

Modelos do Sistema Solar

Roberto Ortiz - EACH/USP

Grécia antiga

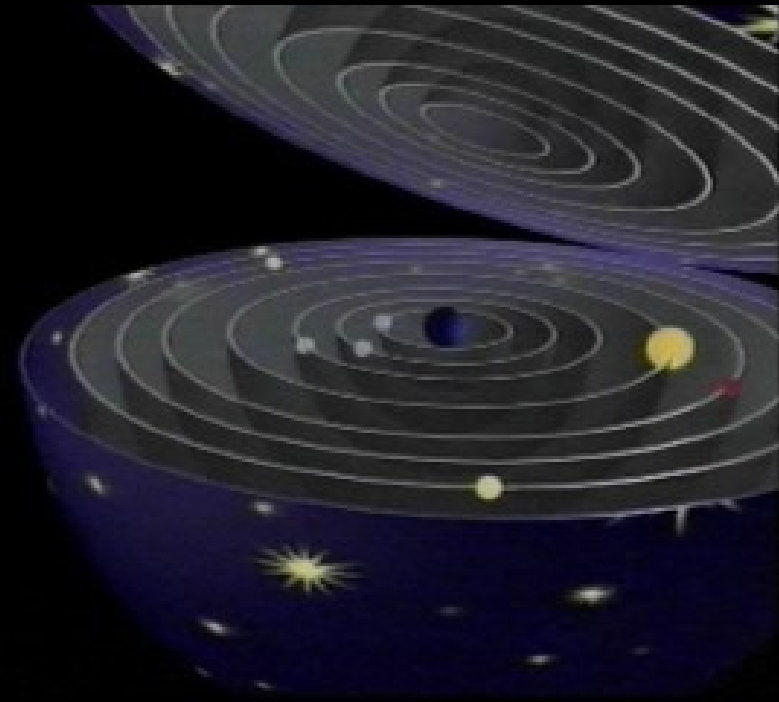
(750 a.C. - 146 a.C.)

- Desenvolvimento da Matemática, Geometria, Astronomia, Filosofia, Política, etc.
- Em sua obra **Metafísica**, Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), o criador do *Método Científico*, propôs que o Universo seria geocêntrico, *i.e.* a Terra ocuparia seu centro.



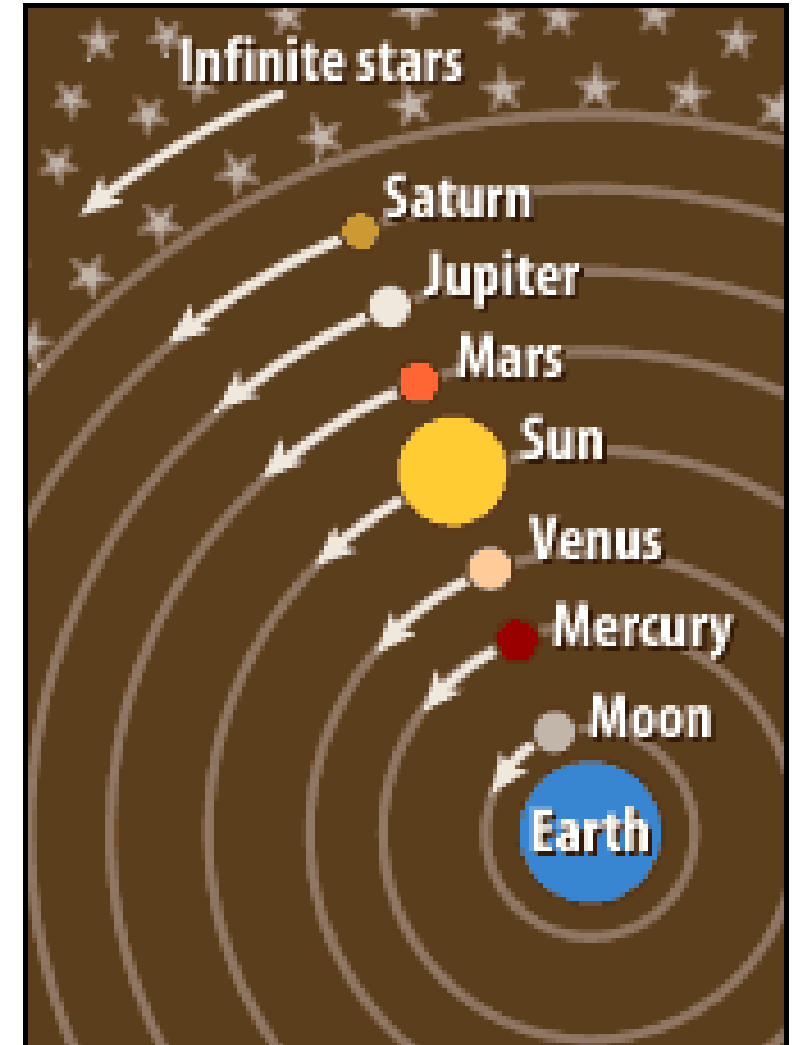
O Modelo Geocêntrico

- A Terra ocupa o centro do Universo.
- Os planetas giram em órbitas circulares em torno da Terra.
- Os astros mais “rápidos” estariam mais próximos: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno.
- As estrelas estariam incrustadas numa esfera de cristal, muito distante, por não exibirem movimento próprio discernível.



Limitações de um modelo geocêntrico composto somente de *ciclos*

- O modelo ao lado é composto somente de *ciclos* centrados na Terra.
- Fenômenos observados que este modelo não explica:
 - A velocidade dos planetas no céu é variável ao longo do tempo.
 - O brilho dos planetas é variável com o tempo.
 - Há ocasiões quando o sentido do movimento dos planetas temporariamente se inverte: as “laçadas”.

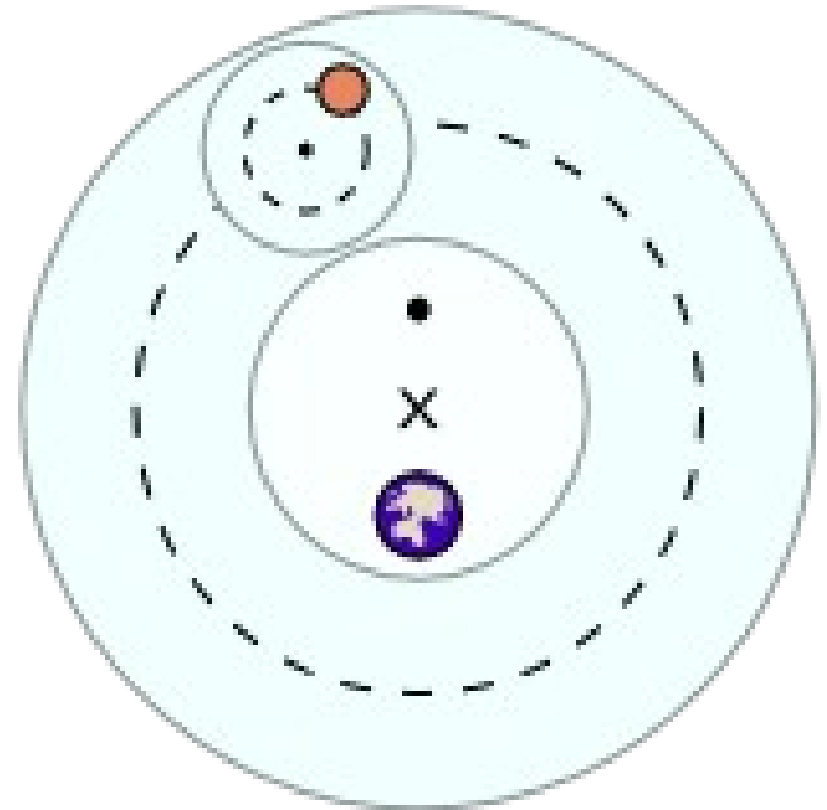


Movimento de Marte no céu

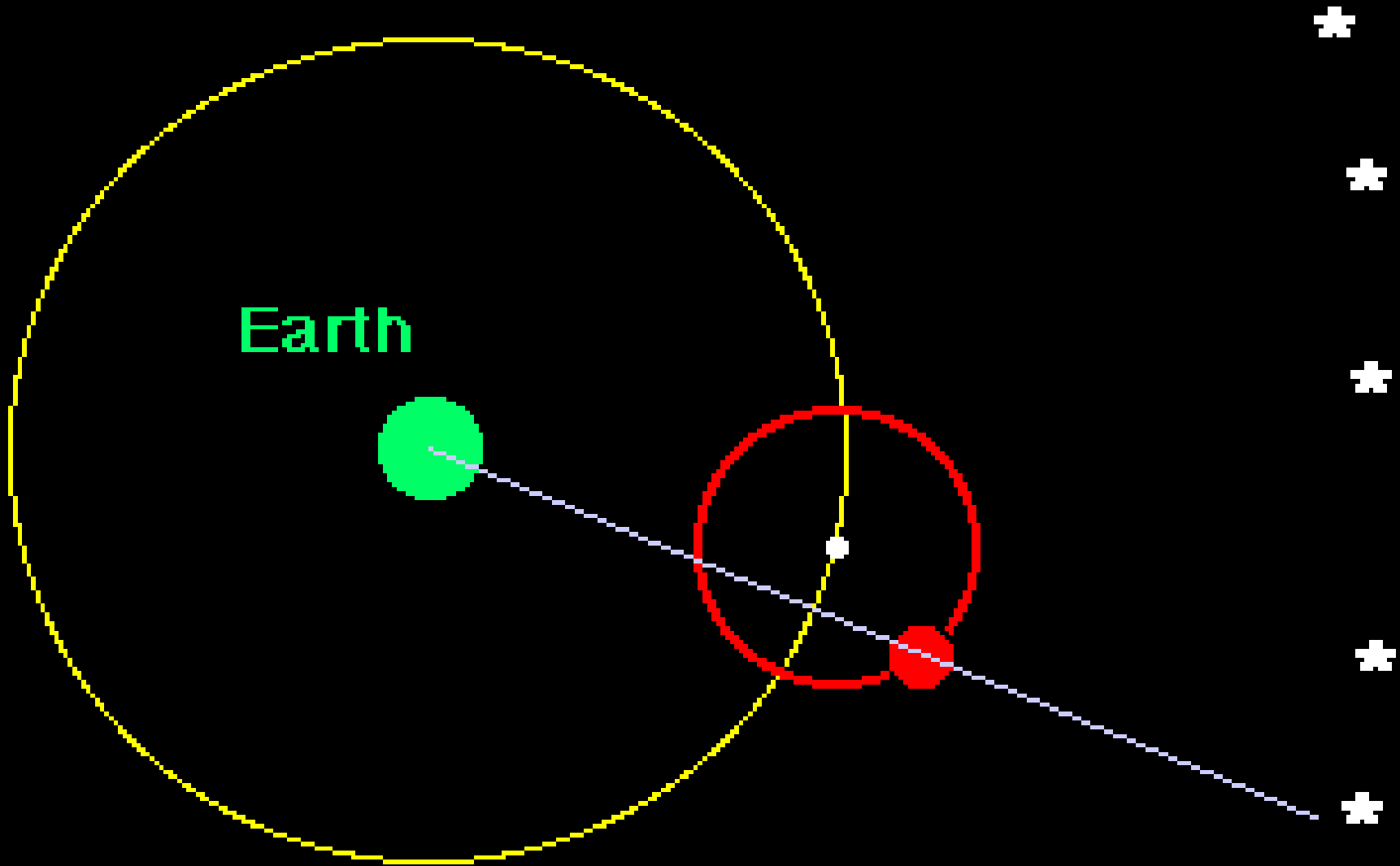


O modelo geocêntrico de Claudius Ptolomeus (Egito, *circa* 90 – 168 a.D.)

- Solução para “salvar” o modelo geocêntrico: incorporação de *deferentes*, *epiciclos*, *equantes*, *etc.*
- Equante: ponto imaginário, situado à mesma distância que a Terra do centro do sistema.
- Deferente: circunferência cujo centro é o ponto médio entre a Terra e o equante. O deferente gira em torno da cruz na figura.
- Epiciclo: circunferência que um planeta descreve cujo centro está no deferente.



Epicyclos



Heliocentrismo

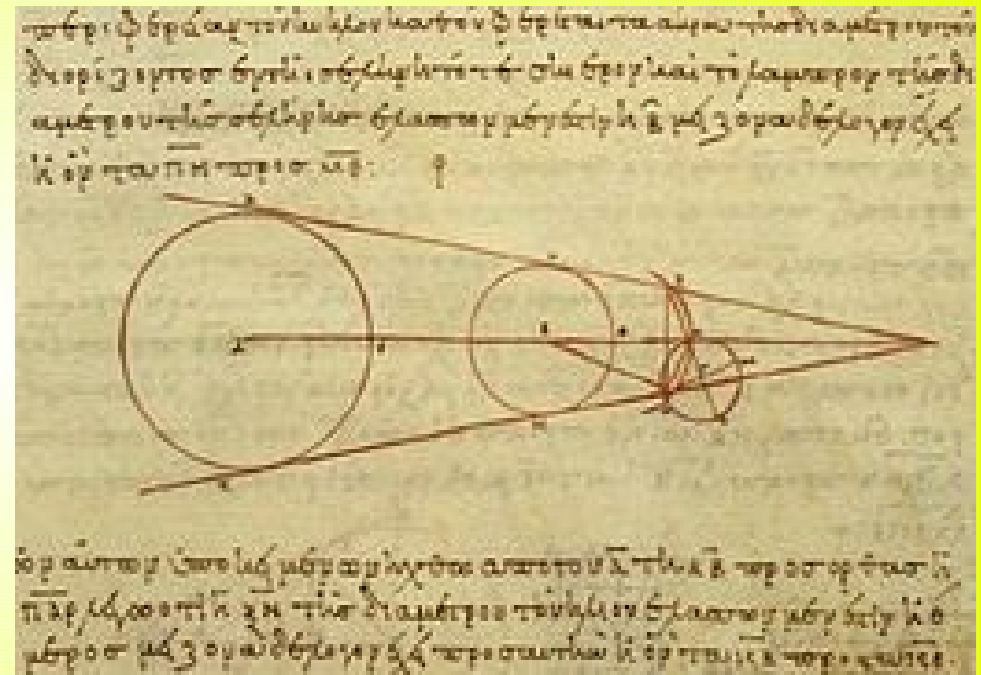
- Primeira sugestão de Heliocentrismo: Aristarco de Samos (*circa* 270 a.C.).
- Aristarco realizou medidas angulares no céu nas ocasiões de eclipses e da fase de quarto-crescente e minguante.
- Utilizando elementos de Geometria, calculou o tamanho relativo do Sol, Terra e da Lua.



Acima: um eclipse lunar

Heliocentrismo

- Seus cálculos sugeriam que o Sol teria um diâmetro de 6 a 7 vezes maior que o terrestre.
- Portanto seria mais provável que a Terra girasse em torno do Sol, e não o contrário.
- Seus resultados não foram amplamente aceitos e durante os 18 séculos seguintes prevaleceu o modelo geocêntrico de Ptolomeu.



Acima: Gravura (medieval, séc. X a.D.), ilustrando os tamanhos relativos do Sol, Terra e Lua durante um eclipse lunar.

A Revolução de Copérnico

- No século XVI, Nicolau Copérnico escreveu sua principal obra: *De Revolutionibus orbium celestius*.
- Esta obra, publicada no ano de sua morte (1543), estabelecia os princípios e implicações do modelo Heliocêntrico, em todos os seus detalhes.



Nicolau Copérnico

Modelo Heliocêntrico de Nicolaus Copernicus

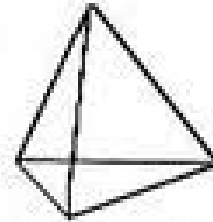
*Retrograde Motion in the
Copernican System*

As Leis do Movimento Planetário

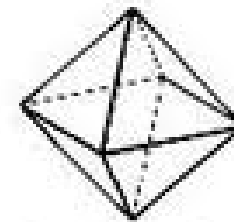
- Johannes Kepler (1571-1630) era um astrônomo e matemático alemão.
- Durante muitos anos dedicou-se aos estudo (teórico) das órbitas planetárias.
- Kepler acreditava que os raios das órbitas (circulares) estava relacionado aos 5 poliedros regulares de Platão.



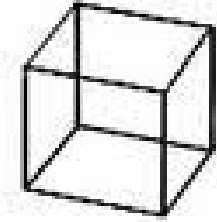
Os 5 sólidos de Platão (ao lado) têm como faces polígonos regulares.



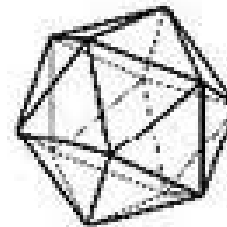
Tetrahedron



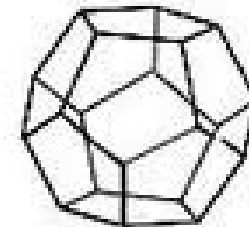
Octahedron



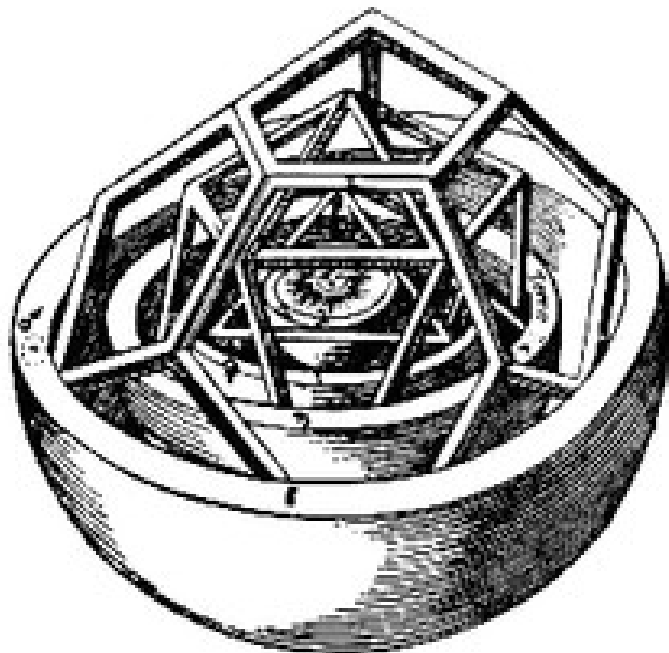
Cube



Icosahedron



Dodecahedron

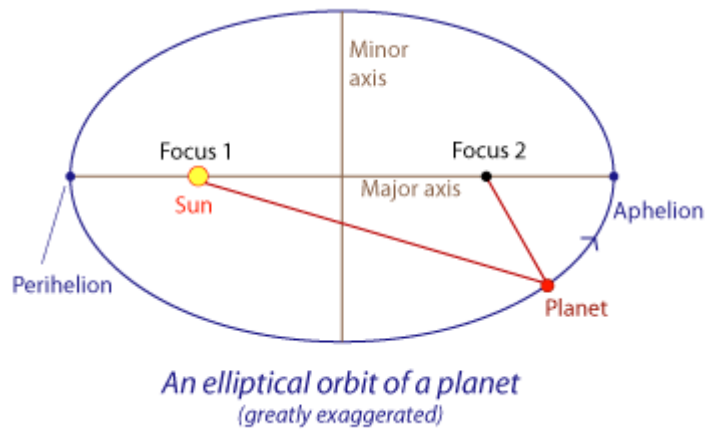


Johannes Kepler acreditava que as órbitas planetárias eram sustentadas por esferas invisíveis, inscritas e circunscritas por esses sólidos platônicos.

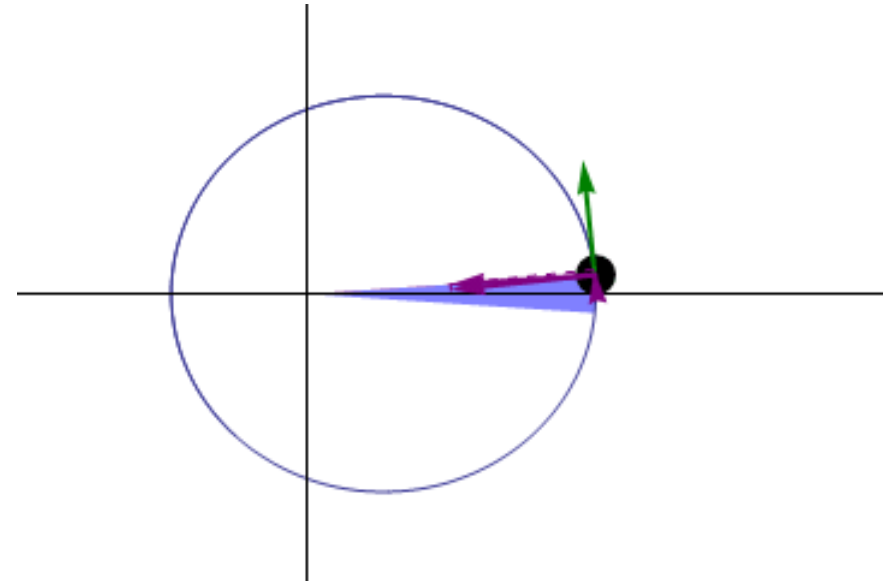
As 3 Leis de Kepler

- Os dados sobre o movimento de Marte obtidos por Tycho Brahe levaram Kepler a elaborar as primeiras 2 leis do movimento planetário, em 1609. Somente 10 anos mais tarde ele publicaria a 3a. lei.
 - 1a. lei: os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos.
 - 2a. lei: o vetor que liga o Sol ao planeta varre áreas iguais em tempos iguais.
 - 3a. lei: o quadrado do período de revolução de um planeta em torno do Sol é proporcional ao cubo do semi-eixo maior de sua órbita.

Primeira e segunda leis:



1a. lei: as órbitas dos planetas são elipses, nas quais o Sol ocupa um dos focos.



2a. lei: o segmento de reta que une um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.

Terceira lei:

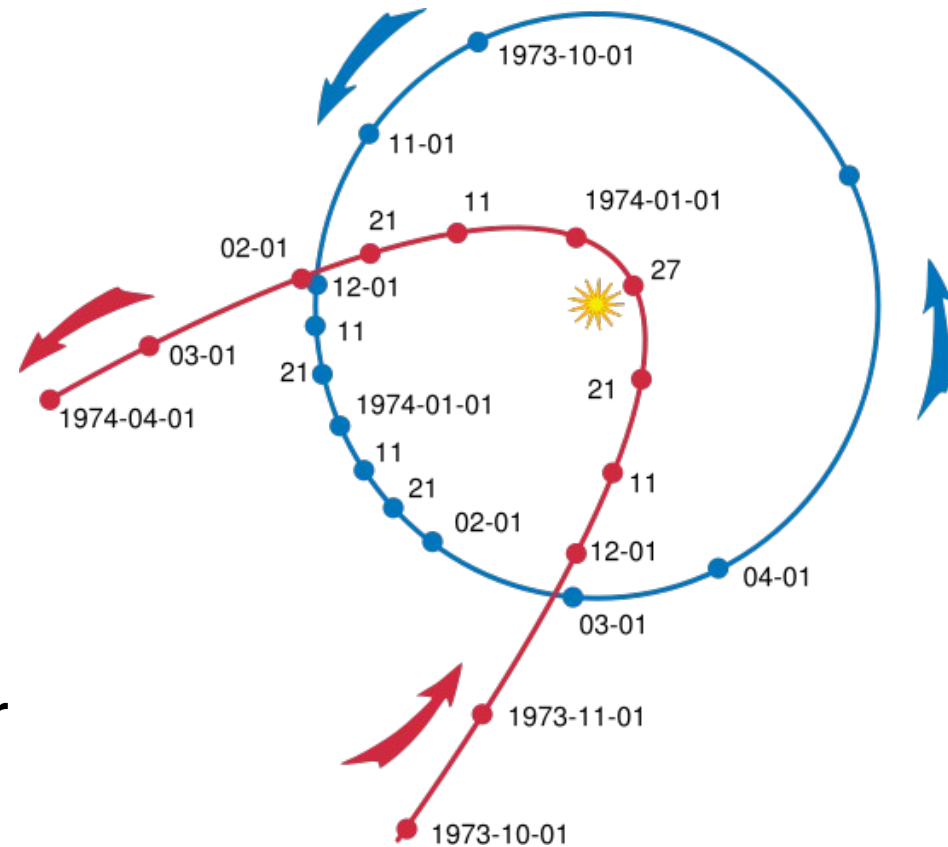
- Se a é o semi-eixo maior da elipse e T o período de revolução do planeta em anos, então temos:

$$a^3 = k T^2$$



A natureza dos cometas

- São efêmeros, aparecem de tempos em tempos.
- Aristóteles (384 – 322 a.C.) propôs que os cometas seriam um fenômeno da alta atmosfera terrestre,
- O primeiro a sugerir que a órbita dos cometas seria uma elipse muito excêntrica foi William Lower em 1610.
- Os cometas portanto obedecem às leis de Kepler, como os planetas.



Para saber mais:



- Uma História da Astronomia
Jean-Pierre Verdet, pags.
49-57, 61-67, 95-110.
- Astronomia & Astrofísica
Kepler Oliveira & Maria de
Fátima Saraiva, Caps. 9, 10,
11 e 12.