

Gravitação Universal

O brilho e o movimento dos astros sempre despertaram a curiosidade dos homens. Em todas as etapas da civilização, eles procuraram dar uma explicação para os fascinantes fenômenos sobre seus movimentos.

Os gregos, por exemplo, deduziram que a Terra ocupava o centro do Universo e em torno dela giravam outros corpos celestes, em perfeitos círculos concêntricos. Esse sistema, conhecido como geocêntrico (geo = terra), foi sistematizado pelo astrônomo grego Hiparco (século II a.C.).

Mas o astrônomo grego Aristarco de Samos (310-230 a.C.) pensava de modo diferente. Foi o primeiro a afirmar que todos os planetas, inclusive a Terra, giravam em torno do Sol. Assim, ao contrário do sistema geocêntrico concebido pelos seus compatriotas, Aristarco imaginou um sistema heliocêntrico (hélio = sol). Entretanto, na época, ele não teve crédito, porque favorecida pelo geocentrismo, os gregos aceitavam a idéia de que o homem era o centro do Universo.

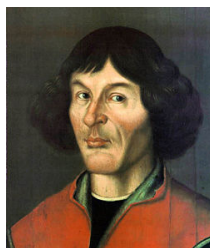
No século II, o sistema geocêntrico foi desenvolvido e consagrado por Cláudio Ptolomeu, grande astrônomo de Alexandria, no Egito.

Somente no século XVI a teoria heliocêntrica viria a se firmar novamente, graças aos estudos do cônego polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) que, discordando do sistema ptolomaico, aceito e defendido até então, renovou a teoria de Aristarco, afirmando que o Sol era realmente o centro das órbitas planetárias.

nov 8-11:50

Essa reafirmação suscitou muito debate e discussão.

A observação dos fenômenos celestes levou outro astrônomo, o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), a elaborar uma teoria intermediária: ele concluiu que os planetas giravam em torno do Sol e a Lua girava em torno da Terra. Suas observações levaram o alemão Johannes Kepler (1571-1630) a elaborar algumas leis que convenceram os pesquisadores sobre a realidade do heliocentrismo, estabelecendo ainda que as órbitas eram elípticas, e não circulares.



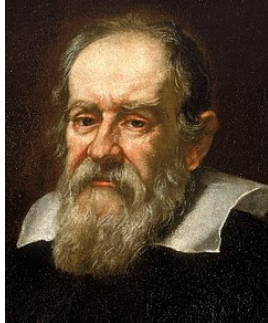
Copérnico



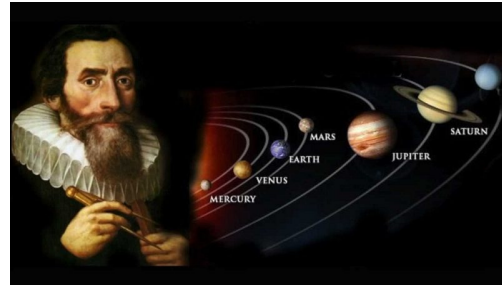
Tycho Brahe

nov 12-15:44

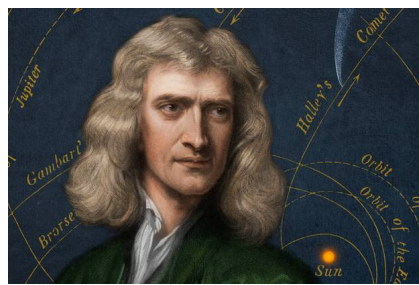
Mas muitos ainda negavam a teoria copernicana. Por exemplo, o italiano Galileu Galilei (1564-1642), um dos maiores pesquisadores que a ciência conheceu, foi acusado de herege pela Igreja Católica porque afirmava que a Terra não era fixa e fazia parte do sistema solar. As conclusões de Kepler e Galileu foram coroadas pelos estudos de Isaac Newton (1643-1727), físico e matemático inglês, autor da lei da gravitação universal, que explica a mecânica celeste.



Galileu



Kepler



Newton

nov 12-15:49

As Leis de Kepler

Foi então Kepler que enunciou as três leis que regem o movimento planetário.
As três leis são:

Índice

Primeira Lei de Kepler

Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, ocupando este um dos focos da elipse.

Você sabe o que é uma elipse?

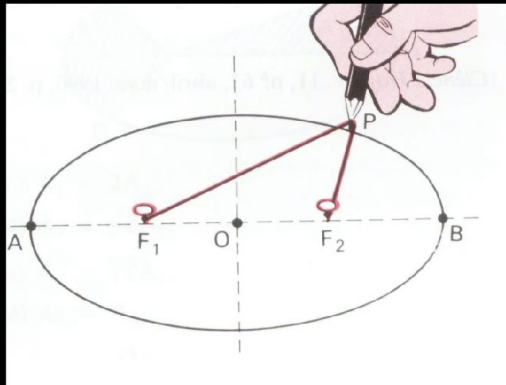
Sim!

Não!

nov 12-15:56

Elipse:

Uma elipse é desenhada fixando duas tachinhas sobre uma folha de papel em dois pontos, que serão os focos, e ligando-as por uma linha. A seguir, mantendo a linha bem esticada, tente fazer uma circunferência com um lápis, conforme ilustra a figura.



$AB =$ eixo maior
 $AO = OB =$ semi eixo maior ou raio médio

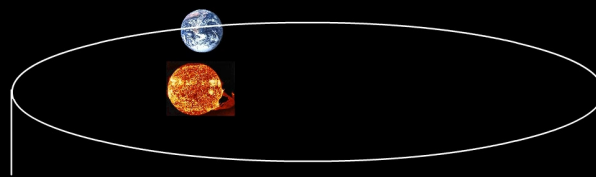


nov 12-18:40

Índice

Primeira Lei de Kepler

Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, ocupando este um dos focos da elipse.



O ponto mais próximo do Sol é denominado de **Periélio (Perto do Sol)**.

O ponto mais afastado é denominado de **Afélio (afastado do Sol)**.

obs. As órbitas dos planetas ao redor do Sol são quase que circulares. A circunferência é um caso especial de uma elipse (quando os dois focos se coincidem) portanto, poderia existir uma órbita circular e isto não iria contrariar a 1ª Lei de Kepler.

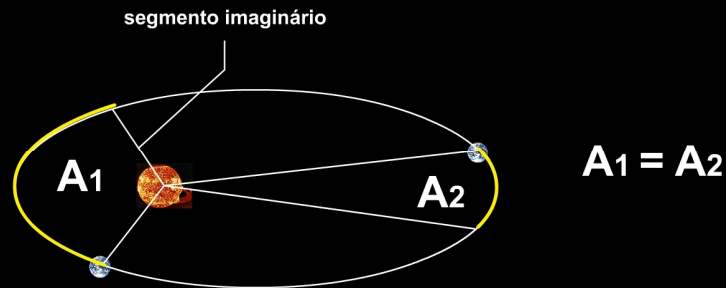


nov 12-18:41

Índice

Segunda Lei de Kepler

O segmento imaginário que une o Sol ao planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempos iguais.



Observe que, como as áreas são iguais, o planeta percorrerá um espaço maior quando estiver mais próximo do Sol. Isto quer dizer que sua velocidade no periélio é maior do que no afélio, pois este espaço é percorrido no mesmo intervalo de tempo.

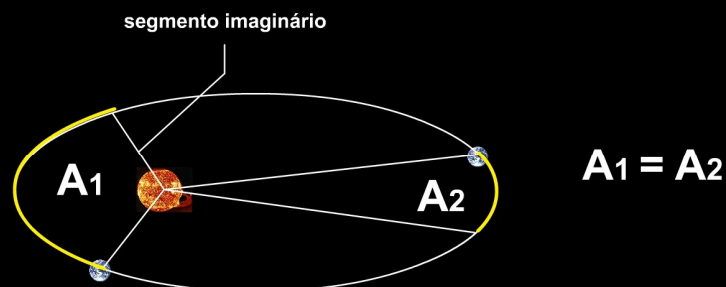


nov 12-18:43

Índice

Segunda Lei de Kepler

O segmento imaginário que une o Sol ao planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempos iguais.



Isto significa que, do periélio para o afélio o movimento é retardado e do afélio para o periélio é acelerado.



nov 12-18:43

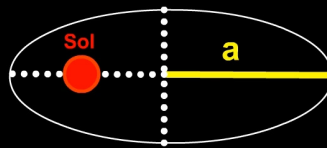
Índice

Terceira Lei de Kepler

O quadrado do tempo de revolução de um planeta em torno do Sol (tempo de 1 volta) é proporcional ao cubo da distância média dele ao Sol.

$$T^2 = ka^3$$

T - Período de translação do planeta (1 volta em torno do Sol).
k - constante de proporcionalidade.
a - semi-eixo maior da órbita.



nov 12-18:45

Índice

obs. 1) Apesar de estarmos pegando como referência o sistema solar, as leis de Kepler que acabamos de ver e as de Newton que veremos adiante, são válidas para qualquer sistema planetário, incluindo satélites artificiais.

2) Observe que nesta terceira lei de Kepler $T^2 = k \cdot a^3$ quanto maior a distância do planeta ao Sol, maior será o ano do planeta (tempo para 1 volta em torno do Sol).

Resumo

Antes de apresentarmos as Leis de Newton, vamos fazer 5 exercícios para verificação do aprendizado. Portanto, veremos um pequeno resumo do que foi visto .



nov 12-18:48

Índice

Na primeira lei de Kepler, vimos que os planetas giram ao redor do Sol numa órbita elíptica, onde o Sol ocupa um dos focos da elipse.

. Não podemos descartar órbitas circulares, pois a circunferência é um caso especial da elipse.

Na segunda lei de Kepler, vimos que os planetas varrem áreas iguais em intervalos de tempos iguais. Vimos também, que o ponto mais próximo do sol chama-se periélio e o mais afastado afélio.

. O planeta tem maior velocidade no periélio e menor no afélio. Sendo assim do periélio para o afélio o movimento é retardado e do afélio para o periélio o movimento é acelerado.

obs. Quando estamos trabalhando com satélites em órbita da Terra chamamos de PERIGEIO (perto da terra) e APOGEO (afastado da Terra).

Na terceira lei de Kepler, vimos que o quadrado do tempo que um planeta leva para dar uma volta completa em torno do Sol (período) é proporcional ao cubo da distância média entre o planeta e o Sol.

. Quanto mais distante o planeta se encontrar do Sol, maior será o período do planeta.

Curiosidade - Mercúrio, que é o planeta mais próximo do Sol, dá uma volta completa em torno do mesmo em aproximadamente 2,9 meses terrestres. Em contrapartida, Plutão que é o mais distante, dá uma volta em 248,4 anos terrestres.



nov 12-18:48

Índice**EXERCÍCIOS**

1/5) (Mack-SP) - De acordo com uma das leis de Kepler, cada planeta completa (varre) áreas iguais em tempos iguais em torno do Sol. Como as órbitas são elípticas e o Sol ocupa um dos focos, conclui-se que:

I) quando o planeta está mais próximo do Sol, sua velocidade aumenta.

II) quando o planeta está mais distante do Sol, sua velocidade aumenta.

III) a velocidade do planeta em sua órbita elíptica independe de sua posição relativa ao Sol.

Responda de acordo com o código a seguir.

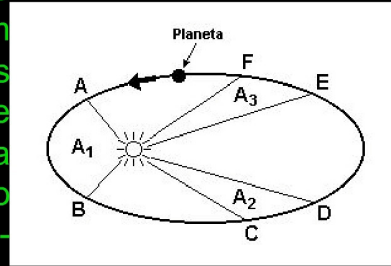
- Somente a proposição I é correta
- Somente a proposição II é correta
- Somente as proposições II e III são corretas
- Todas as proposições são corretas
- Todas as proposições são falsas

nov 12-18:49

Índice

EXERCÍCIOS

2/5) (Uerj) - A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol. Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas A_1 , A_2 , e A_3 - apresentam a seguinte relação:



- $A_1 = A_2 = A_3$
- $A_1 > A_2 = A_3$
- $A_1 < A_2 < A_3$
- $A_1 > A_2 > A_3$

nov 12-18:51

Índice

EXERCÍCIOS

3/5) Considere um satélite artificial em órbita circular. Duplicando a massa do satélite sem alterar o seu período de revolução, o raio da órbita será:

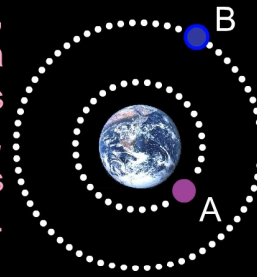
- duplicado.
- quadruplicado.
- reduzido à metade.
- reduzido à quarta parte.
- o mesmo.

nov 12-18:52

Índice

EXERCÍCIOS

4/5) (UFSM-RS) - Dois satélites, A e B, estão em órbitas circulares ao redor da Terra, conforme a figura. As velocidades angulares de A e B são w_A e w_B , respectivamente, enquanto seus períodos são T_A e T_B , respectivamente. Pode-se afirmar então que:



$w_A > w_B, T_B > T_A$

$w_A > w_B, T_B = T_A$

$w_A = w_B, T_B > T_A$

$w_A < w_B, T_B < T_A$

$w_A < w_B, T_B > T_A$

nov 12-18:54

Índice

EXERCÍCIOS

5/5) (Odonto - Diamantina) - As leis de Kepler definem o movimento da Terra em torno do Sol. Na figura, a área hachurada é igual a um quarto da área total da elipse. Assim, o tempo gasto pela Terra para percorrer o trajeto MPN é, aproximadamente, em meses, igual a:

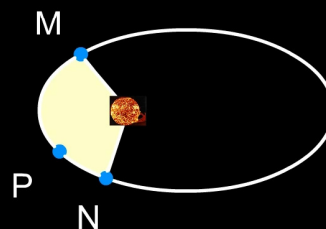
9

6

4

3

1



nov 12-18:54

Respostas: 1) A 2) A 3) E 4) A 5) D

Um satélite artificial em órbita circular dista R do centro da Terra e o seu período é T. Um outro satélite também em órbita circular tem período igual a 8T. Determine o raio de sua órbita.

nov 12-18:55

Um satélite artificial em órbita circular dista R do centro da Terra e o seu período é T. Um outro satélite também em órbita circular tem período igual a 8T. Determine o raio de sua órbita.

Solução: $T^2 = K \cdot R^3$ ①

$(8T)^2 = K \cdot R'^3$ ②

① ÷ ②

$$(1/8)^2 = (R/R')^3$$

$$\frac{1}{64} = \left(\frac{R}{R'}\right)^3$$

$$\frac{R}{R'} = \sqrt[3]{\frac{1}{64}}$$

$$\frac{R}{R'} = \sqrt[3]{\frac{1}{2^6}}$$

$$\frac{R}{R'} = \frac{1}{2^2}$$

$$\boxed{R' = 4R}$$

$$\begin{array}{r|l} 64 & 2 \\ 32 & 2 \\ 16 & 2 \\ 8 & 2 \\ 4 & 2 \\ 2 & 2 \\ 1 & 2^6 \end{array}$$

nov 12-18:59