



FÍSICA II

LISTA DE EXERCÍCIOS 2 – Gravitação Universal

Dados: Massa da Terra = $5,98 \times 10^{24}$ Kg; Massa do Sol = $1,98892 \times 10^{30}$ Kg; Massa da Lua = $7,36 \times 10^{22}$ Kg; $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$, Raio da Terra = $6,37 \times 10^6$ m, raio orbital médio da Terra = $1,496 \times 10^{11}$ m, raio da Lua = $1,74 \times 10^6$ m, raio orbital da Lua = $3,82 \times 10^8$ m

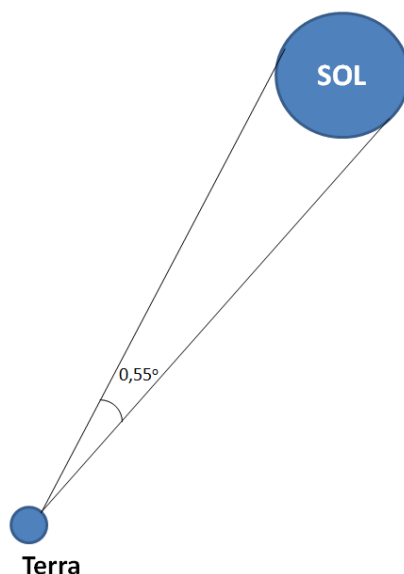
A análise de Newton do movimento dos planetas foi um êxito completo, e seus resultados ainda são usados pelos astrônomos modernos. Contudo, o resultado mais impressionante do trabalho de Newton é que as mesmas leis usadas para descrever o movimento de corpos na Terra podem ser usadas para descrever o movimento de todos os corpos do Universo. Esta síntese newtoniana, como se costuma dizer, é um dos grandes princípios unificadores da ciência. Isto produziu efeitos profundos no modo de pensar da humanidade sobre as questões do Universo – encarando-o não como uma realidade misteriosa e impenetrável, mas sim como uma extensão do nosso mundo cotidiano, acessível ao cálculo e ao estudo científico. A síntese Newtoniana foi um maravilhoso salto em nosso conhecimento, feito por um intelectual gigante.

1 – Leia a respeito do programa Apollo, que durou de 1961 e 1972. Em seguida assista ao filme Apollo 13 e converse a respeito com seus colegas.

2 – Descreva sucintamente os modelos planetários de (a) Aristóteles, (b) Ptolomeu, (c) Copérnico e (d) Kepler, apontando as principais diferenças destes modelos entre si. (e) Qual foi a importância de Newton para a dinâmica celeste, visto que Kepler já havia constatado que as órbitas planetárias eram elipses com o Sol em um de seus focos?

3 – O ônibus espacial Apollo 8 girou em torno da Lua em uma órbita circular em uma distância de 113Km da superfície lunar. Os cosmonautas levavam 1h e 59min para completar uma volta em torno da Lua. Considere a Lua como uma esfera de raio 1738Km. Qual a massa da Lua?

4 – O diâmetro angular aparente do Sol visto da Terra é de $0,55^\circ$. A constante gravitacional é $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$. Utilizando somente estes dados, e sabendo que a Terra leva 365 dias para completar uma volta em torno do Sol, considere a órbita como sendo circular e calcule a densidade média do Sol (não use o valor do raio orbital da Terra).



5 – Calcule a força de atração gravitacional entre duas esferas de chumbo idênticas de raio 50cm encostadas uma na outra. A densidade do chumbo é de $11,3\text{g/cm}^3$

6 – Um satélite é lançado em órbita circular em torno da terra de forma a manter-se sobre um mesmo da superfície de nosso planeta (órbita geossíncrona). (a) A que distância da superfície estará o satélite? (b) Qual será a velocidade orbital do satélite? (c) Qual a energia mecânica total do satélite se sua massa for de 350kg? (d) Qual a energia potencial gravitacional do satélite?

7 – Um projétil é lançado da superfície da Terra com uma velocidade de 5km/s. (a) Qual será a altitude máxima, a partir da superfície, atingida pelo projétil? (b) Qual seria se considerássemos erroneamente a aceleração gravitacional constante $g=9,8\text{m/s}^2$? (c) Por que o resultado encontrado em (b) é menor do encontrado em (a)?

8 – A velocidade de um asteroide no periélio é de 20Km/s e de 14Km/s no afélio. Determine a razão das distâncias entre o periélio e o afélio.

9 – Encontre a velocidade de escape de um foguete partindo da Lua sem usar o valor da massa da Lua e ignorando a campo gravitacional de outros planetas e do Sol. Sabemos que a aceleração em sua superfície é 0,166 o valor da aceleração da gravidade terrestre e o raio lunar é 0,273 vezes o raio terrestre.

10 – Uma partícula é lançada da superfície da Terra com uma velocidade duas vezes maior do que a velocidade de escape. Quando a partícula estiver a uma distância muito (muito mesmo) grande da Terra, qual será sua velocidade?

Supomos que quando um planeta ou um cometa descreve uma órbita em torno do Sol, o Sol permanece absolutamente estacionário. Certamente, isso não deve ser correto; como o Sol exerce uma força gravitacional sobre o planeta, o planeta exerce uma força gravitacional sobre o Sol com mesmo módulo e mesma direção. Na realidade, o Sol e o planeta descrevem uma órbita em torno do centro de massa comum. Contudo, desprezando este efeito cometemos um pequeno erro. A massa do Sol é aproximadamente 750 vezes maior do que a soma das massas de todos os planetas, de modo que o centro de massa do sistema solar não está muito afastado



do centro do Sol. Porém no caso de uma estrela dupla, um sistema constituído por duas estrelas com massas aproximadamente iguais, este efeito não pode ser desprezado, e devemos considerar o movimento de ambas estrelas em torno do centro de massa comum.

11 – Em um certo sistema estelar binário, as duas estrelas têm uma massa igual à do Sol e giram em torno do centro de massa. A distância entre as estrelas é igual à distância entre a Terra e o Sol. Qual o período de revolução das estrelas em anos? (Dica: As estrelas giram em torno do ponto médio entre ambas, portanto o raio da órbita será a metade da distância entre elas. A força centrípeta será a força gravitacional. Mãos à obra!!)

12 – A órbita da Terra em torno do Sol é quase circular: As distâncias de maior e menor aproximação são respectivamente $1,47 \times 10^8$ Km e $1,52 \times 10^8$ Km. Determine as variações em módulo das grandezas (a) Energia total, (b) energia potencial, (c) Energia cinética e (d) velocidade entre estas duas posições.

13 - A maior velocidade de rotação possível para um planeta é aquela em que a força normal de uma partícula na superfície do planeta em seu equador seja zero (a) Explique o porquê (b) Encontre o menor período de rotação possível para um planeta, ou estrela, em termos de sua densidade.

14 – Um foguete queima completamente o seu combustível a uma altitude h acima da superfície terrestre. Sua velocidade v_0 no momento em que acaba o combustível, excede a velocidade de escape apropriada para aquela altitude. Mostre que a velocidade v do foguete, a uma distância muito grande da Terra, será dada por $\sqrt{v_0^2 - v_{ESC}^2}$

15 - O “Evento de Tunguska” foi a queda de um objeto celeste que aconteceu em uma região da Sibéria próxima ao rio Podkamennaya Tunguska em 30 de junho de 1908. A queda provocou uma grande explosão, devastando uma área de 2150 quilômetros quadrados e derrubando cerca de 80 milhões de árvores. Estudos mais recentes concluíram que a destruição provavelmente foi causada pelo deslocamento de ar subsequente a uma explosão de um fragmento de cometa a uma altitude de 10 km na atmosfera, devido ao atrito da reentrada. Estima-se que a energia da explosão foi de cerca de 15 Mt (15 Megatons = 15 milhões de toneladas de TNT, cerca de 1000 vezes a bomba de Hiroshima) causando um terremoto de 5 pontos na escala Richter. Estima-se também que o fragmento tinha cerca de 90m de diâmetro. Suponha que o meteoróide tinha formato esférico e a densidade de 2000 kg/m^3 (cometas são compostos de gelo, rochas e poeira). (a) Qual era a massa do fragmento de cometa? (b) Qual era a velocidade do meteoróide que causou o incidente de Tunguska no instante em que explodiu? ($1 \text{ Mt} = 4,184 \times 10^{15} \text{ J}$) (c) Qual era a velocidade do meteoróide quando encontrava-se extremamente distante da terra ou de qualquer outro corpo massivo? (d) Assista o vídeo do seguinte link do youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=EFqjDXy9s5A>

16 - O Meteoro de Cheliabinsk foi um meteoróide que adentrou a atmosfera terrestre sobre a Rússia em 15 de fevereiro de 2013, transformando-se em uma bola infernal de fogo que cruzou os céus do sul da região dos Urais até explodir sobre a



cidade de Cheliabinsk, às 9:20:26 (horário local). Estima-se que o meteoróide, ao adentrar a atmosfera terrestre, tinha aproximadamente 10600 toneladas de massa e 19 m de diâmetro, liberando energia equivalente a 440 mil toneladas de TNT durante o evento (mil toneladas de TNT = $4,184 \times 10^{12}$ J). O meteoróide explodiu a uma altura de 23,3 km da superfície da cidade (a) Estime a densidade média do meteoróide assumindo que possuía simetria esférica. (b) Qual a velocidade do meteoróide no instante em que explodiu? (c) Qual era a velocidade do meteoróide quando estava extremamente distante da Terra ou de qualquer outro corpo massivo?

17 – O asteroide Icarus, descoberto em 1949, possui este nome devido a sua órbita extremamente elíptica, aproximando-o bastante do Sol na sua posição de periélio. A excentricidade de uma órbita pode ser encontrada pela relação $r_p = a(1-e)$, onde r_p é a distância de periélio e a é o semieixo maior da órbita. Icarus possui uma excentricidade de 0,83 e um período de 1,1 ano. (a) Determine o semieixo maior da órbita de Icarus. (b) Encontre as distâncias de periélio e afélio de Icarus. (c) Qual a velocidade de Icarus no periélio?

18 – Suponha que você deixe o nosso sistema solar e chegue a um planeta que possui a mesma relação massa-volume que a Terra, mas com um raio médio 10 vezes maior. Qual a razão entre seu peso neste planeta e seu peso na Terra?

19 – A Lua possui um raio de 1738 km e a aceleração da gravidade em sua superfície é de $1,62 \text{ m/s}^2$. Baseado nos valores de raio e massa da Terra, encontre a razão da densidade média entre a Lua e a Terra.

20 – Um satélite de 100 kg está em uma órbita circular sobre a Terra a uma altura de dois raios terrestres a partir da superfície do nosso planeta. (a) Qual será o período do satélite? (b) Qual será a energia cinética do satélite? (c) Qual será a velocidade do satélite?

21 – Muitos satélites orbitam nosso planeta a uma altura de 1000 km acima da superfície da Terra. Satélites geossíncronos orbitam a uma distância de $4,22 \times 10^7$ m do CENTRO da Terra. Qual a diferença de energia necessária entre lançar um satélite de 500 kg em uma órbita geossíncrona ao invés de uma órbita de 1000 km sobre a superfície terrestre?

22 – Júpiter possui uma massa 320 vezes maior do que a massa da Terra e um volume 1320 vezes maior do que o da Terra. Um dia em Júpiter dura 9h 50min. Encontre a altura “h” sobre a superfície de Júpiter que um satélite deve orbitar para que seu período seja igual ao de um dia Joviano?

23 – Uma espaçonave está em uma trajetória em linha reta entre a Terra e a Lua. A que distância da Terra a força gravitacional resultante sobre a espaçonave é nula?

24 – (a) Qual a velocidade de escape em um asteroide esférico cujo raio tem 500,0 km e a aceleração gravitacional vale $3,0 \text{ m/s}^2$ em sua superfície? (b) Que altura irá atingir uma partícula lançada verticalmente com uma velocidade de 1000,0 m/s? (c) Com que velocidade um objeto atingirá a asteroide se cair de uma altura de 1000,0 km?



25 – No espaço longínquo, a esfera A de massa igual a 20,0 Kg está localizada na origem de um eixo x e a esfera B de massa igual a 10,0 Kg está localizada sobre o eixo em $x = 0,80$ m. A esfera B é solta do repouso enquanto a esfera A é mantida na origem. (a) Qual a energia potencial gravitacional quando a esfera B é solta? (b) Qual a energia cinética da esfera B quando ela se moveu 0,20 m em direção à esfera A?

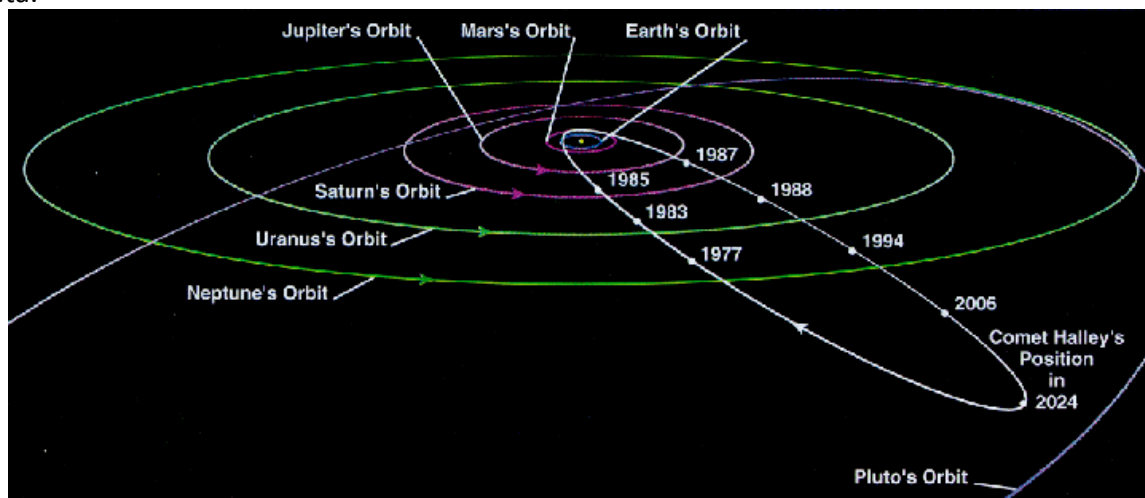
26 – Uma esfera sólida e uniforme de raio R produz uma aceleração gravitacional a_g conhecida em sua superfície. A que distâncias (são duas) do centro da esfera a aceleração gravitacional é igual a $a_g/3$?

27 – Quatro esferas uniformes, com massas $m_A = 400,0$ Kg, $m_B = 350,0$ Kg, $m_C = 2000,0$ Kg e $m_D = 500,0$ Kg., possuem coordenadas (x,y) , em centímetros, respectivamente iguais a $(0,0;50,0)$, $(0,0;0,0)$, $(-80,0;0,0)$ e $(40,0;0,0)$. Qual a força gravitacional resultante sobre a esfera B exercida pelas outras três esferas?

28 - Esboce dois gráficos da variação da velocidade com a distância a partir da superfície de um planeta do qual é lançado. No primeiro considere a velocidade de lançamento igual à velocidade de escape e no segundo considere a velocidade de lançamento maior que a velocidade de escape.

29 - Suponha que você deseje colocar um satélite meteorológico de 1000 kg em uma órbita circular a 300km acima da superfície terrestre. a) Qual seria a velocidade, o período e a aceleração radial deste satélite? B) Qual seria o trabalho adicional necessário para fazer este satélite escapar da Terra?

30 – O cometa Halley se move ao longo de uma órbita elíptica em torno do Sol conforme a figura abaixo. No periélio, a distância entre o cometa e o Sol é de $8,75 \times 10^7$ km. No afélio, a distância passa a ser de $5,26 \times 10^9$ km. Calcule o semi-eixo maior da órbita, a excentricidade, o período da órbita e a velocidade máxima do cometa.



31 - Existem duas equações a partir das quais você pode calcular uma variação da energia potencial gravitacional U do sistema constituído por um corpo de massa m e a Terra. Uma delas é $U = mgy$. A outra é $U = -Gmm/r$. A primeira equação é correta somente quando a força gravitacional for constante ao longo da variação de altura y . A segunda é sempre



correta. Na realidade, a força gravitacional nunca é exatamente constante ao longo de qualquer variação de altura, porém, quando a variação for pequena, podemos desprezá-la. Calcule a diferença ΔU usando as duas fórmulas para uma diferença de altura h acima da superfície terrestre e ache o valor de h para o qual a expressão $U=mgy$ fornece um erro de 1%.

RESPOSTAS

- 3- $7,35 \times 10^{22} \text{ Kg}$
- 4 – $1,3 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$
- 5 – $2,34 \times 10^{-3} \text{ N}$
- 6 - (a) $3,59 \times 10^7 \text{ m}$; (b) 3072 m/s ; (c) -1652089146 J ; (d) -3304178291 J
- 7 – (a) $1,59 \times 10^6 \text{ m}$, (b) $1,27 \times 10^6 \text{ m}$
- 8 – 0,7
- 9 – 2,38 Km/s
- 10 – 19,4 Km/s
- 11 – 0,71 ano
- 12 – (a) 0J; (b) $1,8 \times 10^{32} \text{ J}$; (c) $1,8 \times 10^{32} \text{ J}$; (d) $0,99 \text{ Km/s}$
- 13 – $[3\pi/\rho G]0,5$
- 15 – (a) $7,63 \times 10^8 \text{ kg}$; (b) $12822 \text{ m/s} = 12,8 \text{ km/s}$, (c) $6275 \text{ m/s} = 6,27 \text{ km/s}$
- 16 – (a) 2784 kg/m^3 , (b) $18637 \text{ m/s} = 18,6 \text{ km/s}$, (c) $14919 \text{ m/s} = 14,92 \text{ km/s}$
- 17 – (a) $1,59 \times 10^{11} \text{ m}$ (b) $2,71 \times 10^{10} \text{ m}$ e $2,91 \times 10^{11} \text{ m}$, (c) $94,64 \text{ km/s}$
- 18 – 10 vezes maior.
- 19 – 0,605
- 20 – (a) 7,3h, (b) 1,04 GJ, (c) $4568 \text{ m/s} = 4,57 \text{ km/s}$
- 21 – 11,1 GJ
- 22 – $8,96 \times 10^7 \text{ m}$
- 23 – $3,35 \times 10^8 \text{ m}$
- 24 – (a) 1732 m/s , (b) $2,5 \times 10^5 \text{ m}$, (c) $1400,0 \text{ m/s}$
- 25 – (a) $-1,67 \times 10^{-8} \text{ J}$, (b) $5,5 \times 10^{-9} \text{ J}$.
- 26 – 1,732R e 0,33R
- 27 – $3,74 \times 10^{-5} \text{ N}$
- 29 – a) 7720 m/s , $8,92 \text{ m/s}^2$, b) $3,26 \times 10^{10} \text{ J}$, c) $2,99 \times 10^{10} \text{ J}$
- 30 – $2,67 \times 10^9 \text{ km}$; 0,967; 75,5 anos e $54,6 \text{ km/s}$
- 31- 64km