

# Física

Aluno

## Caderno de Atividades Pedagógicas de Aprendizagem Autorregulada – 01

1ª Série | 1º Bimestre

Disciplina	Curso	Bimestre	Série
Física	Ensino Médio	1º	1ª
<b>Habilidades Associadas</b>			
1. Reconhecer a importância da Física Aristotélica e sua influência exercida sobre o pensamento ocidental, desde o seu surgimento até a publicação dos trabalhos de Isaac Newton;			
2. Saber comparar as ideias do Universo geostático de Aristóteles-Ptolomeu e heliostático de Copérnico-Galileu-Kepler;			
3. Compreender a relatividade do movimento.			

## Apresentação

A Secretaria de Estado de Educação elaborou o presente material com o intuito de estimular o envolvimento do estudante com situações concretas e contextualizadas de pesquisa, aprendizagem colaborativa e construções coletivas entre os próprios estudantes e respectivos tutores – docentes preparados para incentivar o desenvolvimento da autonomia do alunado.

A proposta de desenvolver atividades pedagógicas de aprendizagem autorregulada é mais uma estratégia para se contribuir para a formação de cidadãos do século XXI, capazes de explorar suas competências cognitivas e não cognitivas. Assim, estimula-se a busca do conhecimento de forma autônoma, por meio dos diversos recursos bibliográficos e tecnológicos, de modo a encontrar soluções para desafios da contemporaneidade, na vida pessoal e profissional.

Estas atividades pedagógicas autorreguladas propiciam aos alunos o desenvolvimento das habilidades e competências nucleares previstas no currículo mínimo, por meio de atividades roteirizadas. Nesse contexto, o tutor será visto como um mediador, um auxiliar. A aprendizagem é efetivada na medida em que cada aluno autorregula sua aprendizagem.

Destarte, as atividades pedagógicas pautadas no princípio da autorregulação objetivam, também, equipar os alunos, ajudá-los a desenvolver o seu conjunto de ferramentas mentais, ajudando-o a tomar consciência dos processos e procedimentos de aprendizagem que ele pode colocar em prática.

Ao desenvolver as suas capacidades de auto-observação e autoanálise, ele passa a ter maior domínio daquilo que faz. Desse modo, partindo do que o aluno já domina, será possível contribuir para o desenvolvimento de suas potencialidades originais e, assim, dominar plenamente todas as ferramentas da autorregulação.

Por meio desse processo de aprendizagem pautada no princípio da autorregulação, contribui-se para o desenvolvimento de habilidades e competências fundamentais para o aprender-a-aprender, o aprender-a-conhecer, o aprender-a-fazer, o aprender-a-conviver e o aprender-a-ser.

A elaboração destas atividades foi conduzida pela Diretoria de Articulação Curricular, da Superintendência Pedagógica desta SEEDUC, em conjunto com uma equipe de professores da rede estadual. Este documento encontra-se disponível em nosso site [www.conexao professor.rj.gov.br](http://www.conexao professor.rj.gov.br), a fim de que os professores de nossa rede também possam utilizá-lo como contribuição e complementação às suas aulas.

Estamos à disposição através do e-mail [curriculominimo@educacao.rj.gov.br](mailto:curriculominimo@educacao.rj.gov.br) para quaisquer esclarecimentos necessários e críticas construtivas que contribuam com a elaboração deste material.

**Secretaria de Estado de Educação**

## Caro aluno,

Neste caderno você encontrará atividades diretamente relacionadas a algumas habilidades e competências do 1º Bimestre do Currículo Mínimo de Física da 1ª Série do Ensino Médio. Estas atividades correspondem aos estudos durante o período de um mês.

A nossa proposta é que você, Aluno, desenvolva estas Atividades de forma autônoma, com o suporte pedagógico eventual de um professor, que mediará as trocas de conhecimentos, reflexões, dúvidas e questionamentos que venham a surgir no percurso. Esta é uma ótima oportunidade para você desenvolver a disciplina e independência indispensáveis ao sucesso na vida pessoal e profissional no mundo do conhecimento do século XXI.

Neste Caderno de Atividades, vamos aprender sobre a passagem do geocêntrico para o modelo heliocêntrico! Na primeira parte deste caderno você vai estudar sobre os modelos geocêntricos de Aristóteles e Ptolomeu. Na segunda parte, você estudará a proposta heliocêntrica de Nicolau Copérnico e as leis de Kepler. E na terceira parte, você estudará sobre a controvérsia científica e religiosa da passagem do modelo geocêntrico para o heliocêntrico e as contribuições de Galileu Galilei para a resolução desta controvérsia.

Este documento apresenta 03 (três) aulas. As aulas podem ser compostas por uma **explicação base**, para que você seja capaz de compreender as principais ideias relacionadas às habilidades e competências principais do bimestre em questão, e **atividades** respectivas. Leia o texto e, em seguida, resolva as Atividades propostas. As Atividades são referentes a dois tempos de aulas. Para reforçar a aprendizagem propõe-se, ainda, uma **pesquisa** e uma **avaliação** sobre o assunto.

Um abraço e bom trabalho!

**Equipe de Elaboração**

## Sumário

+ Introdução .....	03
+ Aula 01: Modelo geocêntrico (Aristóteles - Ptolomeu) .....	05
+ Aula 02: Modelo heliocêntrico (Copérnico e Kepler) .....	16
+ Aula 03: A controvérsia entre os dois modelos .....	23
+ Avaliação .....	30
+ Pesquisa: .....	33
+ Referências .....	34

## Aula 1: Modelo geocêntrico (Aristóteles - Ptolomeu)

Caro aluno, provavelmente você já deve ter percebido que todos os dias que o Sol se põe por volta das 18h, em um local que chamamos de oeste. E na extremidade oposta, que chamamos de leste, é o local que o Sol nasce por volta das 6h.

Durante este período, se você acompanhar o movimento do Sol durante o dia perceberá que ele segue um caminho no céu que se parece com uma circunferência. Durante a noite, se você acompanhar o movimento da Lua, perceberá que o caminho que ela percorre também se parece com uma circunferência. A mesma coisa ocorrendo com as estrelas.

Se você pensar um pouco no assunto, terá uma sensação muito forte de que o céu ao redor da Terra se move e que nosso planeta está parado. Mas você deve ter lido em algum livro, ouvido algum professor falar que na verdade é a Terra que se move e o céu que está parado.

Se você pensar um pouquinho mais no assunto deve começar a se perguntar: como isso é possível? Tudo o que você vê e sente diz que a Terra está parada e o céu se move. Como então é possível alguém afirmar que a Terra se move?

Pergunta intrigante, não acha? Pois foi exatamente esta pergunta que gerou uma das maiores controvérsias científicas da nossa história. A passagem do modelo geocêntrico (terra parada e o céu se move), para o modelo heliocêntrico (terra se move e o céu parado). Uma controvérsia que envolveu muitos outros assuntos, como cultura e religião, cujo resultado mudou permanentemente a visão sobre o mundo que as pessoas tinham na época. E, como se isso não fosse o bastante, iniciou uma Revolução Científica que mudaria para sempre os rumos que a Ciência passaria a seguir, principalmente a Física.

Fascinante, não? Como simplesmente observar o céu, pode gerar tantas discussões e mudanças? Nas três aulas propostas neste caderno você aprenderá um pouco mais sobre esta história e de como vários outros filósofos e cientistas contribuíram para as discussões desta controvérsia. Bons estudos!

## **ORIGEM DA CIÊNCIA:**

As origens do que hoje chamamos na Civilização Ocidental de Ciências da Natureza são encontradas na Antiguidade Clássica, na Grécia particularmente. Mas estes estudos têm raízes mais antigas em civilizações anteriores à grega. Embora a Civilização ocidental tenha se tornado dominante é importante reconhecer os avanços do conhecimento científico em outras civilizações. Por exemplo, as raízes da escrita e da matemática estão nas culturas anteriores à grega.

Os primeiros filósofos gregos tiraram grande parte das suas constatações sobre a natureza de fontes de informação transmitida de culturas mais antigas, como a astronomia da Babilônia e a geometria do Egito. O mérito dos gregos foi submetê-los a uma análise racional exaustiva além de adicionar novos conhecimentos, e, entre estes conhecimentos, a Astronomia tinha uma posição de destaque.

A aparência inconstante do céu era algo que cativava a mente e a imaginação do homem primitivo. O lento e majestoso movimento do céu durante a noite, conduzindo as estrelas de um lado a outro do horizonte era, e ainda é, extraordinário. As próprias estrelas moviam-se como um todo através do céu, e sua configuração, como podiam ser reconhecidas, permanecia a mesma, noite após noite, mês após mês, ano após ano. Este fato foi primordial para as primeiras medições de tempo e a elaboração de calendários, fundamental para a agricultura primitiva.

O céu, entretanto, não apresentava somente regularidades. De tempos em tempos algumas estrelas errantes apareciam no céu e se comportavam de forma totalmente desconexa da harmonia presente no céu. A estas estrelas os gregos deram o nome de planetas. Seu comportamento, aparentemente irregular, deve ter sido fonte de admiração para o astrônomo pré-histórico, e seus movimentos atuaram como um forte elemento motivador para a pesquisa científica.

Entre os frutos destas primeiras pesquisas científicas estão os primeiros modelos cosmológicos, que buscavam explicar o início e a evolução do universo, assim como o movimento dos astros celestes. Destes modelos, se destaca o modelo proposto por Aristóteles de Estagira.

Aristóteles foi um dos maiores filósofos da Antiguidade, suas contribuições se estendem em vários campos do conhecimento humano e suas ideias foram fundamentais no desenvolvimento histórico do Ocidente.

Um modelo geocêntrico é um modelo científico que se propõe a explicar o movimento dos astros celestes tendo como princípio a ideia de que a Terra está parada no centro do Universo e que os demais astros movem-se ao redor dela. A figura abaixo representa um modelo geocêntrico, mais precisamente o modelo aristotélico.

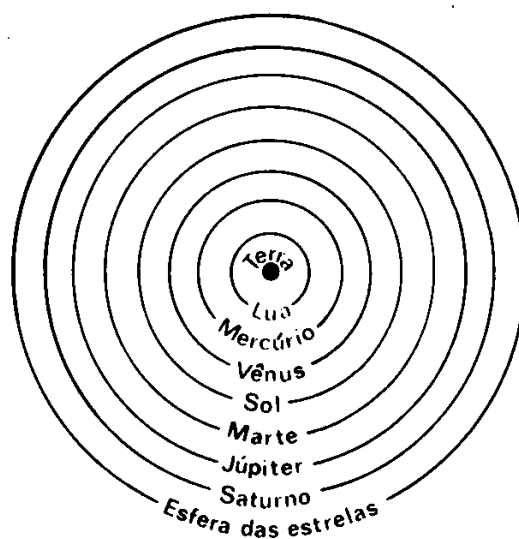


Figura 1 – Modelo aristotélico.

(<http://www.puc-rio.br/vestibular/repositorio/provas/1998-2/fiso.html>)

No modelo aristotélico temos a Terra no centro do Universo com os demais astros celestes orbitando-a em trajetórias circulares, bem definidas e com os planetas movendo-se nestas órbitas com velocidades constantes.

As órbitas circulares propostas por Aristóteles concordam com aquilo que nós e nossos antepassados percebiam diariamente ao observar o céu, entretanto, um modelo científico não deve somente registrar aquilo que percebemos sobre um fenômeno, ele deve, sobretudo, buscar explicá-lo. E perante este modelo surgem algumas perguntas bem interessantes. Por que a Terra está no centro do Universo? Por que a órbita dos planetas é circular? Entre muitas outras.

E o modelo proposto por Aristóteles buscava responder a estas perguntas e para entendermos estas respostas precisamos conhecer quais eram as teorias de

Aristóteles para a estrutura da matéria e do movimento, pois estas eram as duas teorias que fundamentavam a astronomia aristotélica.

### **A ESTRUTURA DA MATÉRIA SEGUNDO ARISTÓTELES:**

Para Aristóteles, tudo o que é composto de matéria, na Terra, se reduz em última instância, quanto a seus elementos materiais, a uma composição de quatro elementos básicos. Estes quatro elementos são a água, o ar, a terra e o fogo. O corpo humano, uma folha de árvore, uma pedra de rio, o sangue que corre nas veias, tudo o que é material é um composto em diferentes graus de complexidade, dos quatro elementos.

Os quatro elementos são a matéria na sua forma minimamente qualificada, a matéria na sua forma mais simples. E os quatro elementos são justamente a matéria em sua mais simples qualificação, sendo qualificada segundo dois pares de opostos: quente e frio de um lado, seco e úmido do outro lado. A água é matéria úmida e fria; o ar, a matéria úmida e quente; o fogo, a matéria seca e quente.

Variando as qualidades, passa-se de uma substância a outra. Por exemplo, o ar, se for alterado de quente para frio, passa a ser água, pois a água é matéria úmida e fria. Desse modo Aristóteles pensava poder explicar as transformações materiais que ocorrem nos objetos. Em última instância, elas são reduzidas às modificações que ocorrem entre os elementos primordiais (água, ar, terra e fogo), que constituem, segundo relações complexas, a matéria de tudo que existe.

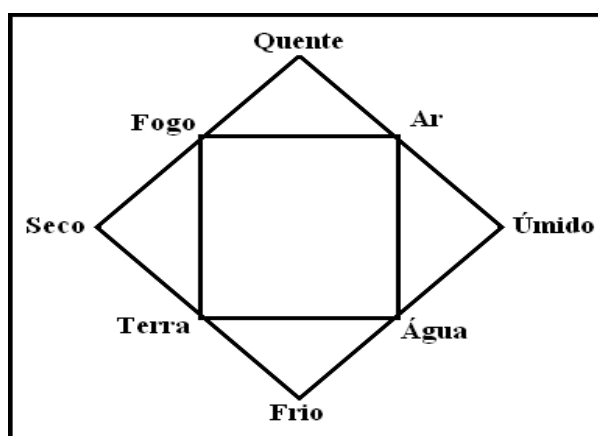


Figura 2 – A estrutura da matéria segundo Aristóteles.

(Adaptado de Rosa, 2006)



Qual é, porém, a natureza dos corpos celestes? Como vimos a água, a terra, o ar e o fogo transformam-se uns nos outros, o que constatamos pelas alterações que os corpos naturais sofrem (um animal, por exemplo, nasce, cresce e morre). Ora, as estrelas e os planetas, segundo Aristóteles, não surgem, nem crescem, nem desaparecem; a única mudança que sofrem é o deslocamento no espaço. Assim, para Aristóteles, não seria possível explicar a natureza dos astros recorrendo aos quatro elementos básicos.

Aristóteles então postula a existência de um novo elemento, o *éter*, o quinto elemento que não existe na Terra. Ele constitui a quinta camada material, que envolve as quatro outras camadas que constituem nosso mundo e nossa atmosfera (as camadas de terra, água, ar e fogo) e está presente em todo o espaço, formando o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas.

Portanto Aristóteles enxergava duas regiões bastante distintas, a região terrestre seria a sublunar, região imperfeita, sujeita a mudanças e variações. Já a região celeste, que começaria na Lua, seria a região supralunar, seria a região da perfeição, do divino. E seria por causa desta distinção entre o mundo celeste e o mundo terrestre que os astros celestes mover-se-iam em órbitas circulares, pois o círculo seria a representação da perfeição geométrica.

### **O MOVIMENTO NATURAL:**

No tocante aos movimentos e deslocamentos que observamos entre as coisas, Aristóteles adotou a tese do movimento natural. Todo deslocamento ocorre ou em um círculo ou em linha reta ou em uma combinação deles. Movimentos circular e retilíneo são, portanto, os movimentos básicos, pois todos os demais resultam de uma combinação entre eles. O círculo, na concepção aristotélica, é uma das figuras geométricas perfeitas, não tem início nem fim, por isso deveria ser o movimento natural dos corpos celestes, pois é lógico que os corpos perfeitos movam-se perfeitamente, então o movimento natural do éter é o movimento circular. Já os quatro elementos da região sublunar teriam o movimento retilíneo como movimento natural.

Da simples observação da natureza Aristóteles conclui que o fogo naturalmente se move para cima, enquanto a terra se move naturalmente para baixo. O fogo sempre sobe, pois está naturalmente localizado na parte superior do céu, na abóboda celeste; a terra, porém tem seu lugar natural no centro, e é por essa razão que os objetos caem. Eles se dirigem ao seu lugar natural, que é embaixo. Para Aristóteles, uma pedra cai porque ela sendo feita principalmente do elemento terra, possui uma tendência natural que a leva para baixo, seu lugar natural.

O movimento natural para cima também é realizado pelo elemento que é mais leve, em compensação, o que for mais pesado terá o movimento natural para baixo. O ar é mais leve que a água; assim, o ar tem um movimento similar ao do fogo, enquanto a água, que é mais pesada, tem um movimento semelhante ao da terra; à sua volta, está a água; o ar está acima da terra e da água e, enfim, acima do ar, está o último elemento atmosférico, o fogo. Essa ordem não é rígida, pois partes da terra (os nossos continentes), emergem por entre a água, assim como o fogo, ocorre também na terra e o ar transita por todos. Apesar desta flexibilidade, algo é fixo a saber: o fogo e o ar sobem naturalmente, enquanto a terra e a água caem naturalmente.

Para Aristóteles o movimento é eterno, algo se move por si mesmo ou é movido por alguma coisa, no primeiro caso temos o movimento natural e no segundo o movimento forçado, pois não é a própria coisa que se move, mas ela é movida por uma outra. Seguindo então tal raciocínio, para Aristóteles, o repouso seria o estado natural dos objetos, pois os únicos corpos que se moveriam perpetuamente seriam os corpos celestes, todos os outros se moveriam espontaneamente até chegarem ao seu lugar natural, chegando lá ficariam em repouso até serem forçados a se mover. Um corpo se move porque algo move este corpo, na linguagem atual da ciência este algo seria interpretado como uma força, no instante em que a força parasse de atuar nos corpos o movimento cessaria.

A partir destas duas teses, Aristóteles elabora o seu modelo astronômico. Os astros celestes são esferas e movem-se em círculos, isto porque a esfera e o círculo são figuras geométricas perfeitas, sendo assim também o cosmo aristotélico, perfeito, imutável. Em total oposição ao mundo celeste, onde prevalece a mudança, a corrupção. Desta forma, o mundo celeste e o mundo terrestre não podem ser feitos da mesma matéria, no mundo terrestre estariam presentes os quatro elementos, cujos

movimentos naturais são linhas retas. Já o mundo celeste seria constituído por um elemento especial, o éter, que dotaria os corpos dos quais eles são constituídos, de um movimento circular.

O universo aristotélico é finito e eterno, não tendo sido criado em nenhum momento, tampouco correndo o risco de destruir-se no seu futuro. O Universo, segundo Aristóteles, existe desde sempre e nunca deixará de existir. No centro do universo encontra-se a Terra, esférica e imóvel, logo depois viria a Lua e com ela se inicia o mundo supralunar, após a Lua viriam Mercúrio, Vênus, o Sol, Marte, Júpiter e Saturno, e depois, nas fronteiras do Universo estariam as estrelas, todos eles girando em torno da Terra em movimentos circulares. O universo é pleno, pois, para Aristóteles não existe vazio, logo ele não admite a existência do vácuo.

Caro aluno, antes de prosseguirmos, vamos refletir um pouquinho sobre o modelo proposto por Aristóteles. Um detalhe que talvez tenha lhe chamado a atenção era a separação do Universo em dois locais distintos. Um mundo perfeito, localizado no céu, e um mundo imperfeito que é onde nós vivemos.

Essa separação entre os dois mundos não parece ter um sentido religioso? Então, isso de certa forma, fez com que a Igreja Católica adotasse a concepção aristotélica sobre o Universo e o defendesse com tanto fervor na controvérsia com o modelo copernicano, que era um modelo heliocêntrico.

Calma, pode ser que tenha vindo a sua cabeça alguma crítica à Igreja Católica por ela atrapalhar a Ciência ou no mínimo atrasar o progresso da Ciência. Calma, esta questão é muito mais complexa do que parece e embora a Igreja Católica tenha sim utilizado argumentos religiosos na discussão, ela também usou de muitos argumentos científicos também. Nós vamos voltar a este assunto na aula III, mas antes de prosseguir vamos estudar um pouco sobre os problemas que o modelo aristotélico tinha.

### **AS INCONSISTÊNCIAS DO MODELO ARISTOTÉLICO:**

Embora as ideias de Aristóteles explicassem a maioria dos fenômenos astronômicos com relativo sucesso, elas tinham algumas inconsistências:

- O movimento retrógrado de alguns planetas;
- O aumento do seu brilho durante seus movimentos;
- A não uniformidade da trajetória anual do Sol.

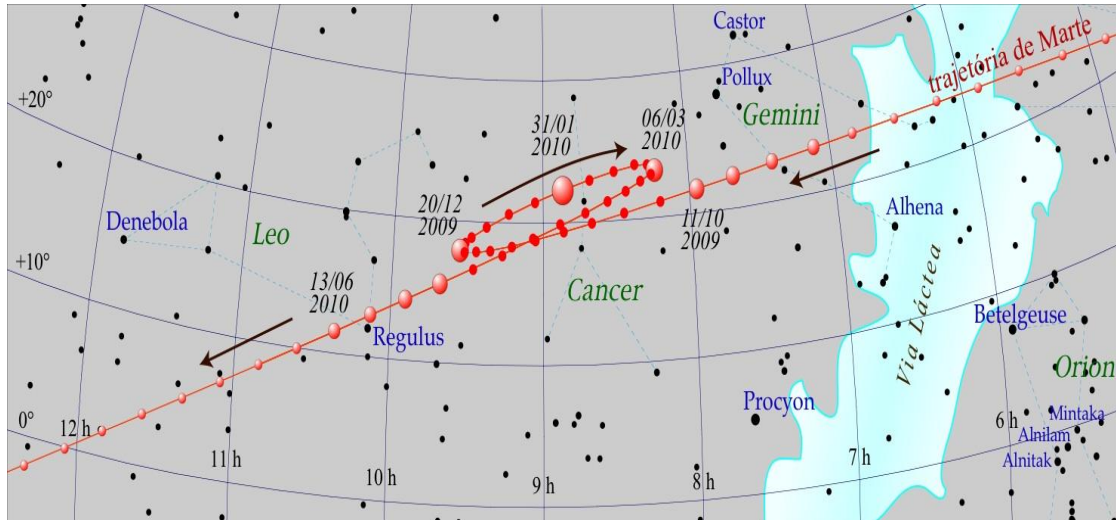


Figura 3 – Movimento retrógrado de Marte observado da Terra.

<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/Retrogrado/MarteRetrogradoGris2.jpg>

E foram muitos os astrônomos e pensadores da Antiguidade que buscaram solucionar este problema, entre todos eles se destaca o nome de Cláudio Ptolomeu, astrônomo e matemático alexandrino que viveu no século I a.C. De um modo geral pode-se dizer que os conceitos filosóficos do sistema ptolomaico tinham origem na física aristotélica, porém introduziu algumas novidades ao buscar adequar seu sistema a fatos conhecidos, como mostra a figura abaixo:

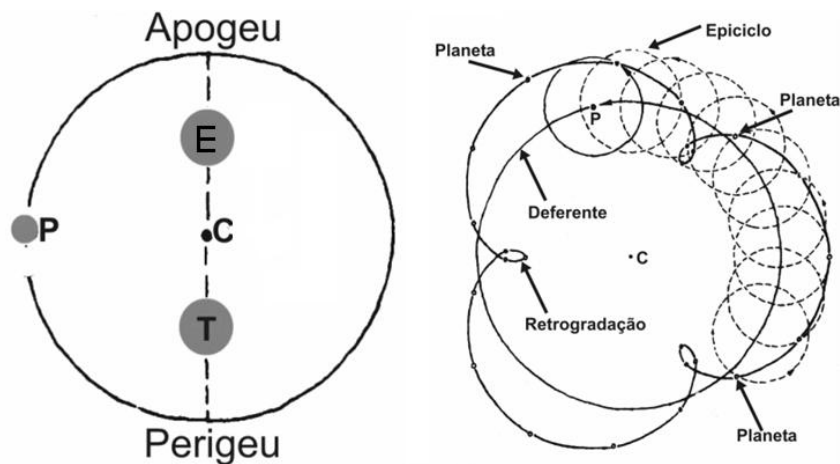


Figura 4 – Sistema ptolomaico.

(adaptado de BRAGA, GUERRA, REIS, 2011)

- Para explicar a diferença de velocidades, a Terra foi retirada do centro da esfera ocupando uma posição excêntrica. Desse modo, mesmo que o planeta descreva um movimento circular uniforme em torno do centro de curvatura, visto da Terra, esse movimento em relação às estrelas de fundo parecerá ocorrer a velocidades diferentes quando o corpo estiver no perigeu (ponto mais próximo da Terra) e no apogeu (ponto mais afastado da Terra). O sistema excêntrico explicava também as conhecidas variações de brilho dos planetas nos diversos pontos da órbita.
- Assumia-se que o ponto P se movia uniformemente no círculo de referência ou deferente. No entanto, as velocidades obtidas ainda não refletiam bem as velocidades dos planetas e muito menos as retrogradações.
- O ponto P era apenas um ponto imaginário no deferente em torno do qual se definia o epiciclo. O epiciclo era uma circunferência centrada no ponto P e sobre a qual o planeta descrevia a sua trajetória num movimento circular uniforme. Para tornar o movimento do planeta idêntico à observação era apenas necessário adaptar os tamanhos do deferente e dos epiciclos até se obter a curva ajustada às observações.
- E para finalizar Ptolomeu introduz o conceito de equante (o ponto E na figura da esquerda). O equante é um ponto deslocado em relação ao centro de cada um dos deferentes, em torno do qual **o centro do epiciclo do planeta se desloca com velocidade uniforme**. Desta forma, o equante contempla a ideia do movimento uniforme, mas não mais em relação ao centro do deferente e nem em relação à Terra, mas em torno de um ponto vazio.

A figura abaixo ilustra como seria uma representação final do modelo ptolomaico:

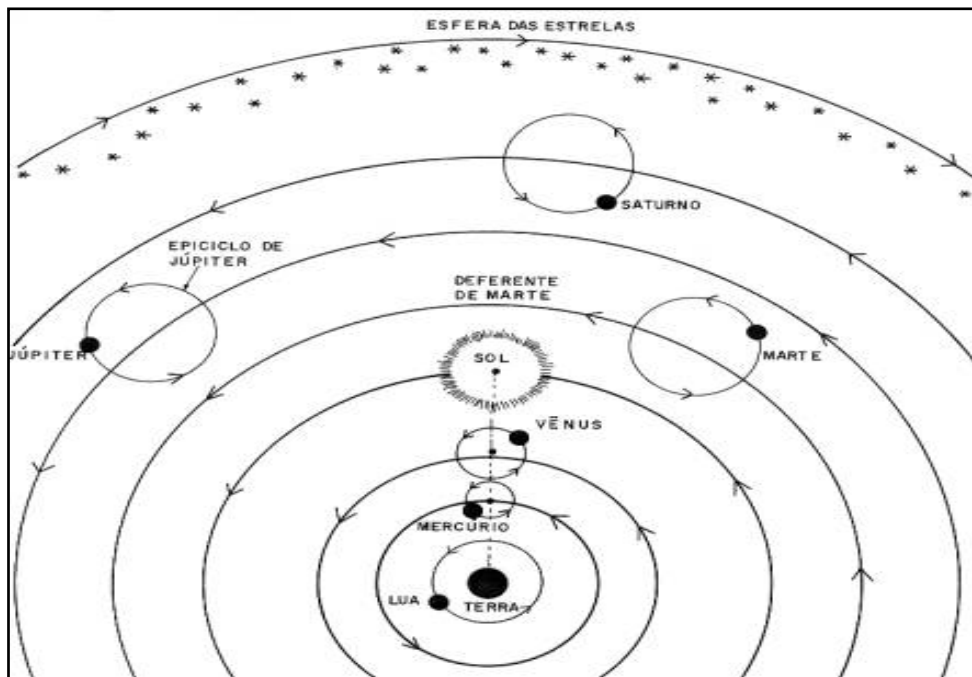


Figura 5 – Sistema Ptolomaico

([http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20041/Diomar/imagens/geo\\_01.jpg](http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20041/Diomar/imagens/geo_01.jpg))

Meio confuso, não acha? A verdade é que o Sistema Ptolomaico realmente não era para iniciantes. O uso dos epípiclos, deferentes, excêntricos e vários outros recursos utilizados por Ptolomeu exigiam do astrônomo um bom domínio da matemática para ser usado de forma adequada, mas ele tinha a grande vantagem de ser funcional, permitia prever o movimento dos planetas com uma boa exatidão, servindo inclusive aos marinheiros para orientá-los por observações das estrelas durante as Grandes Navegações.

De certa forma o sistema ptolomaico foi elaborado e estruturado buscando respeitar alguns conceitos da astronomia apresentados por Aristóteles, como o movimento circular dos planetas, mesmo que para isso usasse de artifícios matemáticos.

E foi exatamente o uso de um destes artifícios matemáticos, o equante, que incomodou Nicolau Copérnico quatorze séculos depois. Pelo conceito do equante, o centro do epíiclo se move com velocidade constante, não o planeta em si. E isto contrariava o antigo ideal grego que todos os planetas se movessem de forma uniforme em torno do centro, foi buscando restabelecer este ideal grego que Copérnico propôs o seu sistema heliocêntrico.



## Aula 2: Modelo heliocêntrico (Copérnico - Kepler)

Nicolau Copérnico foi um sacerdote da Igreja Católica que viveu na Polônia durante o século XVI, possui grande destaque na comunidade científica por propor um modelo heliocêntrico para explicar o movimento dos astros celestes. Sua obra dá início a uma Revolução Científica e Cultural que mudaria permanentemente a visão de mundo do cidadão europeu do século XVI.

Embora Copérnico tivesse suas obrigações sacerdotais, ele sempre encontrava tempo para suas atividades científicas e literárias, e conforme realizava suas observações e investigações astronômicas passou, cada vez mais a discordar do modelo vigente de sua época, no caso o modelo ptolomaico, como podemos perceber em alguns trechos de uma publicação sua, onde ele propunha o modelo heliocêntrico.

*“Todo movimento registrado no firmamento não provém do firmamento propriamente dito, mas do movimento da Terra. A Terra, em consequência com os elementos mais próximos, efetua em 24 horas, uma volta ao redor dos seus pólos imutáveis, enquanto o firmamento com o céu mais alto permanece imóvel.”*

Este trecho foi retirado de um pequeno texto manuscrito que Copérnico escreveu para mostrar para alguns amigos e discutir com eles suas idéias, embora ele não tivesse intenção de publicar este texto, varias cópias foram feitas e se espalharam pela Europa.

Contrariando o atual senso comum que enxerga a Igreja Católica como uma instituição que promove o atraso do progresso da ciência, Copérnico não sofreu nenhuma censura dos seus superiores eclesiásticos ao expor suas idéias heliocêntricas, ao contrário, foi convidado em 1514 para colaborar na reforma do calendário. Um convite que Copérnico recusou ao afirmar que esta reforma não seria possível até que se conhecesse com mais detalhes os movimentos do Sol e da Lua. E esta é uma das tarefas que ocupariam a vida de Copérnico nas três décadas seguintes.

Em 1540, é publicada a primeira obra de Copérnico sobre o modelo heliocêntrico, o *Narratio prima*. Esta obra causou grande impacto no mundo culto da

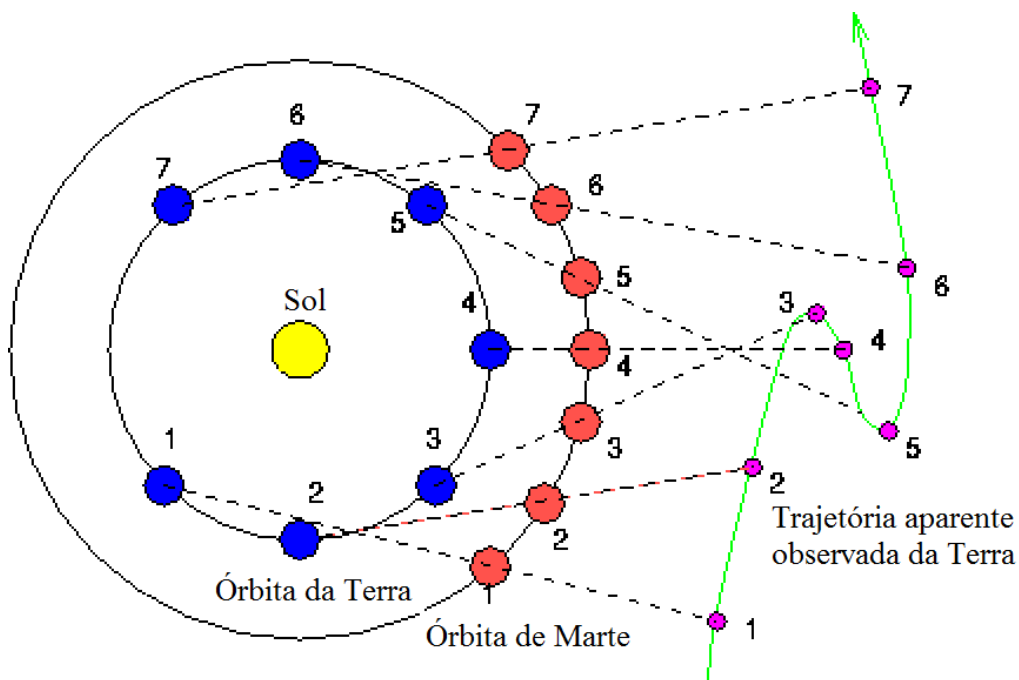


época e estimulou a edição definitiva da obra de Copérnico sobre o heliocentrismo, o *De revolutionibus orbium coelestium* (Das revoluções das esferas celestes), publicado em 1543.

A obra de Copérnico não é revolucionária pelo seu conteúdo em si, ela pode ser considerada como um retorno à Astronomia matemática grega que buscava explicar o problema das irregularidades dos movimentos planetários. O mesmo problema que Ptolomeu buscou responder treze séculos antes, a principal diferença entre as duas obras é que uma geocêntrica e a outra heliocêntrica.

O retorno à tradição matemática e a hipótese heliocêntrica permitiram aos seus seguidores – Kepler, Galileu e Newton – concluir a obra que Copérnico iniciou e as consequências que ela gerou. Estas sim podem ser consideradas revolucionárias. O cálculo preciso e fácil da posição dos planetas, a eliminação dos epiciclos e dos excêntricos, a classificação do Sol como uma estrela, a expansão infinita do Universo, a união do celeste com o mundo, entre outras.

A grande inovação de Copérnico refere-se à solução do problema do movimento aparente dos planetas, este seria explicado consequência do movimento orbital da Terra, a figura busca ilustrar a explicação copernicana para o aparente movimento retrógrado dos planetas:



Adaptado de: <http://www.ap.stmarys.ca/~ishort/Images/SolSystem/PlanetMtn/Retrograde/retrograde.gif>

Fig. 6 – Movimento aparente dos planetas segundo Copérnico.

Outro aspecto importante a ser compreendido sobre a obra de Copérnico, é que ele não tinha uma explicação física para que o Sol fosse o centro do seu modelo astronômico. As razões que levaram Copérnico a fazê-lo podem ser pensadas como razões culturais, ou até mesmo religiosas, como deixa transparecer um trecho escrito por Copérnico para justificar sua escolha:

*“No meio de todos os assentos, o Sol está no trono. Neste belíssimo templo poderíamos nós, colocar esta luminária noutra posição melhor de onde ela iluminasse tudo ao mesmo tempo? Chamaram-lhe corretamente a Lâmpada, o Mente, o Governador do Universo; Hermes Trimegisto chama-lhe o Deus Visível; a Electra de Sófocles chama-lhe O que vê tudo. Assim, o Sol senta-se como num trono real governando os seus filhos, os planetas que giram à volta dele.”*

As explicações científicas que sustentam o Sol estar no centro do sistema solar, surgiram depois com os trabalhos de Kepler, Galileu e Newton, mas isto de forma nenhuma desmerece o trabalho de Copérnico.

#### **JOHANNES KEPLER:**

Johannes Kepler foi um astrônomo alemão, defensor da teoria heliocêntrica e matemático extremamente habilidoso, acreditava na harmonia da natureza. Para ele a matemática seria a chave para desvendar os mistérios do cosmo. Desse modo, um de seus primeiros modelos planetários relacionava as órbitas dos planetas com os cinco sólidos regulares da geometria:

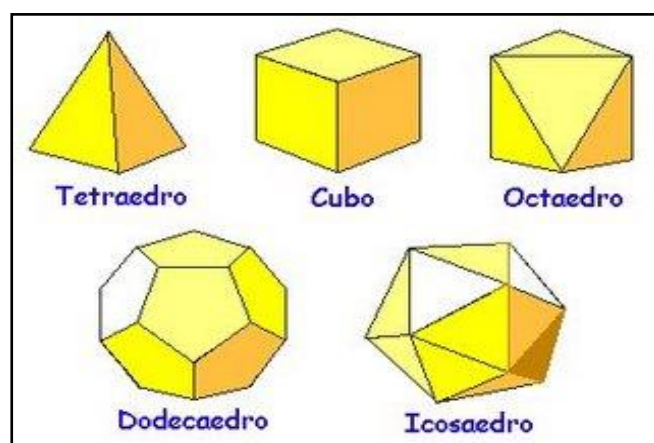


Fig. 7 – Os cinco sólidos platônicos

[http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm43/imagens/s\\_platon.gif](http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm43/imagens/s_platon.gif)

Segundo Kepler não era por acaso que só existiam seis planetas. Nos intervalos (cinco) entre as órbitas dos planetas sempre se poderia representar um sólido regular.

*“A órbita da Terra é a medida de todas as coisas; circunscreva-se em torno dela um dodecaedro e o círculo que contém este será o de Marte; circunscreva-se em torno do círculo de Marte, um tetraedro e o círculo contendo este será o de Júpiter; circunscreva-se em torno do círculo de Júpiter um cubo e o círculo contendo este será o de Saturno. Agora, inscreva-se dentro da órbita da Terra, um icosaedro e o círculo contido nele será o de Vênus; inscreva-se dentro da órbita de Vênus, um octaedro e o círculo contido nele será o de Mercúrio. E desta forma obtemos a razão para o número de planetas.”*

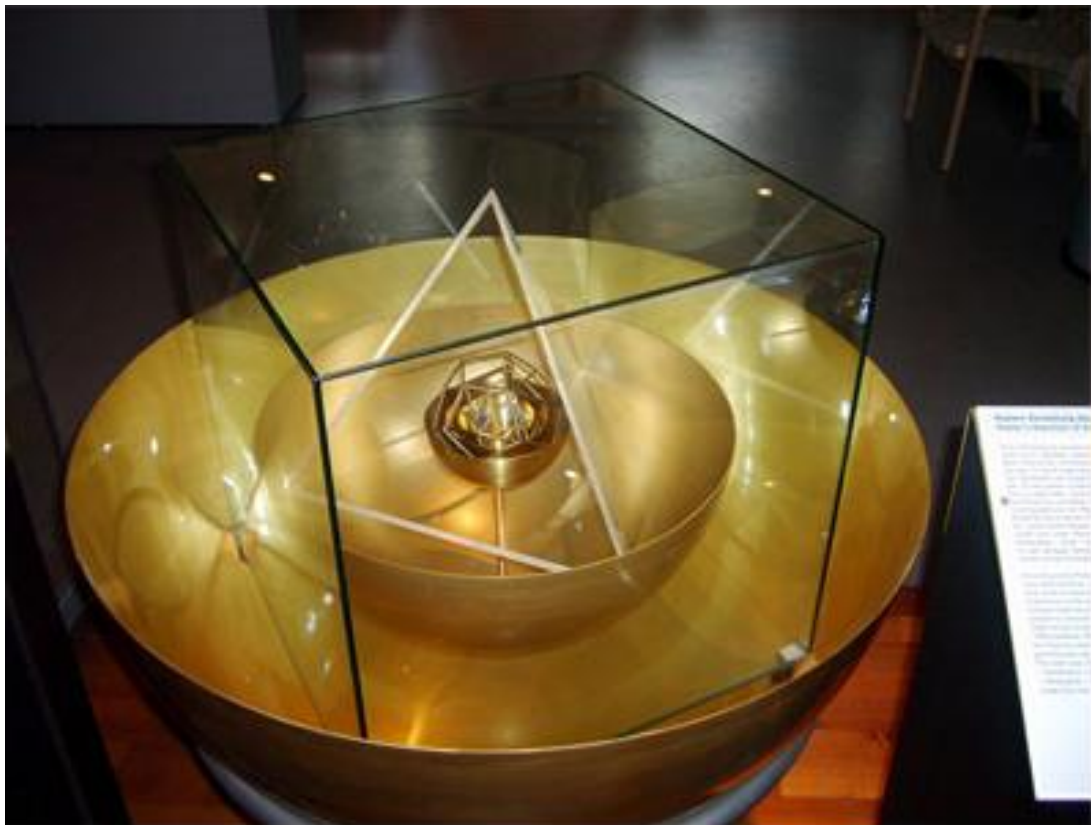


Fig. 8 - O modelo do sistema solar defendido por Johannes Kepler.

(<http://osmaioresdahumanidade.blogspot.com.br/2013/05/as-estrelas-do-ceu-johannes-kepler.html>)

Mas por mais cálculos que fizesse, os sólidos platônicos e as órbitas planetárias não concordavam completamente. Kepler acreditou então que as observações que possuía deviam estar erradas.

Tycho Brahe, o matemático imperial da corte do imperador Rudolfo II, tinha em seu poder as observações planetárias mais exatas da época. Por coincidência, Brahe escreveu à Kepler por essa altura, a convidá-lo para se encontrarem em Praga. Kepler acabou por aceitar e partiu para Praga em 1598. Brahe acabou por morrer subitamente em 1601, e Kepler foi então reconhecido como o matemático imperial da corte. A partir desse momento, Kepler teve acesso absoluto às observações planetárias de Brahe. Mas os novos dados também não apoiaram a sua conjectura, segundo a qual as órbitas dos planetas estão circunscritas pelos cinco sólidos platônicos.

Como Kepler jamais conseguiu ajustar esse modelo aos dados de Tycho Brahe, acabou abandonando-o e passou a trabalhar com outras hipóteses.

Kepler havia considerado inicialmente dois pressupostos aristotélicos em suas pesquisas: a perfeição do círculo e a idéia que os planetas moviam-se com velocidades constantes em suas órbitas. Após trabalhar arduamente sobre os dados deixados por Tycho Brahe, Kepler abandonou suas idéias iniciais e conseguiu elaborar duas leis que mudaram definitivamente a forma de explicar o movimento dos planetas.

As duas primeiras leis diziam exatamente o contrário das hipóteses clássicas: os planetas apresentavam órbitas em forma de elipse, com o Sol em um dos focos; e têm velocidades variáveis ao longo da órbita, sendo mais velozes quanto mais próximos do Sol.

Kepler não parou nessas duas leis. Após mais de dez anos de trabalho, elaborou uma terceira, pela qual estabeleceu uma relação matemática entre o período de translação dos planetas e o raio médio de suas órbitas.

#### **AS TRÊS LEIS DE KEPLER:**

- **Primeira Lei de Kepler (Lei das órbitas elípticas):** O planeta em órbita em torno do Sol descreve uma elipse em que o Sol ocupa um dos focos;
- **Segunda Lei de Kepler (Lei das áreas):** O planeta percorre áreas iguais em tempos iguais;
- **Terceira Lei de Kepler (Lei Harmônica):** Os quadrados dos períodos de revolução dos planetas são proporcionais aos cubos dos eixos máximos de suas órbitas:  $T^2 = KR^3$

A figura abaixo ilustra as duas primeiras leis de Kepler:

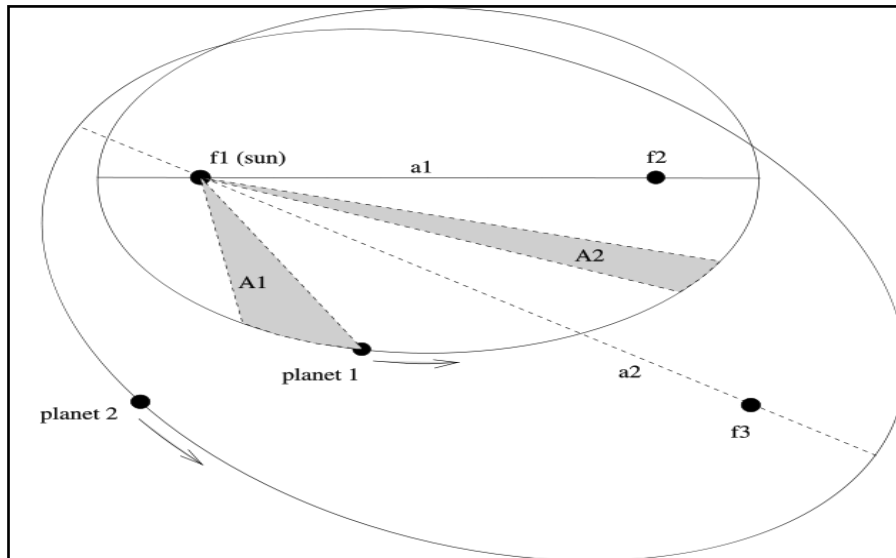


FIG. 9 – ÓRBITAS ELÍPTICAS DOS PLANETAS E AS DIFERENTES VELOCIDADES EM SUA ÓRBITA.

[HTTP://PT.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FICHEIRO:KEPLER LAWS DIAGRAM.SVG](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Kepler_Laws_Diagram.SVG)

## Atividade 2

**1) (OBA-2009)** As observações que Galileu fez com a luneta marcam a passagem da visão geocêntrica (a Terra tida como centro do Universo), para a heliocêntrica (o Sol tido como centro do Universo). A visão geocêntrica era muito mais natural. Baseado em observações do cotidiano, cite dois motivos pelos quais o modelo geocêntrico é mais “natural”:

**2) (OBA-2009)** Existiam também motivações culturais para colocar o Sol no centro do Universo, pelo seu claro destaque e importância para nós. Nicolau Copérnico (1473-1543), foi muito motivado por razões desse tipo, quando propôs seu modelo. Cite uma razão pela qual se deveria acreditar que o Sol deveria ser o centro do universo. (Não vale dar respostas envolvendo coisas que foram formuladas depois de Copérnico e por causa dele, como Leis de Kepler ou Gravitação de Newton. Argumente com motivos não tão ligados a teorias físicas):

**3)** Tendo em vista as Leis de Kepler sobre os movimento dos planetas, pode-se afirmar que:

(A) A velocidade de um planeta, em sua órbita, aumenta à medida que ele se afasta do sol.

(B) O período de revolução de um planeta é tanto maior quanto maior for sua distância do sol.

(C) O período de revolução de um planeta é tanto menor quanto maior for sua massa.

(D) O período de rotação de um planeta, em torno de seu eixo, é tanto maior quanto maior for seu o período de revolução.

**4)** Baseando-se nas leis de Kepler, pode-se dizer que a velocidade de um planeta:

(A) Independe de sua posição relativamente ao sol.

(B) Aumenta quando está mais distante do sol.

(C) Aumenta quando está mais próxima do sol.

(D) Diminui no periélio (Ponto mais próximo do Sol).

### Aula 3: A controvérsia entre os dois modelos

O principal problema enfrentado pelo sistema heliocêntrico de Copérnico está, sem dúvida, na falta de evidência empírica em favor de suas hipóteses. De fato, não há quem possa, com base na experiência comum, hoje e no século XVII, afirmar que percebe os movimentos terrestres. E admitir que a Terra possui um movimento de translação, leva a necessidade de se admitir que a Terra também tem um movimento de rotação. O fato do Sol e os demais astros nascerem todo o dia a leste e porem-se a oeste não prova que a Terra gira; ao contrário, fortalece o ponto de vista geocêntrico de que a Terra está no centro, em torno do qual vemos todos os corpos celestes moverem-se em movimento circular. Enfim, nenhuma experiência simples evidencia o movimento da Terra, ao contrário, nossa percepção cinética interna gera, até mesmo a certeza da imobilidade do chão em que pisamos.

Esta sensação da imobilidade da Terra deu origem a uma série de questionamentos e objeções que deveriam ser respondidos de forma convincente por qualquer um que defendesse o sistema heliocêntrico. Uma destas objeções ficou conhecida como argumento da queda vertical.

O argumento era que se um objeto fosse abandonado do alto de uma torre, ao tocar o chão ele não estaria mais ao lado da torre já que esta se moveria junto com a Terra, a figura a seguir ilustra exatamente esta situação:

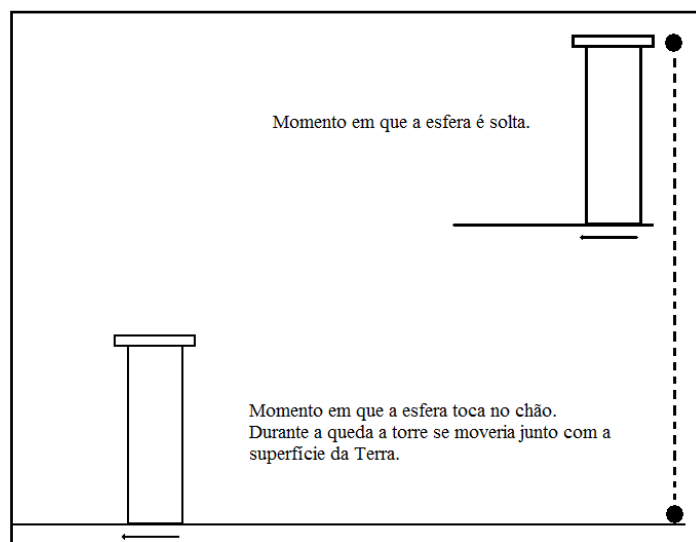


Fig. 10 – Argumento da queda vertical (arquivo pessoal)

Assim, qualquer um que defendesse verdadeiramente o sistema heliocêntrico precisaria apontar evidências que sustentassem este modelo e oferecer respostas adequadas a estas objeções. Vimos na aula 2, que Nicolau Copérnico apresenta um modelo heliocêntrico e que Johannes Kepler apresenta importantes colaborações para o estudo do movimento planetário, mas foi o físico italiano Galileu Galilei quem apresentou as melhores evidências e respostas na defesa do sistema heliocêntrico.

De todos os grandes nomes da ciência, Galileu foi, talvez, o de maior coragem intelectual. Muitos o chamam de “pai” da ciência moderna, mesmo que essa paternidade ou mesmo o que marca o início da ciência moderna, sejam sujeitos a debate, Pai da ciência moderna ou não? A verdade é que Galileu transformou profundamente nossa visão de mundo.

Em 1609, chega ao conhecimento de Galileu notícias da existência de um aparelho óptico, uma luneta, comercializado por holandeses. Esse aparelho, que Galileu transformará num poderoso instrumento científico e em 12 de março de 1610 Galileu publica em latim o Sidereus Nuncius (A mensagem das estrelas), no qual comunica as descobertas resultantes de suas observações:

- A Lua possui, como a Terra, grandes montanhas e vales. Ou seja, possui um relevo acidentado e não é lisa e polida como nos parece a olho nu;
- As nebulosas e a Via Láctea são compostas de várias estrelas, além disso, pode-se constatar que as estrelas encontram-se a enormes distâncias entre si, de modo, que não existe uma esfera última de estrelas fixas. O universo é muito maior do que se pensava;
- Ao passo que a Terra possui uma Lua e Júpiter possui quatro satélites. Essa observação permite, por analogia, dar plausibilidade à hipótese copernicana de que a Lua acompanha a Terra em seu giro ao redor do Sol, já que outro planeta e suas quatro luas também o fariam.

Estas descobertas foram muito importantes para a aceitação do modelo heliocêntrico, embora nem todas fossem evidências que corroborassem o modelo copernicano, muitas delas contrariavam o modelo aristotélico-ptolomaico.



Nos anos seguintes à publicação do *Sidereus*, Galileu continua fazendo várias observações sobre o sistema solar de forma que em 1613, Galileu já não podia mais recuar em seu compromisso copernicano. Galileu inicia uma intensa polêmica com setores tradicionais conservadores que irão acusá-lo de heresia, de desrespeito aos dogmas católicos.

Galileu não apenas defendia o sistema copernicano como também uma divisão entre a ciência e a teologia, ao expor um ponto de vista de que Deus é autor de dois livros: o da Natureza, que se conhece com as “experiências sensíveis e com as demonstrações necessárias”, e as Escrituras, que se lêem na linguagem comum, pois em sua infinita sabedoria, Deus sabia, quando ditou as Escrituras, que para fazer-se entender tinha de usar a linguagem comum, a única que o homem comum entende.

A Astronomia copernicana e as observações telescópicas de Galileu passam a enfrentar a acusação de que as hipóteses de Copérnico eram contrárias a passagens das Sagradas Escrituras. Isto colocava tudo o que se afirmava, sob suspeita de heresia, arrastando Galileu para uma polêmica teológico-cosmológica acerca da incompatibilidade de Copérnico com a Bíblia, que marcará o período de 1613-1616. Essa polêmica será a responsável pelo primeiro processo de Inquisição contra Galileu, culminando em 1616, com a condenação da teoria copernicana.

Em 10 de agosto de 1623, sobe ao pontificado com o nome de Urbano VIII, o cardeal Maffeo Barberini. Ele era tido por todos como um progressista e patrono das ciências e das artes. Este acontecimento reacende em Galileu a esperança de neutralizar a proibição da teoria copernicana pelo decreto de 1616. Com esse intuito, Galileu realiza uma viagem a Roma. A viagem tem um sucesso aparente. O papa o recebe em seis longas audiências, e Galileu consegue obter a autorização do pontífice para escrever uma obra tratando da questão astronômica.

De 1624 a 1630, Galileu dedica-se a preparação de sua obra, “*O Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*”. Com efeito, a obra é composta por quatro diálogos que ocorrem em quatro dias ou “jornadas”, que tratam respectivamente: da contestação do cosmo aristotélico, das objeções mecânicas ao movimento de rotação da Terra, das objeções mecânicas ao movimento de translação da Terra e da teoria das marés.

Destas quatro jornadas, a que nos interessa no momento, é a segunda, ou mais precisamente as objeções mecânicas ao movimento de rotação da Terra, pois foi exatamente buscando oferecer respostas a estas objeções que Galileu dá início a uma nova Física. Uma Física capaz de reinterpretar nossas experiências cotidianas acerca dos movimentos que acontecem próximos à superfície da Terra.

Galileu fornece essas respostas desenvolvendo uma conceituação mecânica original, composta basicamente por um novo quadro conceitual articulado em torno do conceito da relatividade do movimento que, como veremos, permite conceituações do movimento e de composição de movimentos.

A ideia central, que norteará a resposta até aqui formuladas e que é a chave para a solução das objeções ao movimento da Terra, consiste em considerar que a Terra está em movimento “juntamente com os elementos circundantes”, ou seja, que as coisas terrestres participam do movimento da Terra. Partindo dessa concepção de movimento participado, a argumentação de Galileu em respostas às objeções terá a seguinte estratégia geral:

a) O movimento da Terra fica totalmente imperceptível para nós, habitantes da Terra e participantes desse movimento. Com efeito, como todas as coisas participam do movimento da Terra, se considerarmos apenas essas coisas e seus movimentos relativos, tudo se passa como se o movimento da Terra não existisse e ela estivesse em repouso;

b) O mesmo movimento é perceptível em todos os corpos que, separados da Terra, não participam de seu movimento. Ora, isso efetivamente acontece no caso do Sol e das estrelas que, por não participarem do movimento da Terra, são vistos moverem-se no céu.

Galileu mostra que o erro fundamental das objeções mecânicas ao movimento de rotação terrestre consiste em pressupor que a Terra está em repouso quando o corpo em queda ou lançado inicia seu movimento, introduzindo depois, hipoteticamente, o movimento de rotação durante o curso de seu deslocamento. Em outras palavras, as objeções mecânicas à rotação terrestre não leva em conta o fato de que os corpos próximos à superfície da Terra já participam desse movimento, como dele também participa o observador, de modo que, pelo princípio da relatividade, o

movimento de rotação torna-se um componente invariante de todos os movimentos terrestres.

Compreendido o princípio da relatividade, é fácil entender sua aplicação aos diversos casos particulares e a consequente refutação das objeções referentes à queda livre dos corpos e ao movimento dos projéteis. Para nosso propósito, basta apresentar a estratégia geral que guia as respostas de Galileu para ambos os casos.

A pedra que cai da torre, além de possuir o movimento para baixo, é animada também da rotação da Terra e, assim, cai ao pé da torre; além disso, como o observador terrestre também participa do movimento de rotação, ele vê que a pedra cai verticalmente. Tudo se passa como se não existisse a rotação, porque ela é um componente invariante de todos os movimentos terrestres.

Vamos pensar um pouco na nossa realidade e ver como o princípio da relatividade do movimento se aplica ao nosso cotidiano. Uma das grandes críticas ao modelo heliocêntrico era a dificuldade de percebermos o movimento da Terra. No século XVII perceber situações semelhantes realmente era mais difícil mas hoje isto é mais simples.

Imagine que você esteja dentro de um vagão de trem ou metrô se movimentando e que ele esteja se movendo com velocidade constante em uma linha reta. Imagine que este seja um metrô especial que se desloque sobre trilhos magnéticos, neste caso ele não balança quando se move. Você percebe o movimento do vagão principalmente pelo o que você observa pela janela ou pelo som do motor, não pelo o que ocorre dentro do vagão.

O movimento do vagão é imperceptível para nós, da mesma forma que o movimento da Terra. Sendo inclusive válida uma pergunta que até soa absurda. É o vagão que está se movendo ou a plataforma? Imagine que você esteja parado dentro do vagão, em frente à porta e o metrô está em movimento. Se você der um pulo vertical, você vai cair no mesmo lugar de onde saltou, não vai pra esquerda ou pra direita. Isto porque está se movimentando junto com o metrô, não é porque você deu um pulo que você perderia o movimento do metrô.

É o mesmo tipo de raciocínio que Galileu usa para responder às objeções mecânicas ao movimento de rotação da Terra. Apesar da importância de sua obra e das respostas oferecidas por Galileu, ele não foi poupado da fúria da Inquisição, tendo

sido condenado pelo tribunal do Santo Ofício em 22 de junho de 1633, sendo obrigado a viver em prisão domiciliar até o final de sua vida, tendo sido absolvido de heresia somente em 1992, mais de três séculos depois, pelo papa João Paulo II, em comemoração ao centenário do nascimento de Albert Einstein.

### Atividade 3

**1)** Galileu Galilei (1564-1642), é bastante lembrado pelo uso astronômico das lentes, que ampliava imagens e com isso via coisas nos céus que ninguém observava a olho nu, como as manchas solares, as montanhas da Lua, as fases de Vênus, quatro dos satélites de Júpiter, os anéis de Saturno e as estrelas da Via Láctea.

**a)** O livro em que Galileu publicou suas descobertas com o telescópio, chamado *Sidereus Nuncius* (A Mensagem das Estrelas), foi publicado em março de 1610, ano seguinte às observações. Calcule quantas voltas completas a Terra realizou em torno do Sol, desde aquele ano:

As observações de Galileu usando sua luneta não foram imediatamente aceitas. Existiam, de fato, bons motivos para questionar os resultados e as interpretações de suas observações. Não era tão fácil acreditar no que Galileu dizia ver, mesmo que você estivesse observando com um instrumento de ampliação. Galileu precisou convencer as pessoas de sua época de que as observações com o novo instrumento eram confiáveis, e melhores que as observações a olho nu.

**b)** Galileu observou com sua rústica luneta, o planeta Júpiter e teve uma surpresa. Qual a única alternativa que descreve a observação de Galileu?

(A) Observou naves voando em Júpiter.

(B) Observou quatro pontos brilhantes alinhados com o planeta, mudando de posição a cada noite.

(C) Observou que Júpiter era composto de gases de diferentes cores.

(D) Observou anéis mais finos que os de Saturno.

**2)** Uma mudança muito importante ocorrida na época de Galileu foi a forma de explicar como o mundo funciona, ou seja, a mudança da Física. Uma dificuldade de todas as inovações astronômicas é que a física tradicional não tinha como explicá-la. Algumas gerações de pensadores ficaram tentando construir novos princípios físicos, até que Isaac Newton (1643 - 1727) conseguiu dar uma boa forma final a isso. A Física de Newton foi tão bem sucedida que até hoje a estudamos na escola e a usamos para entender nosso mundo cotidiano.

**a)** Quando jogamos uma pedra exatamente para cima (na vertical), ela cai em cima de nós, certo? Mas quando propuseram que a Terra girava, não foi o que disseram. Os críticos da rotação da Terra diziam que, enquanto a pedra estivesse no ar, a Terra giraria um pouco, de forma que, quando voltasse ao chão, a pedra ficaria para trás de quem jogou, mas não é isso o que acontece! Como Galileu respondeu a esta objeção?

**b)** Supondo que isso realmente acontecesse, da pedra atingir a Terra em outro lugar, devido à rotação, em que pontos da Terra a rotação não influenciaria na queda da pedra?

## Avaliação

**1)** Uma super-nova é um dos mais extraordinários eventos astronômicos existentes. Representa o final do ciclo de existência de uma estrela quando ela literalmente explode. Nos seus instantes finais, a luminosidade emitida pela estrela aumenta consideravelmente, permitindo que possam ser localizadas onde nenhuma estrela havia sido observada antes, há registros chineses de ocorrências de super-novas em 1006, 1054, 1572 e 1604.

Apesar das super-novas também terem sido vistas no ocidente, os astrônomos ocidentais iriam começar a registrar tais eventos de forma mais precisa somente a partir da revolução científica, iniciada no século XVI, quando os cientistas começaram a questionar de forma mais contundente as ideias aristotélicas. Estas ideias, de certa forma “inibiam” os astrônomos ocidentais, pois a teoria aristotélica era incapaz de explicar satisfatoriamente a ocorrência das super-novas.

Um exemplo bem interessante desta inibição foi a super-nova ocorrida em 1006. Ela emitiu tanta luminosidade que durante alguns meses podia ser vista a olho nu da Terra, era como se uma estrela aparecesse em maio, permanecesse visível durante três meses e desaparecesse em agosto. Os registros ocidentais relatam este fenômeno como se fosse um cometa, pois para Aristóteles os cometas seriam fenômenos atmosféricos e não astronômicos.

Qual parte da teoria aristotélica, que era seguida pelos astrônomos ocidentais antes da revolução científica, impedia uma interpretação mais adequada para o fenômeno das super-novas? Justifique sua resposta: (Fácil)

**2) (OBA-2009)** Uma observação importante de Galileu com sua luneta foi a das fases de Vênus. O modelo geocêntrico de Ptolomeu e o modelo heliocêntrico de Copérnico faziam previsões diferentes dessas fases, conforme pode ser visto nas figuras abaixo, esquerda e direita.

Repare que, na primeira figura, Vênus não orbita diretamente a Terra, num círculo, mas o faz num ponto que orbita a Terra. Esses círculos dentro de círculos eram

usados para deixar o modelo matematicamente mais preciso. Na verdade, o modelo de Copérnico também usava esses sub-círculos (epiciclos), mas não os indicamos aqui (você pode reparar se quiser que isso não mudaria as fases vistas no modelo de Copérnico):

Fonte: <http://www.oba.org.br/>

**Galileu observou a existência de quatro fases em Vênus. Explique como tal fato contribuía a favor do sistema heliocêntrico: (Média)**

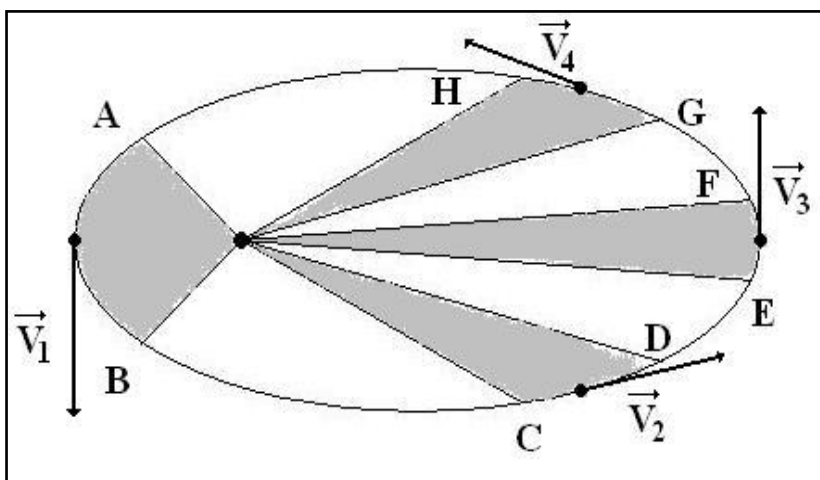
**3)** Uma das grandes dificuldades para a aceitação do modelo heliocêntrico estava em admitir que a Terra se movia. E as objeções a ideia do movimento da Terra eram bem fundamentadas, nossa observação cotidiana e a maioria dos experimentos mecânicos realizados na Terra sustentavam a ideia de que a Terra estava parada. Aceitar que a Terra se movia demandou uma nova concepção sobre movimento que foi apresentada por Galileu através do Princípio da Relatividade do Movimento. Procure explicar, em pelo menos cinco linhas, como este princípio explicaria o movimento da Terra e a nossa não percepção deste movimento: (Média)

**4)** Um homem, no interior de um elevador, está jogando dardos em um alvo fixado na parede interna do elevador. Inicialmente, o elevador está em repouso, em relação à Terra, suposta um Sistema Inercial e o homem acerta os dardos bem no centro do

alvo. Em seguida, o elevador está em movimento retilíneo e uniforme em relação à Terra. Se o homem quiser continuar acertando o centro do alvo, como deverá fazer a mira em relação ao seu procedimento com o elevador parado? (Fácil)

- (A) mais alto;
- (B) mais baixo;
- (C) mais alto se o elevador estiver subindo, mais baixo se descendo;
- (D) mais baixo se o elevador estiver subindo, mais alto se descendo;
- (E) exatamente do mesmo modo

5) Suponha que a elipse mostrada na figura deste exercício represente a trajetória de Júpiter em torno do Sol. As áreas sombreadas são todas iguais entre si, e a distância de Júpiter ao Sol é a mesma nas posições 2 e 4:



[http://www.cienciamao.usp.br/dados/pru/\\_mecanica.apostila.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/pru/_mecanica.apostila.pdf)

- a) Se Júpiter gasta 1 ano para percorrer o arco AB, qual será o tempo gasto por ele para percorrer cada um dos arcos CD, EF e GH? (fácil)
- b) Sejam  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$ , as velocidades de Júpiter em cada uma das posições mostradas na figura. Coloque essas velocidades em ordem crescentes de seus valores: (fácil)



## Pesquisa

Caro aluno, você estudou nestas três aulas a passagem do modelo geocêntrico para o modelo heliocêntrico, uma das controvérsias científicas mais importantes da nossa história, e embora as discussões tenham envolvido aspectos filosóficos, religiosos entre outros, no seu cerne, ela foi uma discussão entre dois modelos científicos. Uma controvérsia entre o modelo aristotélico e o modelo copernicano. O interessante nesta controvérsia é que são quase vinte séculos de diferença o tempo que separa um modelo do outro, o que nos leva a duas perguntas cruciais: Como a Física aristotélica, ou de forma mais abrangente, a ciência grega, se difundiu pelo mundo?

E porque a Igreja Católica, uma instituição conhecida por criticar e renegar aquilo que ela não considera cristão, usaria um modelo científico que teve origem em uma sociedade pagã, uma sociedade que cultuava deuses diferentes?

Estas são as perguntas que você deverá buscar responder por meio de uma pesquisa bibliográfica, para lhe auxiliar foram selecionados alguns tópicos que estão relacionados com as perguntas acima:

- O império alexandrino;
- O período helenístico;
- A difusão da ciência grega no Império Romano;
- A cristianização das teses aristotélicas feitas por São Tomás de Aquino.

## Referências

- [1] Zingano, Marco. Platão e Aristóteles - os caminhos do conhecimento (Odysseus Editora, São Paulo, 2002).
- [2] R.R.F. Mourão, Copérnico, pioneiro da Revolução Astronômica (Odysseus Editora, São Paulo, 2003).
- [3] R.R.F. Mourão, Kepler, a Descoberta das Leis do Movimento Planetário (Odysseus Editora, São Paulo, 2008).
- [4] Mariconda, P.R. Galileu e a Nova Física (Odysseus Editora, São Paulo, 2006)
- [5] Ronan, C. A.; *História Ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge*, Jorge Zahar Editor: Rio de Janeiro, 1987, vols. I, II e III.
- [6] ROSA, L. P. *Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões*. São Paulo: Paz e Terra, 2006.
- [7] BRAGA, M. ; GUERRA, A ; REIS, J. C. *Breve História da Ciência Moderna Vol 1*. 4 ed. 2011. v. 1. 104p

## Equipe de Elaboração

### **COORDENADORES DO PROJETO**

#### **Diretoria de Articulação Curricular**

Adriana Tavares Maurício Lessa

#### **Coordenação de Áreas do Conhecimento**

Bianca Neuberger Leda  
Raquel Costa da Silva Nascimento  
Fabiano Farias de Souza  
Peterson Soares da Silva  
Ivete Silva de Oliveira  
Marília Silva

### **PROFESSORES ELABORADORES**

Prof. Rafael de Oliveira Pessoa de Araujo  
Prof. Ricardo de Oliveira Freitas  
Prof.<sup>a</sup>. Saionara Moreira Alves das Chagas