

## **Lista de Exercícios**

### **Modelos de Sistema Solar**

*Roberto Ortiz*  
*Professor Livre-Docente*  
*Escola de Artes, Ciências & Humanidades da USP*

- 1-) Cite algumas características do primeiro modelo geocêntrico de Universo.
- 2-) Cite algumas limitações do primeiro modelo geocêntrico de Universo, as quais não encontram respaldo nas observações astronômicas.
- 3-) Descreva como era o modelo geocêntrico proposto por Claudius Ptolomeus.
- 4-) Descreva como cada um dos aperfeiçoamentos do modelo de Ptolomeus resolveu, pelo menos parcialmente, as incongruências entre o modelo geocêntrico primitivo e as observações astronômicas. Por exemplo, por que o “novo” modelo de Ptolomeus resolveu o problema do brilho variável dos planetas?
- 5-) Qual é a primeira referência que se tem notícia sobre o modelo heliocêntrico de Universo?
- 6-) Qual era o argumento de Aristarco de Samos a favor do modelo heliocêntrico?
- 7-) Em 1543 foi publicada a obra *De Revolutionibus orbium celestius*, de Nicolau Copérnico, na qual ele estabelece os fundamentos de seu modelo heliocêntrico. Por que houve a necessidade de aperfeiçoamento desse modelo por Johannes Kepler?
- 8-) As Leis de Kepler são leis fundamentais da Natureza? Por quê?
- 9-) Faça um desenho ilustrando os eixos maior e menor de uma elipse, seus focos e a posição do periélio e afélio, supondo que essa elipse represente uma órbita planetária.
- 10-) Considere os seguintes componentes do Sistema Solar: planetas, cometas, planetas-anões e satélites de planetas. Quais deles obedecem às Leis de Kepler?
- 11-) A órbita do planeta Mercúrio tem excentricidade  $e = 0,206$  e semi-eixo maior  $a = 0,3871$  U.A. (cada unidade astronômica equivale a 150 milhões de quilômetros). Utilizando esses números, determine:  
(a) o valor do semi-eixo menor, em U.A.; (b) sua distância do Sol no periélio, em U.A.; (c) sua distância do Sol no afélio, em U.A.; (d) o período de revolução em torno do Sol, em dias.
- 12-) O asteroide Ceres gira em torno do Sol, executando uma revolução a cada 4,61 anos. A partir deste dado, calcule o valor do semi-eixo maior da sua órbita.
- 13-) O cometa de Halley executa uma revolução em torno do Sol a cada 76 anos. Sabendo-se que a excentricidade de sua órbita é de 0,967, calcule: **(a)** o valor do semi-eixo maior de sua órbita; **(b)** a distância do cometa ao Sol no periélio; **(c)** a distância do cometa ao Sol no afélio. Utilizando suas respostas, responda: quando no afélio, qual a distância de Halley ao Sol comparada aos planetas do Sistema Solar?

14-) Deduza a terceira Lei de Kepler supondo o caso de órbita circular e que a massa do corpo central seja muito maior do que a massa daquele que o orbita.

15-) Calcule a massa do Sol, supondo-se a órbita da Terra circular, de raio igual a 150 milhões de quilômetros. Utilize a Lei da Gravitação Universal.

16-) Um satélite geostacionário é aquele cujo período de revolução em torno da Terra é igual ao período de rotação desta. Desta maneira ele aparenta “não se mover” quando observado a partir da Terra. Determine o raio de sua órbita (em quilômetros) e compare-o com o tamanho do raio terrestre (cerca de 6400 km).

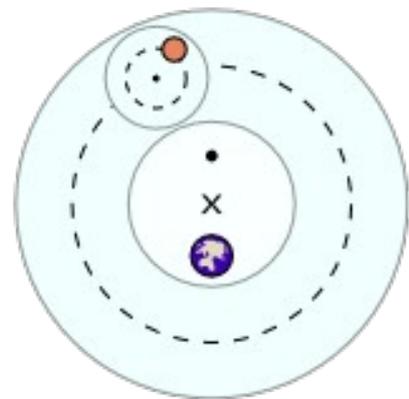
17-) Sabendo-se que a Lua gira em torno da Terra em 27,3 dias, calcule a massa da Terra.

## Respostas dos exercícios

1-) A Terra ocupa o centro do Universo; os planetas giram em órbitas circulares em torno da Terra; os astros “mais rápidos” estão mais próximos da Terra; as estrelas estão incrustadas em uma esfera de cristal, muito distante, haja vista não exibirem movimento próprio discernível.

2-) 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, i.e. as “laçadas”.

3-) A Terra não estaria no centro do Universo, mas no *equante*, ponto imaginário, fora de centro; os planetas girariam em torno do centro do Universo por meio do *deferente*; os planetas não estariam presos ao deferente, mas ao *epiciclo*, que é uma circunferência com centro na extremidade do equante e que gira no mesmo sentido deste último.



4-) O problema da velocidade variável dos planetas no céu foi resolvido deslocando-se a Terra do centro do Universo e também com a introdução dos epiciclos; o problema do brilho variável (cuja origem é a distância variável do planeta à Terra) foi resolvido deslocando-se a Terra do centro do Universo e também com a introdução dos epiciclos; o problema do movimento retrógrado dos planetas foi resolvido utilizando-se os epiciclos.

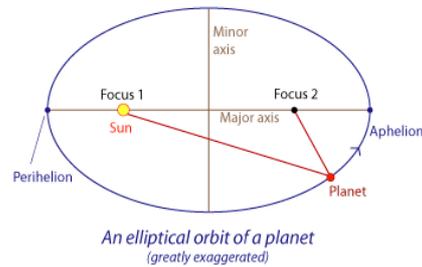
5-) Aristarco de Samos, século III a.C.

6-) Segundo seus cálculos, baseados em um eclipse lunar, o Sol deveria ter um diâmetro maior do que o terrestre. Sendo maior, deveria ocupar o centro do Universo, em lugar da Terra.

7-) O modelo de Copérnico pressupunha órbitas circulares. Observações astronômicas das posições dos planetas, especialmente Marte, não eram compatíveis com as posições previstas pelo modelo de Copérnico. Foi necessário introduzir órbitas elípticas.

8-) As Leis de Kepler não são leis fundamentais, são empíricas. Isto quer dizer que elas podem ser deduzidas a partir de uma “lei maior”, que é Lei da Gravitação Universal de Newton. A partir da Lei da Gravitação Universal pode-se deduzir matematicamente as Leis de Kepler.

9-)



10-) Todos.

11-) **(a)**  $b = 0,3707$  U.A.; **(b)** periélio a  $0,3074$  U.A.; **(c)** afélio a  $0,4668$  U.A.; **(d)** 88 dias.

12-)  $a = 2,77$  U.A.

13-) Utilizando a 3a. Lei de Kepler, obtemos  $a = T^{2/3} \rightarrow a = 76^{2/3} = 17,94$  U.A. O periélio está à distância de  $(1-e)a$  do Sol, i.e.  $(1 - 0,967) \times 17,94 = 0,59$  U.A. e o afélio a  $(1 + 0,967) \times 17,94 = 35,3$  U.A., portanto além da órbita de Netuno.

14-) Iguale a aceleração centrípeta à aceleração gravitacional. Para um dado raio  $r$ , escreva a velocidade de translação do planeta como  $2\pi r/T$ . No caso de dúvidas, consulte um bom livro de ensino médio.

15-) Massa do Sol =  $2 \times 10^{30}$  kg.

16-) Utilize a fórmula da força gravitacional, suponha que o satélite descreva um movimento circular uniforme (como você deve ter visto no ensino médio). A altura do satélite é de 35,8 mil km acima da superfície terrestre, ou seja, entre 5 e 6 vezes o raio terrestre.

17-) Massa da Terra =  $6,0 \times 10^{24}$  kg.