas sugestões de discussão sobre alguns modelos da Física e qual foi o impacto que os mesmos tiveram na sociedade da época, fazendo com que o aluno possa entender e explicar o que a ciência mudou na vida das pessoas e porque ela é importante na vida de todos nós, além de que com este conhecimento o aluno perceba que a Física faz sentido em quase todos os contextos em que ele vive.

Por isso, as discussões são consideradas importantes aqui e não vamos nos importar com a parte complicada da matemática em exercícios/problemas que são abordados em outros livros, estamos preocupados se o aluno consegue entender e explicar os fenômenos físicos, assim como compreender a importância que os mesmos têm em sua vida. Isso pode parecer um discurso bastante falado pelos professores e de pouca relevância, mas um exemplo que podemos dar é a música na vida de diferentes povos, pois, se pensarmos pragmaticamente, a música não tem utilidade nenhuma em questão de sobrevivência, porém, existem diversos ritmos que cultivamos até nos dias de hoje, sendo que, mesmo que a música não seja vital para nossa vida, não a ignoramos, e é essa a percepção que queremos que o aluno possa ter em mente, pois, apesar de parecer desnecessário aprender Física, já que, na prática, ainda conseguimos viver

Os autores.

ÍNDICE

PREFÁCIO

ÍNDICE

MATERIAL ALUNO

CAPÍTULO 01: O SOL, O CÉU E SEU PARADIGMA

COLOCANDO-SE NO MUNDO ATUAL

ESTAÇÕES DO ANO

SISTEMA GEOCÊNTRICO

SISTEMA HELIOCÊNTRICO

MATERIAL PROFESSOR

APRESENTAÇÃO

CAPÍTULO 01: O SOL, O CÉU E SEU PARADIGMA

ESTAÇÕES DO ANO

MODELO GEOCÊNTRICO

MODELO HELIOCÊNTRICO

PROPOSTA DE ATIVIDADE

O MOVIMENTO DIÁRIO E ANUAL APARENTE DO SOL

MATERIAL ALUNO



**O SOL, O CÉU E
SEUS PARADIGMAS**
CAPÍTULO 01

Colocando-se no mundo atual

Parece que nascemos em um mundo bem definido em que tudo que temos em volta é extremamente natural, isso porque nunca fomos questionados e nem nos questionamos por muitas coisas. Fica claro para nós que devemos acordar bem cedo para irmos fazer nossas atividades e que o dia tem vinte quatro horas, mas pera aí, porque o dia tem 24 horas? O ano tem 365 dias, contendo doze meses variando de trinta a trinta e um dia em cada mês e ainda tem ano que é bissexto, acrescentando um dia a mais ao ano....hmm...

Por que estes valores não são outros? Será que isso foi nós seres humanos que conseguimos encontrar esses valores exatos ou foi apenas um chute? Essas questões vão ser respondidas ao longo deste capítulo que trará um pouco da história para podermos refletir e aprender como o conhecimento da humanidade é construído e como esse processo é realizado e ainda se esse conhecimento tem alguma utilidade para a nossa sobrevivência. Para termos a ideia de que estamos imerso em um mundo que não nos conhecemos, vamos começar a lhe perguntar sobre alguns acontecimentos que ocorre no nosso dia a dia e talvez você não tenha parado para pensar e depois iremos propor uma atividade relacionada às estações do ano.

É A SUA VEZ!

Atividade 01

Agora tente responder as seguintes questões:

- Para você, o que é aquele corpo que ao meio dia está acima de nós no céu? Ele é quem faz com que tenhamos dois períodos no dia (Dia e Noite)?
- Represente em um desenho, usando a sua concepção, como um ser vivo está parado na terra no hemisfério sul? E no norte?
- Para você o Sol está girando em torno da Terra? Se sim, represente com um desenho o seu pensamento, se não dê argumentos para que isto seja falso.



Estações do Ano

Provavelmente você já deve ter ouvido falar sobre as quatro estações do ano, sendo elas: Outono, inverno, primavera e verão, dentro dessas contendo no seu período temperaturas mais altas, outras mais baixas, dias mais secos e assim por diante.

? Mas e sua explicação? É simples? E porque e como conseguimos diferenciar esses períodos? ?



As quatro estações do ano

Você se organizará em grupo com seus colegas para tentar explicar este fenômeno através do **É a sua vez: Atividade 1**.

Com os aparatos experimentais abaixo, vocês deverão organizar as ideias do grupo e depois as exponha para os outros grupos, que concordarão ou não com você.

APARATOS



Lanterna



Bola de Isopor
(desenhada os continentes)



Palito de Churrasco

Pode ser que a maioria de seus colegas conseguiu explicar de forma consistente as estações do ano, mas provavelmente muitos criaram algum modelo para elas e viram que estes modelos contêm falhas e precisaria de outro modelo que possa ter uma explicação melhor.

O que ocorreu nesse pequeno exercício feito em grupos não é diferente do que os seres humanos viveram e tiveram suas limitações ao tentar explicar algo que era curioso para eles.

Desta forma, apresentaremos dois textos sobre o Geocentrismo e Heliocentrismo, que exemplifica bem como a ciência trabalha e como os pequenos questionamentos, se tornaram grandes revoluções no mundo, seja ela ideológica ou tecnológica.

Sistema Geocêntrico

A maioria dos povos da antiguidade gostava de admirar o céu, e muitos deles fizeram observações cuidadosas e perceberam regularidades que a maioria de nós não percebe, simplesmente porque não passamos muito tempo contemplando o céu. A vida em uma cidade grande contribui para que não percebamos os detalhes dele, visto que apenas algumas dezenas de estrelas são observáveis de dentro de uma cidade, sendo que em um local com pouca iluminação, o número de estrelas visíveis é assustadoramente maior.



Figura 1. Calvin & Hobbes Starry Night

Sem contemplar o céu por muito tempo, somos capazes de perceber que quando amanhece o dia, o Sol está na direção Leste e percorre todo o céu até se por no Oeste. De maneira exatamente igual, as estrelas e a Lua percorrem o céu de Leste para Oeste.

Admirar o céu era questão de sobrevivência ou aumento de produtividade para muitos dos povos da antiguidade. Os egípcios, por exemplo, construíram calendários baseados nos movimentos do Sol e foram capazes de perceber que as cheias do rio Nilo seguiam padrões capazes de ser relacionados com os movimentos deste corpo celeste. Prever as cheias contribuiu para que suas plantações, realizadas às margens dos rios, não fossem alagadas, perdendo-se toda a produção de alimentos, bem como prever a época certa de se plantar para aumentar a produtividade.



Figura 2. Fases da Lua

As fases da Lua também foram importantes na elaboração de calendários, pois estas se alternam com uma regularidade que foi percebida por muitos dos povos antigos. A observação dos corpos celestes e a elaboração de calendários eram frequentemente incentivadas por razões místicas ou mágicas dando início ao que chamamos hoje de astrologia. Desta forma, estas civilizações buscavam relacionar os acontecimentos do céu com a vida de um indivíduo ou de toda uma civilização. Um eclipse, por exemplo, poderia ter diversos significados para diferentes pessoas e sociedades.

Um gnomon (figuras 3 e 4) é semelhante a um relógio de Sol. Nada mais é do que uma pequena haste fincada no chão, de maneira que o Sol, quando incide nesta haste, projeta uma sombra, foi o primeiro objeto utilizado para estudar o Sol. Através deles, diversas civilizações foram capazes de criar calendários e conseguir perceber as peculiaridades do movimento deste corpo celeste.



Figura 3- Um Gnomon feito de concreto e com demarcações.

Em um dia, o Sol se desloca de Leste para Oeste e projeta uma sombra que faz o caminho inverso, descrevendo uma trajetória semelhante a um arco de circunferência. Porém, quando consideramos este movimento em dias diferentes, podemos perceber que o arco de circunferência descrito pela sombra não é a mesma. Em um determinado período do ano, o arco descrito pela sombra é próximo de uma reta, e a haste pode nem ter sombra em uma parte do dia. Em outro período do ano, o arco descrito pela sombra é grande e o Sol é visto razoavelmente mais próximo do horizonte, isto é, mais distante da vertical.

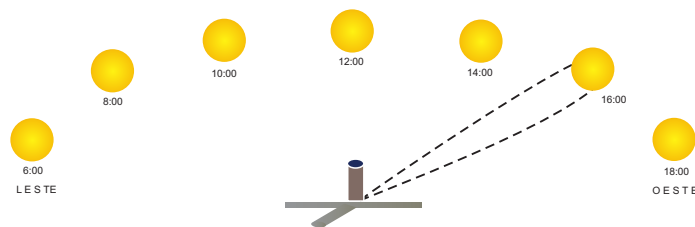


Figura 4 - Um Gnomon simples com sua sombra projetado pelo Sol, em diferentes horários.

Os Solstícios

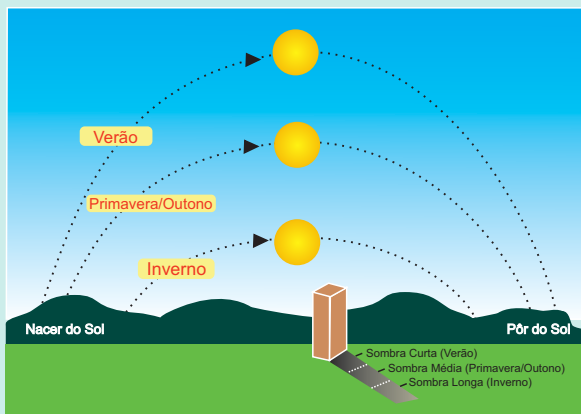


Figura 5 - A trajetória do Sol durante as quatro estações, bem como as respectivas sombras

Quando o Sol fica mais próximo da vertical, isto é, quando a sombra fica mais próxima da base da haste, temos o verão, sendo que o dia com a menor sombra é o chamado *Solstício de Verão*.

De maneira inversa, quando o Sol fica mais longe da vertical, projetando uma sombra maior, temos inverno, com o dia com a maior sombra chamado de *Solstício de Inverno*.

Mais sobre medidas de tempo e solstícios no Box: 'Vale à pena saber!'

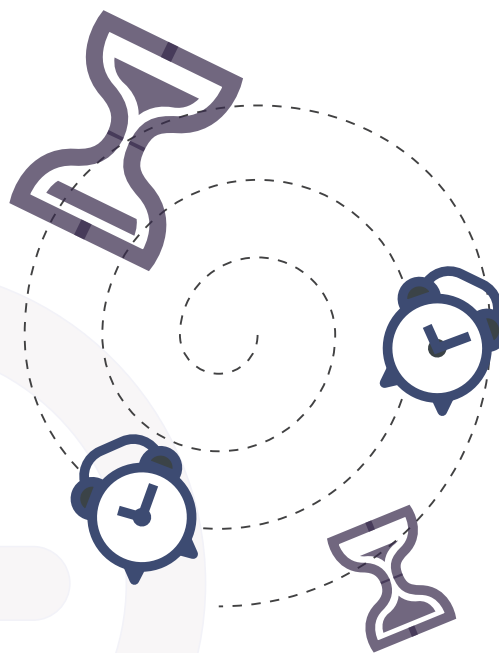
Os antigos povos perceberam, através desta experiência, que o movimento do Sol era periódico, puderam perceber quanto tempo demora de um solstício a outro e, já que de um solstício a ele mesmo temos um ano inteiro, determinaram o período de um ano. Alguns povos perceberam que o solstício se relacionava com o clima, e deveria se relacionar às estações do ano e isso foi muito importante para conseguir investigar as suas causas.

O povo da antiguidade que mais cuidadosamente estudou o movimento dos planetas, percebendo regularidades, criando modelos explicativos dos movimentos observados e conjecturando sobre a formação dos corpos celestes, da Terra e do espaço entre eles foi o povo grego. Vamos, então, estudar essa sociedade, bem como seus maiores astrônomos e modelos propostos por eles.

VALE À PENA SABER!

Medidas de tempo

De um solstício até ele mesmo temos um ano, que, como você sabe, tem 365 dias. Como é a natureza que define o dia e é ela quem define quando o solstício ocorre, o número de dias no ano é um valor natural. Por outro lado, a quantidade de meses no ano é 12, mas este valor não é natural. As fases da lua têm um ciclo de aproximadamente 28 dias, mas essa medida, que é natural, não é a que define os meses, mesmo porque, a lua cheia, por exemplo, não ocorre no mesmo dia de meses diferentes. O número de meses em um ano é, portanto, uma medida criada pelo ser humano, e isso também ocorre para o número de dias na semana, assim como a própria idéia de semana, o número de horas em um dia, o número de minutos numa hora e, finalmente, de segundos num minuto.



Vale a pena ressaltar que esses números 12 (meses), 24 (horas) e 60 (minutos) foram escolhidos por seres humanos por um motivo, afinal, esses números poderiam ser outros, mas não o foram por uma questão de comodidade. Esses números podem ser divididos em várias partes, e essa é a causa da sua escolha. Podemos dividir um dia em duas partes, com 12 horas cada; ou em três partes, com oito horas cada; ou em quatro, com seis horas, entre outras divisões, sendo que se um dia tivesse 17 horas, essas divisões resultariam em números fracionados que complicariam nossa vida.



De onde veio?

ERATÓSTENES

Eratóstenes nasceu em Cirene em 276 a.C. e morreu em Alexandria em 194 a.C. Trabalhou também como gramático, poeta, geógrafo e matemático.



Eratóstenes, grego que viveu no século III a.C., foi um dos primeiros astrônomos a calcular o raio da Terra. Perceba que ele calculou o raio de nosso planeta, ou seja, ele, assim como a maioria dos astrônomos da época, considerava a Terra como esférica, e não plana, como ela foi considerada ainda em nossa era (depois de Cristo). Para calcular o tamanho de nosso planeta, Eratóstenes considerou um local em que, ao meio dia do solstício de verão, o gnomon não projetava sombra e um local em que no mesmo dia e no mesmo horário, o gnomon projetasse sombra. Ele, portanto, mediu o tamanho da sombra no segundo local e, estimando a distância entre os dois locais, calculou o raio da Terra.

Alguns anos após Eratóstenes, ainda no século III a.C., viveu Aristarco de Samos, que, através de observações cuidadosas do Sol e da Lua, tentou estimar o tamanho destes corpos celestes, bem como a distância destes corpos celestes com a Terra. Como o diâmetro angular desses corpos celestes é pequeno e estas medidas foram feitas apenas com o olho humano, ou seja, sem o auxílio do telescópio que aparecerá somente dezenas de séculos mais tarde, as medidas obtidas por este astrônomo não são muito compatíveis com os valores atuais, mas, mesmo assim, esses dados foram suficientes para que a civilização grega fosse capaz de ter uma ideia bastante boa do Sistema Solar.

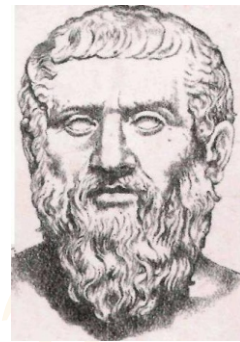




De onde veio?

Platão nasceu em Atenas 428 a.C e morreu a.C, sendo que estas datas são aproximadas. Foi aluno de Sócrates e professor de Aristóteles, sendo todos os três importantes nomes da Filosofia, da Matemática e da Astronomia.

PLATÃO



Inicialmente as idéias de Platão foram bastante aceitas, e foram usadas por inúmeros astrônomos que viveram mais de mil anos após ele.

Como não somos capazes de perceber qualquer movimento de nosso planeta, podemos assumir que este está parado, e foi exatamente isto o que assumiram quase todos os astrônomos gregos. Eles acreditavam também que os corpos caíam na Terra porque eles tenderiam a cair para o centro de todas as coisas, que seria o centro do Universo e o centro da Terra.

Curiosidade

Platão, que é anterior a Eratóstenes e a Aristarco de Samos, foi um dos primeiros a propor que a Terra estaria parada e que o Sol, a Lua e as estrelas giravam ao redor de nosso planeta. Platão achava que o movimento dos corpos celestes deveriam ser perfeitos, isto é, seus movimentos seriam em trajetórias perfeitamente circulares e com velocidade constante.

Quando observamos o céu durante um dia e uma noite, percebemos que os corpos celestes se movimentam de Leste para Oeste. Desta forma, os gregos acreditavam que a Terra estaria parada e o céu se deslocaria de Leste para Oeste. Porém, quando olhamos o céu em um mesmo horário, mas em noites diferentes, podemos perceber que a Lua se move, bem como as estrelas, sendo que esses movimentos são diferentes. A Lua, além de dar uma volta completa ao redor da Terra em um dia, dá uma volta ao redor da Terra em 28 dias, considerando a mesma hora nos diferentes dias.

Desta forma, os astrônomos criaram o Sistema Geocêntrico, que continha a Terra sem movimento, as estrelas, na Esfera Celeste, o Sol e a Lua realizando seus movimentos perfeitamente circulares e com velocidade constante ao redor de nosso planeta.

É A SUA VEZ!

Atividade 02

Agora tente responder as seguintes questões:

- O Sistema Geocêntrico para você está certo? Se você observar durante uma semana o movimento do Sol, o que você diria em relação ao pensamentos destes astrônomos?



Porém, quando observaram de maneira mais cuidadosa as estrelas, os astrônomos perceberam que nem todas elas seguiam o mesmo movimento, pois algumas delas se moviam de maneira mais rápida que outras. E esse movimento não era diferente apenas por sua velocidade, mas também por esta velocidade não ser constante.

Considerando observações realizadas em um mesmo horário, as estrelas se movimentam em uma mesma direção. Algumas dessas “estrelas”, por outro lado, se moviam com uma velocidade diferente das outras estrelas e essa velocidade não era constante, podendo inclusive zerar, mudar de sentido, zerar e depois retornar ao sentido anterior. Essas “estrelas” foram denominadas “estrelas errantes” e são o que hoje conhecemos como planetas.

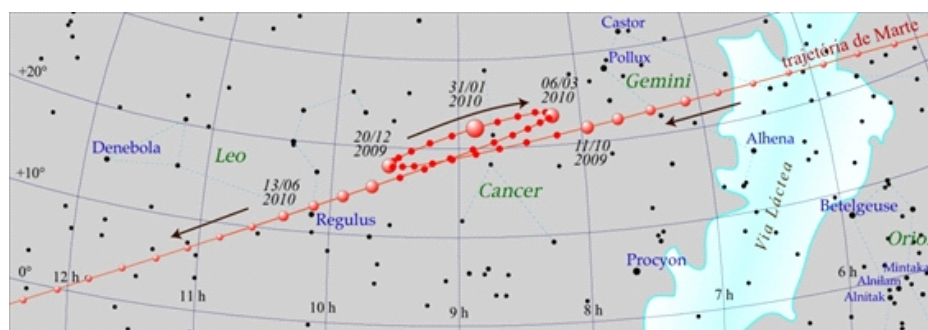


Figura 6 – Trajetória de um planeta vista da Terra.

Para que este fenômeno fosse incorporado ao sistema geocêntrico, foi necessário separar as estrelas das “estrelas errantes”, ou seja, os planetas não poderiam pertencer à esfera das estrelas fixas, e deveriam realizar um movimento circular e de velocidade constante ao redor da Terra. (lembrando que a influência de Platão era grande, e os movimentos deveriam ter velocidade constante).

Dessa forma, o modelo Geocêntrico ficou com a Terra no centro do Universo, imóvel; a Lua com movimento circular e uniforme ao redor da Terra, os planetas e o Sol, cada um com sua órbita também em movimento circular e de velocidade constante e finalmente a esfera celeste, contendo todas as estrelas também no mesmo tipo de movimento.

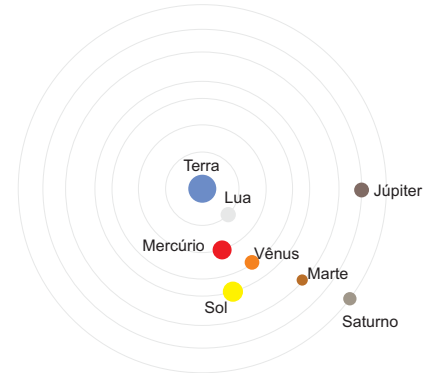


Figura 7 - Representação do modelo geocêntrico.

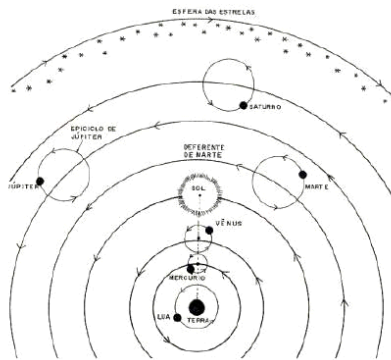


Figura 8 - Representação do modelo geocêntrico, com os epíclis propostos por Hiparco.

Porém, conforme as observações dos planetas foi ficando mais precisa, os astrônomos perceberam que somente seus movimentos circulares em velocidade constante ao redor da Terra não eram suficientes para explicar o fato observado. Foi necessário, então a criação dos epíclis, criados por Hiparco, no século II a.C. Neste modelo, então, os planetas fariam um movimento circular uniforme de velocidade constante (influenciados pelo pensamento de Platão) em torno de um ponto e este ponto, chamado de deferente, orbitaria a Terra

VALE À PENA SABER!

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam eget ligula eu lectus lobortis condimentum. Aliquam nonummy auctor massa. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nulla at risus. Quisque purus magna, auctor et, sagittis ac, posuere eu, lectus. Nam mattis, felis ut adipiscing." Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam eget ligula lobortis condimentum. Aliquam nonummy auctor massa. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nulla at risus. Quisque purus magna, auctor et, sagittis ac, posuere eu, lectus. Nam mattis, felis ut adipiscing."



De onde veio?

Hiparco que nasceu em Niceia, atual Turquia em 190 a.C. e morreu em 120 a.C., foi astrônomo, cartógrafo e matemático, vivendo boa parte de sua vida em Alexandria.

HIPARCO



Apesar de estranho e difícil de se aceitar, ainda mais para nós que vivemos tantos anos depois, este sistema geocêntrico, com o auxílio dos epiciclos era muito funcional, e era usado para descrever o movimento de todos os planetas descobertos até o momento.

As estações do ano, que você estudou no capítulo anterior, são completamente explicadas por este modelo, sendo necessário apenas considerar que os planos de rotação do Sol ao redor da Terra e do equador desta deveriam apresentar um ângulo de 23° entre si.

As fases da Lua e as eclipses também são facilmente explicadas por este modelo, sendo que é necessário considerar a posição relativa do Sol, nosso planeta e nosso satélite natural, bem como a luz proveniente de nossa estrela e sua projeção, que cria sombras.

Muitos astrônomos contribuíram para aprimorar o sistema geocêntrico, como Ptolomeu, que foi o último grande astrônomo grego, que viveu no início do século II d.C., já durante a decadência desta civilização.

É A SUA VEZ!

Atividade 03

Agora tente responder as seguintes questões:

- Já que o sistema geocêntrico explicava muito o que era observado, assim como o conhecimento que ele trazia era o suficiente para a sobrevivência, porque então vieram novas pessoas com outras ideias?



Embora praticamente todos os astrônomos concordassem que a Terra estaria parada e que o Sol, os planetas, a Lua e as estrelas estariam em movimento ao redor de nosso planeta, um astrônomo achava que seria o Sol que estaria em repouso. Seu nome era Aristarco de Samos, que já apareceu neste capítulo. Este modelo foi rapidamente descartado pelos astrônomos da época por um motivo bastante simples. Neste modelo a Terra estaria em movimento, indo contra a percepção das pessoas. Para atrapalhar a aceitação desse modelo, ele era inferior na descrição dos corpos celestes se comparado ao modelo Geocêntrico.

Se a Terra se movimentasse ao redor do Sol, ela ocuparia pelo menos duas posições diferentes, e, por isso, deveríamos observar as estrelas em posições diferentes. Porém, isto nunca foi medido por nenhum astrônomo da época. Hoje em dia sabemos que as estrelas estão tão longe que, mesmo que a Terra ocupe posições diferentes, a posição das estrelas sofre uma alteração muito pequena, impossível de ser medida a olho nu.

O fato de a Terra estar em movimento, implicaria algumas coisas que não são observadas. Por exemplo, quando pulamos, cairíamos em outro lugar que não o que estávamos, pois a Terra teria se deslocado. Se nosso planeta estivesse se movimentando, deveríamos sentir um vento, causado por seu movimento, de maneira análoga a um carro ou avião. Um helicóptero, após decolar, poderia chegar ao seu destino apenas esperando que a Terra se deslocasse, pousando em seguida.

De onde veio?



Cláudio Ptolomeu nasceu em 90 d.C. e morreu em 168 d.C., trabalhou como matemático, astrônomo e cartógrafo, vivendo em Alexandria.

PTOLOMEU



Sistema Heliocêntrico

O sistema Geocêntrico era muito funcional, como citado no capítulo anterior, sendo capaz de prever satisfatoriamente as fases da Lua, as estações do ano, a posição das estrelas e a dos planetas, tudo isso indo a favor da percepção de que a Terra está parada, pois não percebemos seu movimento.

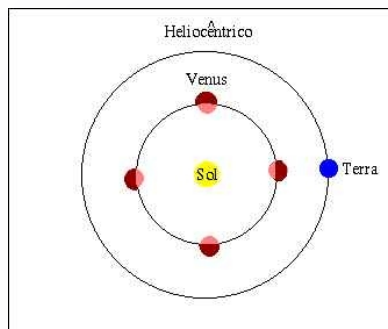


Figura 9- Representação do modelo Heliocêntrico.

Isto, somado a uma série de acontecimentos históricos que ocorreram durante a Idade Média ajudou para que este sistema fosse o mais usado pelos astrônomos. Nesta época, que vai aproximadamente do século V ao XV depois de Cristo, a influência da Igreja foi forte na Europa, e esta desestimulava a astronomia, ajudando a reforçar o Geocentrismo e inclusive fez com que muitos habitantes desta época acreditassem que nosso planeta era plano.

É importante salientar que, durante a Idade Média, a produção científica na Europa e mesmo em Alexandria foi muito pequena. Por outro lado, nesse mesmo período, muitos avanços ocorreram no oriente. Os povos árabes, chineses e hindus fizeram grandes avanços, sobretudo na matemática e na geometria.



Figura 10- Representação do modelo pelos árabes.

Os árabes, nesse período, fizeram muitas traduções de livros escritos pelos gregos no auge de sua civilização, que tornaram possível a preservação e a disseminação do conhecimento produzido pelos gregos antes de Cristo. Esse conhecimento foi disseminado pelo oriente, mas não pelo ocidente, pois, nesta época, a Igreja proibia a dedicação de cientistas acerca de temas ligados à astronomia. Após a Idade Média, os astrônomos só tiveram contato com as obras escritas pelos gregos antigos porque os árabes preservaram este conhecimento.

Os astrônomos árabes aperfeiçoaram o sistema geocêntrico propostos pelos gregos, mas, mesmo assim, este continha alguns inconvenientes, que poderiam se tornar falhas, dependendo da situação. O movimento retrógrado dos planetas era explicado, mas de uma forma não tão simples, sendo inclusive necessário o uso de epiciclos, o que deixava o sistema mais complexo.

Sistema Heliocêntrico

Vênus e Mercúrio eram sempre observados nas proximidades do Sol, não podia ser explicado por este sistema. Marte, Júpiter e Saturno po observados passando atrás do Sol, algo que também não era perfeitamente ex Finalmente, a ordem de afastamento dos planetas em relação ao Sol não explicação segundo este modelo.

Foi então que, em 1543, o livro de Nicolau Copérnico foi publicado. Neste livro, Copérnico propunha o Sistema Heliocêntrico, que apresenta o Sol, e não a Terra no centro do universo. Nesse sistema, nosso planeta orbitaria nossa estrela, assim como todos os planetas, em órbitas circulares e uniformes. A ordem da órbita dos planetas seria Mercúrio, Vênus, Terra, Marte Júpiter e Saturno (esses eram todos os planetas conhecidos naquela época) e, dessa forma, o fato dos dois primeiros sempre serem observados nas proximidades do Sol era explicado, bem como a possibilidade dos últimos três planetas poderem ficar atrás de nossa estrela.



Figura 11- Representação do modelo Heliocêntrico.

Para explicar as estações do ano, porém, Copérnico necessitou atribuir à Terra mais dois movimentos, e isto foi uma das maiores dificuldades à aceitação desse modelo, pois se já é diferente da nossa observação supor que nosso planeta tenha um movimento, supor que ele tem três é ainda mais estranho.

Para piorar a aceitação desse modelo, temos os argumentos contra o movimento da Terra, que já foram citados no capítulo anterior e também os aspectos de ordem desse modelo. No sistema Geocêntrico, tudo girava ao redor da Terra, ou seja, esta era o único centro. Havia uma ordem dos elementos, pois o elemento terra tendia a cair para o centro de nosso planeta, os elementos fogo e água tendiam a se afastar desse centro, o ar sempre se afastava do centro e os planetas e estrelas, constituídos por um quinto elemento, realizavam movimentos perfeitos e inatingíveis no céu. Toda a ideia de elementos era herança de Platão e outros filósofos da antiguidade, que ainda tinha força quase dois mil anos mais tarde.

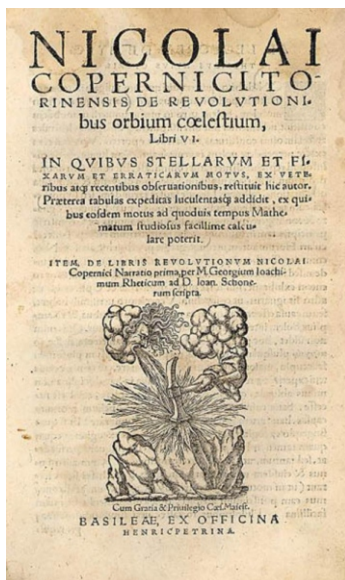


Figura 12- Livro do Copernico..

O modelo Heliocêntrico possuía pelo menos dois centros. O Sol seria o centro dos planetas, pois estes orbitariam aquele, mas nosso planeta também seria um centro, pois ele atraía os objetos na proximidade de nosso planeta e também era o centro da órbita da Lua. Os quatro elementos, desta forma, não necessitariam obedecer a ordem que obedeceriam no outro modelo. Dessa forma, a ordem do sistema Geocêntrico era perturbada, e esta foi uma grande dificuldade na adoção deste sistema.

Embora o livro de Copérnico chame “Sobre as revoluções das esferas celestes”, e sua proposição, junto com seu modelo fossem realmente revolucionários, a revolução propriamente dita só começou a ocorrer cerca de 100 anos após a publicação de seu livro.

Além da influência da Igreja, que já foi citada, havia o pensamento de Platão, junto com seus defensores e os argumentos contra este modelo, que também foram citados.



De onde veio?

Tycho Brahe nasceu na Dinamarca em 1546 e morreu em 1601. Se dedicou à astronomia, astrologia e alquimia

TYCHO BRAHE



Tycho Brahe fez cuidadosas observações, com a ajuda de equipamentos que permitiam aumentar a precisão dos dados obtidos. Mesmo dispondo de grande precisão, Tycho nunca observou uma estrela mudar de posição devido a mudança de posição da Terra. Portanto, Tycho acreditava que a Terra estava imóvel, indo contra o sistema Heliocêntrico. Por outro lado, Tycho percebeu que um sistema com os planetas girando ao redor do Sol com este e a Lua girando ao redor de nosso planeta era mais condizente com a realidade.



Figura 13 - Representação do modelo proposto por Tycho Brahe.

Com os dados obtidos por TychoBrahe, Kepler foi capaz de concordar com o modelo proposto por Copérnico, com o sol sendo orbitado por todos os planetas, inclusive a Terra. Porém, ao invés de uma trajetória perfeitamente circular e com velocidade constante como propunha Platão e todos os outros astrônomos, Kepler propôs que o movimento dos planetas seria em uma órbita elíptica, e a velocidade dos planetas variaria.

Uma elipse é uma figura matemática semelhante a uma circunferência, porém, achatada. Quando não temos achatamento, temos uma circunferência, e quando o achatamento é alto, temos algo semelhante à figura 9:

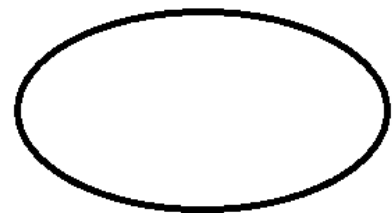


Figura 14—Elipse bastante achatada.

A trajetória da maioria dos planetas possui formato de uma elipse muito pouco achatada, e essa é a razão de nenhum astrônomo anterior a Kepler perceber este fato.

Segundo vários historiadores, a revolução Copernicana só se concretiza com a descoberta das luas de Júpiter por Galileu Galilei, em 1610, que foi o primeiro astrônomo a usar um telescópio para olhar o céu.

A descoberta dessas luas implica que, se um planeta pode ter luas, ele será um planeta, e se ele pode ser centro, o Sol e a Terra também podem.



Indo um pouco além ...

Luas Galileanas

Luas Galileanas, mais conhecidas como: Luas de Galileu são o conjunto dos satélites naturais de Júpiter descobertos por Galileu Galilei: Europa, Ganimedes, Io e Calisto. São também os maiores satélites naturais de Júpiter,



Figura 15 - Luas de Galileu

Os nomes das quatro luas são derivados de quatro paixões de Júpiter (ou Zeus) na mitologia Romana e Grega. Estes nomes foram dados por Simon Marius, que reivindicava a descoberta desses satélites.

De onde veio?



Johannes Kepler: astrônomo, astrólogo e matemático alemão. Nasceu em 1571 e morreu em 1630. Foi aluno de TychoBrahe.

KEPLER



Finalmente, o astrônomo que conseguiu explicar o movimento dos planetas e comprovar o porque das órbitas dos planetas serem elipses e não circunferências, foi Isaac Newton. Newton usou o conceito de força, para explicar a interação à distância dos corpos celestes. Esta interação será discutida nos próximos capítulos.



Indo um pouco além ...

Por sua visão heliocêntrica, o astrônomo italiano teve que ir a Roma em 1611, pois estava sendo acusado de herege. Condenado, foi obrigado a assinar um decreto do Tribunal da Inquisição, onde declarava que o sistema heliocêntrico era apenas uma hipótese. Contudo, em 1632, ele voltou a defender o sistema heliocêntrico e deu continuidade aos seus estudos.

De onde veio?



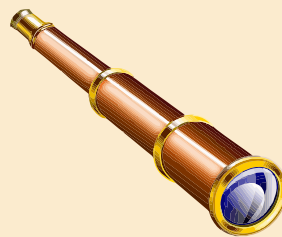
Galileu Galilei, físico, matemático, astrônomo e filósofo italiano, que nasceu em 1564 e morreu em 1642.

GALILEU



"Meça o que é mensurável
e torne mensurável o que não é."
Galilei, Galileu.

VOCÊ SABIA?



Galileu melhorou as lunetas de modo que as imagens ficassem mais nítidas e sem deformações, com um aumento de seis vezes, isto é, duas ou tres vezes mais ao das lunetas da época. Em 1609, empolgado com os primeiros resultados, fabricou uma luneta com aumento de nove vezes, sem deformações. Em 1610, Galileu publicou suas observações celestes no 'Sidereus Nuncius' com tiragem de 560 exemplares. Nesse livro falou de montanhas na Lua, dos 'planetas' que giravam em torno de Júpiter e nas milhares de estrelas da Via Láctea. Estas descobertas foram muito criticadas por teóricos que não acreditavam em suas experiências.

MATERIAL PROFESSOR



Caro Colega Professor

Nossa sugestão para poder utilizar este livro de forma a minimizar o máximo a perda de conhecimento dos alunos em suas aulas. Aconselhamos que, na primeira aula da turma, conheça os alunos de forma geral e, com isso, verificar se nosso material é adequado para a turma que irá lecionar. Propomos isso, porque sabemos que cada turma terá diferentes concepções, histórias, vivências e por isso pode ser ou não relevante essa forma de abordar a Física.

ESTAÇÕES DO ANO

O céu despertou a curiosidade dos seres humanos nas mais diferentes civilizações, nos mais diversos períodos da história humana. Essa curiosidade despertou inúmeras observações que geraram inúmeras constatações, sendo que algumas são bastante simples e outras, exigem uma grande dedicação por parte de quem observa o céu.

Propomos que você utilize as questões iniciais para debater com os alunos em primeira instância, deixando um tempo antes para que os mesmos respondam sozinhos. Seria interessante que estas questões fossem respondidas pelos alunos oralmente, na lousa ou com o auxílio de esferas de isopor. O importante é se distanciar das atividades tradicionais no caderno para serem visitadas.

Alguns fenômenos, como as estações do ano, estão intimamente relacionados com o nosso dia-a-dia, mas sua explicação não é tão simples.

Então seria interessante que, em sala e com o seu auxílio, os alunos tentassem explicar este fenômeno em grupo. Depois de pensarem a respeito por cerca de 10 minutos, proponha que os grupos debatam entre si se as explicações propostas fazem sentido ou se existem alguns fatos observados que não podem ser explicados com o modelo proposto.

Para auxiliar o trabalho da sala, você poderia visitar os grupos para saber quais são as ideias que os grupos estão tendo, para incentivar sua participação e para questioná-los se os modelos propostos fazem sentido. É provável que um integrante do grupo tenha um raciocínio e que os outros tenham outras explicações, mas tenham medo de expor suas ideias. Lembre-os de que o mais importante nessa atividade é se manifestar, se arriscar, e de que não há nenhum problema em errar.

Alguns fatos que não são explicados pela maioria dos modelos propostos:

O Sol não fica significativamente maior ou menor quando visto da Terra no decorrer do ano;

Quando é verão no hemisfério Sul, é inverno no hemisfério Norte (Um exemplo disso é o natal que tem como símbolos o papai Noel agasalhado e os bonecos de neve, sendo que isto entra em conflito com o calor que atinge nosso país nesta parte do ano;

A duração do dia ser maior no verão do que no inverno.

ESTAÇÕES DO ANO

Desta forma, os modelos com a Terra e o Sol se aproximando ou se afastando não são suficientes para explicar os fatos, já que este não tem seu tamanho no céu significativamente alterado durante o ano. Modelos que proponham que ambos os hemisférios terrestres recebem a mesma quantidade de radiação solar durante o ano todo também não conseguem explicar todos os fatos observados.

Assim, o único modelo capaz de explicar estes fatos é o que apresenta a distância entre o planeta e a estrela praticamente constante, e com o ângulo do eixo de rotação da Terra inclinado de uma quantia constante em relação ao seu plano orbital (eclíptica). Esta inclinação possibilita que o hemisfério Sul da Terra receba maior quantidade de luz do Sol no mês de Dezembro, sendo verão neste hemisfério, e que no mesmo mês seja inverno no hemisfério Norte, porque este recebe menos luz de nossa estrela.

Se desejar, pode deixar em aberto se a Terra gira ao redor do Sol ou vice versa, já que as estações do ano podem ser explicadas por ambos modelos e porque isto será abordado em breve.

MODELO GEOCÊNTRICO

Após a atividade das estações do ano e do debate entre geocentrismo e heliocentrismo, propomos um texto de leitura bastante fácil, que pode ser lido em sala, em casa ou resumido por você em suas aulas, que ajudará na explicação das duas correntes de pensamento, citando argumentos contra e a favor, bem como na dificuldade de aceitação deles.

Para auxiliar nos questionamentos sobre o geocentrismo e o heliocentrismo, elaboramos alguns quadros intitulados “Sua Vez”, em que são propostas algumas questões para que o aluno reflita e tente propor explicações acerca do tema. Pedimos atenção para a resposta de alguns desses questionamentos, pois, por exemplo, a pergunta “Já que o sistema geocêntrico explicava muito o que era observado, assim como o conhecimento que ele trazia era o suficiente para a sobrevivência, porque então vieram novas pessoas com outras ideias?” não possui resposta imediata, e requer elaboração de hipóteses e reflexões.

Uma atividade que pode ser muito útil para que os alunos percebam o movimento dos planetas errantes é trabalhar com o software Stellarium. Nele, é possível observar o céu de diferentes pontos da Terra e até mesmo de outros planetas. É possível também variar o instante de observação, isto é, mudar o dia, horário e até mesmo ano de observação. Pode-se simular a influência da poluição visual de uma cidade e a influência da atmosfera. Há também demarcações de trajetórias de planetas e de constelações, segundo diferentes culturas. Pode ser necessário alguns minutos para se acostumar com a posição dos botões, mas depois é muito simples encontrar um planeta e observá-lo em diferentes dias. Dessa forma, é possível demonstrar o movimento dos planetas errantes no céu, que tanto instigou os astrônomos.

MODELO GEOCÊNTRICO

A partir da problematização presente na atividade que pede a explicação das estações do ano, o aluno perceberá que a concepção prévia dele não é suficiente para explicar o fenômeno observado. Assim, para uma total explicação desse fenômeno, é necessário um modelo que ele não tem, e que ele precisará se apropriar de um conhecimento para uma melhor compreensão do fenômeno do dia-a-dia.

Uma abordagem que pode ser feita antes deste capítulo é uma problematização envolvendo o conceito de geocentrismo e heliocentrismo, já que é bem provável que o aluno tenha algum conhecimento a respeito, mas o saiba sem fazer as devidas reflexões. Então seria interessante levantar as concepções prévias dos alunos, algo que provavelmente já começou a ocorrer durante a atividade das estações do ano e nas questões da seção “sua vez”. Desta forma, você, professor, saberá se os alunos já possuem o conceito de heliocentrismo ou geocentrismo para elaborar suas explicações.

A partir deste momento, é interessante abordar com mais profundidade este antagonismo através de um debate, com metade da sala para cada um dos lados. Esta atividade pode incentivar o estudo, pois, para defender cada uma das correntes, o aluno precisará pesquisar sobre o tema. Esta pode ser uma atividade boa para se avaliar os alunos, sendo que quanto mais participativo o aluno, melhor. Vale a pena também avaliar o quão convincente são os argumentos e se algum aluno entra em contradição.

O seu papel poderá ser tanto de mediador, organizando as falas, os tons de voz e o respeito de maneira geral, quanto de provocador, mostrando os argumentos contra os dois modelos. Apenas tenha em mente que esta não deverá ser uma aula expositiva, e que os alunos devem, entre si, discordar e concordar, com mais perguntas do que respostas

MODELO HELIOCÊNTRICO

Como este livro tem uma abordagem histórica, é altamente recomendável que a disciplina Física estabeleça um diálogo com a disciplina História. Talvez o período de interpretação mais problemática seja a Idade Média, que também é chamada de Idade das Trevas, pois pode ser abordada de diferentes maneiras e sobre diversos enfoques.

Desta forma, seria interessante trabalhar cuidadosamente o contexto histórico da Revolução Copernicana, bem como a influência da Igreja com a Santa Inquisição. Pedimos cuidado, porém, com a posição religiosa sua e dos alunos, que deve ser respeitada, bem como na citação de fatos, que deve ser feita da maneira mais impessoal possível.

O conceito de eclipse também pode ser trabalhado conjuntamente com a disciplina Matemática, sendo que a astronomia pode ser uma aplicação deste conteúdo.

Proposta de Atividade:

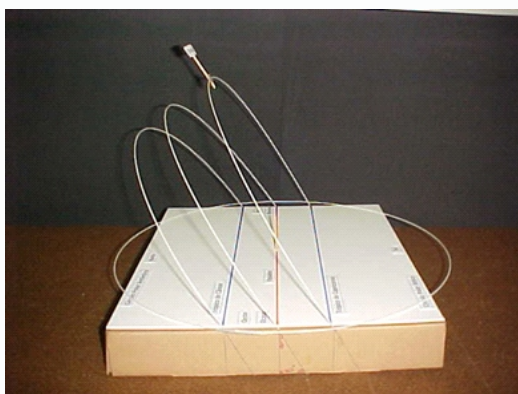
O Movimento Diário e Anual Aparente do Sol

Esta proposta de atividade tem como objetivo ser aplicada na parte inicial, ou seja, após a discussão dos alunos sobre como se dão as estações do ano. O professor deve aplicar esta atividade em grupos, e, como ela é simples para ser montada porém longa, aconselhamos ao professor que a aplique em pelo menos quatro aulas. No link abaixo, segue o passo a passo da experiência, com dicas de montagem e todas as informações necessárias quanto a sua realização, habilidades desenvolvidas, noções científicas trabalhadas e problematização.

<http://www.ciencia.ao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=aas&cod=exploracaoespacialmovime>

Resumo da Atividade

O Movimento Diário e Anual Aparente do Sol



O movimento de translação da Terra ao redor do Sol demora um ano para se completar. O planeta realiza esse movimento com uma inclinação de $23,5^\circ$ em relação ao seu próprio eixo. Assim, a quantidade de calor recebida em um mesmo ponto da superfície da Terra varia de acordo com a época do ano, o que determina a existência das estações do ano. Nesta atividade vamos focar no movimento diário do Sol. A proposta é construir uma maquete capaz de ensinar

aos alunos, a duração do dia e comparar o mesmo com outros dias subsequentes ao longo do ano.

Situação Problema:

Quais mudanças ocorrem no nosso ambiente em certas épocas no decorrer de um dia? E no decorrer de um ano? O que ocorre com as sombras à medida que passa o tempo durante o dia? As sombras são as mesmas todos os dias?

Hipóteses:

Em que meses do ano faz mais frio? Em quais meses clareia mais tarde? Em quais meses escurece mais cedo? Ao meio dia qual a posição do Sol sobre a nossa cabeça? Essa posição é sempre a mesma durante o ano? Quais os fatores que determinam o tamanho e a posição da sombra de um objeto?

Formas de Registro:

Registrar a atividade através da escrita e desenhos tanto no momento do manuseio da maquete como na observação do movimento aparente do Sol num dia em boas condições climáticas.

Organização da Classe:

Os alunos devem sentar-se em torno da mesa onde fica a maquete e observar os movimentos que o professor deve fazer com a Lâmpada (Sol) e a formação da sombra do palito nos três diferentes nascentes e poentes do Sol (Lâmpada).