



## Gravitação

Lista: 03 - Aulas: 06 a 08

Assunto: ÓRBITAS e ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL.

**EXC043.** (Puccamp) Para que um *satélite* seja utilizado para transmissões de televisão, quando em órbita, deve ter a mesma velocidade angular de rotação da Terra, de modo que se mantenha sempre sobre um mesmo ponto da superfície terrestre.

Considerando  $R$  o raio da órbita do satélite, dado em km, o módulo da velocidade escalar do satélite, em km/h, em torno do centro de sua órbita, considerada circular, é

- a)  $\frac{\pi}{24} \cdot R$ .      b)  $\frac{\pi}{12} \cdot R$ .      c)  $\pi \cdot R$ .      d)  $2\pi \cdot R$ .      e)  $12\pi \cdot R$ .

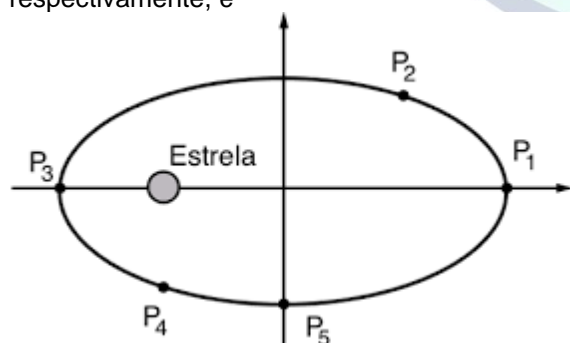
**EXC044.** (Uema) “Na eternidade, eu quisera ter  
Tantos ano-luz, quantos fosse precisar  
Para cruzar o túnel  
Do tempo do teu olhar”  
*Seu olhar* – Gilberto Gil, 1984.

A letra da música usa a palavra composta ano-luz no sentido prático. Em geral, esse sentido, não é obrigatoriamente o mesmo dado ao termo na área da ciência.

Na Física, um ano-luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano.

- a) Qual a grandeza física que está associada à palavra “ano”?  
b) Com base na física moderna, explique qual grandeza está associada à palavra “luz”.  
c) A terminologia ano-luz está associada a qual grandeza física?  
d) Demonstre matematicamente a expressão que ratifica a questão “c”.

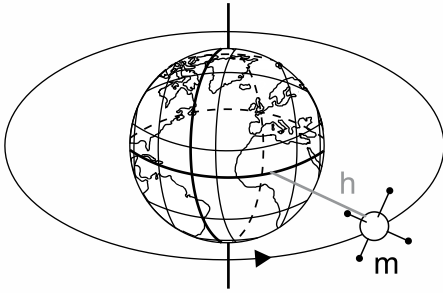
**EXC045.** (Upe-ssa 1) A figura a seguir ilustra uma representação esquemática de um exoplaneta, orbitando uma estrela em uma trajetória elíptica. Então, a expressão que relaciona corretamente as energias cinéticas  $E_1, E_2, E_3, E_4$ , e  $E_5$  do movimento de translação do planeta em cada um dos pontos  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , e  $P_5$ , respectivamente, é



- a)  $E_1 < E_2, E_3 < E_4$  e  $E_4 > E_5$   
b)  $E_1 < E_3, E_2 > E_4$  e  $E_3 < E_5$   
c)  $E_3 > E_4, E_1 < E_2$  e  $E_5 < E_3$   
d)  $E_4 < E_5, E_3 = E_1$  e  $E_2 = E_4$   
e)  $E_2 > E_3, E_2 = E_4$  e  $E_3 > E_4$

Boaro  
essor de exatas!

**EXC046.** (Famerp) Um satélite de massa  $m$  foi colocado em órbita ao redor da Terra a uma altitude  $h$  em relação à superfície do planeta, com velocidade angular  $\omega$ .



(www.inpe.br. Adaptado.)

Para que um satélite de massa  $2 \cdot m$  possa ser colocado em órbita ao redor da Terra, na mesma altitude  $h$ , sua velocidade angular deve ser

- a)  $\frac{3 \cdot \omega}{4}$       b)  $\omega$       c)  $2 \cdot \omega$       d)  $\frac{\omega}{2}$       e)  $\frac{4 \cdot \omega}{3}$

**EXC047.** (Cefet MG) Um foguete é lançado de um planeta de massa  $M$  e raio  $R$ . A velocidade mínima necessária para que ele escape da atração gravitacional e vá para o espaço é dada por

- a)  $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$       b)  $v = \sqrt{\frac{2GM}{R^2}}$       c)  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$       d)  $v = \sqrt{\frac{GM}{R^2}}$       e)  $v = \sqrt{\frac{R}{GM}}$

**EXC048.** (Fuvest) A notícia “Satélite brasileiro cai na Terra após lançamento falhar”, veiculada pelo jornal *O Estado de S. Paulo* de 10/12/2013, relata que o satélite CBERES-3, desenvolvido em parceria entre Brasil e China, foi lançado no espaço a uma altitude de 720 km (menor do que a planejada) e com uma velocidade abaixo da necessária para colocá-lo em órbita em torno da Terra. Para que o satélite pudesse ser colocado em órbita circular na altitude de 720 km, o módulo de sua velocidade (com direção tangente à órbita) deveria ser de, aproximadamente,

Note e adote:

- raio da Terra =  $6 \times 10^3$  km
- massa da Terra =  $6 \times 10^{24}$  kg
- constante da gravitação universal  $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{s}^2 \text{ kg})$

- a) 61 km/s      b) 25 km/s      c) 11 km/s      d) 7,7 km/s      e) 3,3 km/s

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Considere os dados abaixo para resolver a(s) questão(ões) quando for necessário.

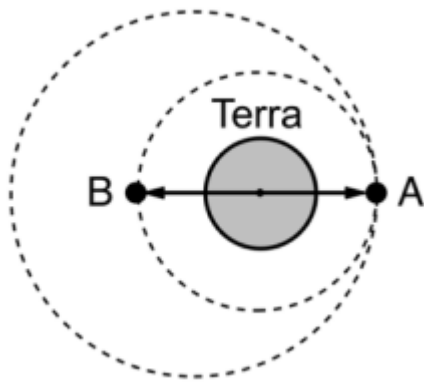
**Constantes físicas**

Aceleração da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

Velocidade da luz no vácuo:  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$

Constante da lei de Coulomb:  $k_0 = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

**EXC049.** (Upe-ssa 1) Dois satélites artificiais, A e B, orbitam o planeta Terra, de massa  $M$ , no mesmo sentido, de forma que suas velocidades angulares são iguais a  $\omega_A = 2\omega$  e  $\omega_B = \omega$ . O satélite A gira por meios próprios em uma órbita que não possui a Terra como centro. Em  $t = 0$ , suas posições, diametralmente opostas, estão ilustradas na figura.



Então, o tempo necessário para que elas se encontrem pela primeira vez e o raio da órbita de B ao cubo valem, respectivamente,

- a)  $\pi/\omega$  e  $GM/\omega^2$    b)  $\pi/\omega$  e  $GM/4\omega^2$    c)  $3\pi/\omega$  e  $2GM/\omega^2$    d)  $3\pi/\omega$  e  $GM/\omega^2$    e)  $5\pi/2\omega$  e  $GM/\omega^2$

**EXC050.** (Ufpr) Em 18 de junho de 2016, foi lançado o foguete Ariane 5 ECA, que transportava o satélite de comunicação EchoStar XVIII, com o objetivo de transferi-lo para uma órbita geoestacionária. As órbitas geoestacionárias são aquelas em que o período de revolução do satélite é de 24 h, o que corresponde a seu posicionamento sempre sobre um mesmo ponto da superfície terrestre no plano do Equador. Considere o raio  $R_1$  da órbita desse satélite como sendo de 42.000 km.

Em 15 de setembro de 2016, foi lançado o foguete Vega, transportando os satélites SkySats, denominados de 4 a 7 (satélites de uma empresa do Google), para mapeamento com alta precisão da Terra inteira. A altitude da órbita desses satélites, em relação à superfície terrestre, é de 500 km. Considerando o raio da terra como sendo de aproximadamente 6.500 km e que a velocidade de um satélite, tangencial à órbita, pode ser calculada pela raiz quadrada do produto da constante gravitacional  $G$  pela massa  $M$  da terra dividida pelo raio da órbita do satélite, determine:

(Obs.: Não é necessário o conhecimento dos valores de  $G$  e  $M$  e todos os cálculos devem ser claramente apresentados. Alguns dos valores estão com aproximações por conveniência de cálculo. Não é necessário determinar os valores das raízes quadradas, basta deixar os valores numéricos, após os devidos cálculos, indicados no radical.)

- a) O valor numérico da velocidade  $V_2$  do satélite EchoStar XVIII, em relação à velocidade  $V_1$  de um dos satélites SkySats.  
b) O valor do período  $T_2$  dos satélites SkySats, em horas, por aplicação da terceira Lei de Kepler.

**EXC051.** (Uerj) O valor da energia potencial,  $E_p$ , de uma partícula de massa  $m$  sob a ação do campo gravitacional de um corpo celeste de massa  $M$  é dado pela seguinte expressão:  $E_p = GmM/r$ .

Nessa expressão,  $G$  é a constante de gravitação universal e  $r$  é a distância entre a partícula e o centro de massa do corpo celeste.

A menor velocidade inicial necessária para que uma partícula livre-se da ação do campo gravitacional de um corpo celeste, ao ser lançada da superfície deste, é denominada velocidade de escape. A essa velocidade, a energia cinética inicial da partícula é igual ao valor de sua energia potencial gravitacional na superfície desse corpo celeste.

Buracos negros são corpos celestes, em geral, extremamente densos. Em qualquer instante, o raio de um buraco negro é menor que o raio  $R$  de um outro corpo celeste de mesma massa, para o qual a velocidade de escape de uma partícula corresponde à velocidade  $c$  da luz no vácuo.

Determine a densidade mínima de um buraco negro, em função de  $R$ , de  $c$  e da constante  $G$ .

**EXC052.** (Unicamp) “As denúncias de violação de telefonemas e transmissão de dados de empresas e cidadãos brasileiros serviram para reforçar a tese das Forças Armadas da necessidade de o Brasil dispor de seu próprio satélite geoestacionário de comunicação militar” (*O Estado de São Paulo*, 15/07/2013). Uma órbita geoestacionária é caracterizada por estar no plano equatorial terrestre, sendo que o satélite que a executa está sempre acima do mesmo ponto no equador da superfície terrestre. Considere que a órbita geoestacionária tem um raio  $r$  42000 km.

- a) Calcule a aceleração centrípeta de um satélite em órbita circular geoestacionária.

b) A energia mecânica de um satélite de massa  $m$  em órbita circular em torno da terra é dada por  $E = -\frac{GMm}{2r}$ ,

em que  $r$  é o raio da órbita,  $M = 6 \times 10^{24}$  kg é a massa da Terra e  $G = 6,7 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ . O raio de órbita de

satélites comuns de observação (não geoestacionários) é tipicamente de 7000 km. Calcule a energia adicional necessária para colocar um satélite de 200 kg de massa em uma órbita geoestacionária, em comparação a colocá-lo em uma órbita comum de observação.



**GABARITO:**

**EXC043:**[B]

**EXC044:**

- a) tempo
- b) velocidade
- c) distância
- d) demonstração

**EXC045:**[C]

**EXC046:**[B]

**EXC047:**[A]

**EXC048:**[D]

**EXC049:**[A]

**EXC050:**

- a)  $V_2/V_1 = \frac{\sqrt{6}}{6}$
- b)  $T_2 = 1,63h$

**EXC051:**  $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3c^2}{8\pi GR^2}$

**EXC052:**

- a)  $a_c = 0,2 \text{ m/s}^2$
- b)  $E_{ad} = 4,8 \times 10^9 \text{ J}$

