

Lista de Exercícios - GRAVITAÇÃO

Perguntas<sup>1</sup>

- Na Figura 1, duas partículas, de massas  $m$  e  $2m$ , estão fixas sobre um eixo. (a) Em que lugar ao longo do eixo, uma terceira partícula de massa  $3m$  pode ser colocada (excluindo o infinito) de modo que a força gravitacional resultante sobre ela devida às duas primeiras partículas seja nula: à esquerda das duas primeiras partículas, à direita delas, entre elas, porém mais próximo da partícula de massa maior, ou entre elas, porém mais próximo da partícula de massa menor? (b) A resposta se altera se a terceira partícula possuir, em vez disso, uma massa de  $16m$ ? (c) Existe algum ponto fora do eixo (excluindo o infinito) no qual a força resultante sobre a terceira partícula seria nula?

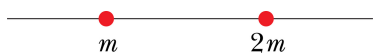


Figura 1: Pergunta 1.

- Na Figura 2, uma partícula central é rodeada por dois anéis circulares de partículas, com raios  $r$  e  $R$ , com  $R > r$ . Todas as partículas têm a mesma massa  $m$ . Quais são a intensidade e o sentido da força gravitacional resultante sobre a partícula central devida às partículas nos dois anéis?

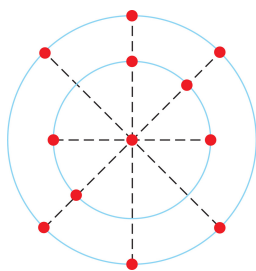


Figura 2: Pergunta 2.

- A Figura 3 mostra três arranjos para as mesmas partículas idênticas, com três delas colocadas sobre um círculo de raio  $0,20$  m e a quarta colocada dentro de um círculo. (a) Ordene os arranjos de acordo com o módulo da força gravitacional resultante sobre a partícula central devida às outras três partículas, em ordem decrescente. (b) Ordene-os de acordo com a energia potencial gravitacional do sistema de quatro partículas, começando pela menos negativa.

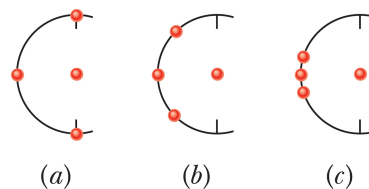


Figura 3: Pergunta 3.

- Na Figura 4, três partículas estão fixadas em suas posições. A massa de  $B$  é maior que a massa de  $C$ . Pode uma quarta partícula  $D$  ser colocada em algum lugar de modo que a força gravitacional resultante sobre a partícula  $A$  pelas partículas  $B$ ,  $C$  e  $D$  seja nula? Caso sim, em qual quadrante ela deveria ser colocada e de qual dos eixos ela estaria mais próxima?

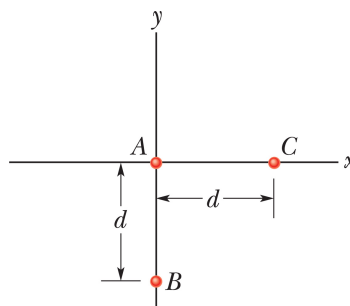


Figura 4: Pergunta 4.

- A Figura 5 mostra três planetas esféricos uniformes que são idênticos em massa e

<sup>1</sup>Perguntas: 1, 3, 5, 7, 9. Capítulo 13. Livro: Halliday, Resnick, Walker, *Fundamentos de Física* Vol. 2, 7ªed. LTC, 2006

tamanho. Os períodos de rotação  $T$  para os planetas são fornecidos, e seis pontos são identificados por letras – há um ponto em cada equador e um ponto em cada pólo norte. Ordene os pontos de acordo com o valor da aceleração de queda livre  $g$  nestes pontos, em ordem decrescente.

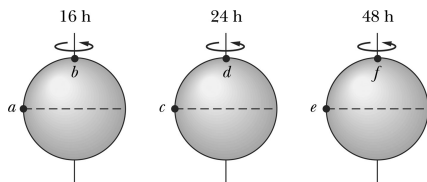


Figura 5: Pergunta 5.

## Problemas<sup>2</sup>

- Qual deve ser a separação entre uma partícula de 5,2 kg e uma partícula de 2,4 kg para que a atração gravitacional entre elas tenha um módulo de  $2,3 \times 10^{-12}$  N?
- Na Figura 6, um quadrado com 20,0 cm de lado é formado por quatro esferas de massas  $m_1 = 5,00$  g,  $m_2 = 3,00$  g,  $m_3 = 1,00$  g e  $m_4 = 5,00$  g. Em notação de vetores unitários, qual é a força gravitacional resultante exercida por elas sobre uma esfera central com massa  $m_5 = 2,50$  g?

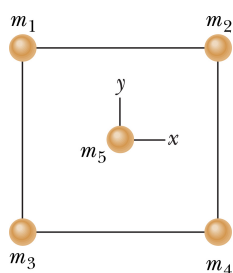


Figura 6: Problema 2.

- Na Figura 7, duas partículas puntiformes estão fixadas sobre um eixo  $x$  e separadas por uma distância  $d$ . A partícula  $A$  possui massa  $m_A$  e a partícula  $B$  possui massa  $3,00m_A$ . Uma terceira partícula  $C$ , de massa  $75,0m_A$ , deve ser colocada sobre o eixo  $x$ , próxima das partículas  $A$  e  $B$ . Em termos da distância  $d$ , em que valor da coordenada  $x$  deveria  $C$  ser colocada de modo que a força gravitacional

resultante exercida pelas partículas  $B$  e  $C$  sobre a partícula  $A$  fosse nula?

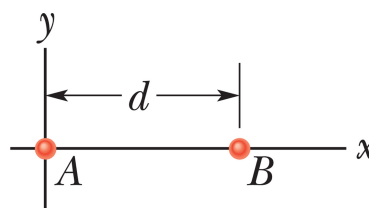


Figura 7: Problema 3.

- Na Figura 8, três partículas puntiformes estão fixas em um plano  $xy$ . A partícula  $A$  possui massa  $m_A$ , a partícula  $B$  possui massa  $2,00m_A$ , e a partícula  $C$  possui massa  $3,00m_A$ . Uma quarta partícula  $D$ , com massa  $4,00m_A$ , deve ser colocada nas proximidades das outras três. Em termos da distância  $d$ , em que valores das coordenadas (a)  $x$  e (b)  $y$  a partícula  $D$  deveria ser colocada de modo que a força gravitacional resultante exercida pelas partículas  $B$ ,  $C$  e  $D$  sobre a partícula  $A$  fosse nula?

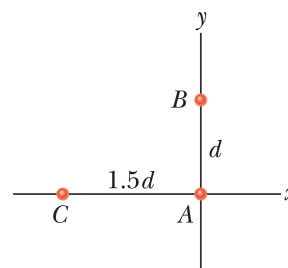


Figura 8: Problema 4.

- Em que altitude acima da superfície da Terra a aceleração gravitacional seria igual a  $4,9$  m/s<sup>2</sup>?
- Um modelo para um certo planeta considera-o possuindo um núcleo de raio  $R$  e massa  $M$  circundado por uma camada externa de raio interno  $R$  e raio externo  $2R$  e massa  $4M$ . Se  $M = 4,1 \times 10^{24}$  kg e  $R = 6,0 \times 10^6$  m, qual é a aceleração gravitacional de uma partícula nos pontos a distâncias (a)  $R$  e (b)  $3R$  do centro do planeta?

<sup>2</sup>Problemas: 1, 6, 7, 12, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 27, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 45, 50, 55, 59. Capítulo 13. Livro: Halliday, Resnick, Walker, *Fundamentos de Física* Vol. 2, 7ªed. LTC, 2006

7. Acredita-se que certas estrelas de nêutrons (estrelas extremamente densas) estejam girando a cerca de 1 rev/s. Se uma tal estrela tiver um raio de 20 km, qual deverá ser sua menor massa para que o material sobre sua superfície permaneça no lugar durante a rápida rotação?

8. Duas cascas esféricas concêntricas com massas  $M_1$  e  $M_2$  distribuídas uniformemente estão situadas como mostrado na Figura 9. Encontre o módulo da força gravitacional sobre uma partícula de massa  $m$ , devida às duas cascas, quando a partícula está localizada nas distâncias radiais (a)  $a$ , (b)  $b$  e (c)  $c$ .

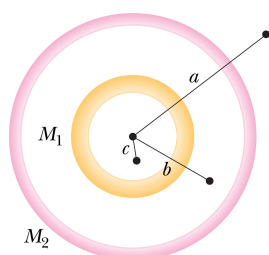


Figura 9: Problema 8.

9. Uma esfera sólida uniforme possui uma massa de  $1,0 \times 10^4$  kg e um raio de 1,0 m. Qual é o módulo da força gravitacional exercida pela esfera sobre uma partícula de massa  $m$  localizada a uma distância de (a) 1,5 m e (b) 0,50 m do centro da esfera? Escreva uma expressão geral para o módulo da força gravitacional sobre uma partícula a uma distância  $r \leq 1,0$  m do centro da esfera.

10. (a) Qual é a energia potencial gravitacional do sistema de duas partículas do Problema 1? Se você triplicar a separação entre as partículas, quanto trabalho é realizado (b) pela força gravitacional entre as partículas e (c) por você?

11. Que múltiplo da energia necessária para se escapar da Terra fornece a energia necessária para escapar (a) da Lua e (b) de Júpiter?

12. As três esferas na Figura 10, com massas  $m_A = 80$  g,  $m_B = 10$  g e  $m_C = 20$  g, têm seus centros sobre uma mesma linha, com  $L = 12$  cm e  $d = 4,0$  cm. Você

desloca a esfera  $B$  ao longo da linha até que sua separação centro a centro da esfera  $C$  seja  $d = 4,0$  cm. Qual é o trabalho realizado sobre a esfera  $B$  (a) por você e (b) pela força gravitacional sobre  $B$  devida às esferas  $A$  e  $C$ ?

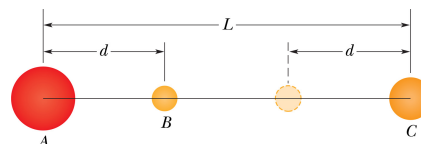


Figura 10: Problema 12.

13. (a) Qual é a velocidade de escape de um asteroide esférico cujo raio é igual a 500 km e cuja aceleração gravitacional na superfície é igual a  $3,0$  m/s<sup>2</sup>? (b) Que distância da superfície uma partícula atingirá se ela deixar a superfície com uma velocidade radial de 1000 m/s? (c) com que velocidade um objeto atingiria o asteroide se ele fosse solto a 1000 km acima da superfície?

14. A Figura 11 mostra quatro partículas, cada uma de massa 20,0 g, que formam um quadrado de lado  $d = 0,600$  m. Se  $d$  for reduzido para 0,200 m, qual será a variação na energia potencial gravitacional do sistema das quatro partículas?

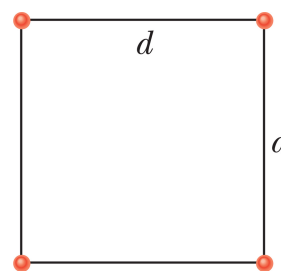


Figura 11: Problema 14.

15. O Sol, que está a  $2,2 \times 10^{20}$  m do centro da Via Láctea, completa uma revolução em torno deste centro a cada  $2,5 \times 10^8$  anos. Supondo que cada estrela na galáxia possua uma massa igual à massa do sol de  $2,0 \times 10^{30}$  kg, que as estrelas estão distribuídas uniformemente em uma esfera em torno do centro da galáxia e que o Sol se encontre na borda dessa esfera, estime o número de estrelas na galáxia.

16. (a) Que velocidade linear um satélite da Terra deve ter para estar em órbita circular em uma altitude de 160 km acima da superfície da Terra? (b) Qual é o período de revolução?
17. Um satélite, se movendo em uma órbita elíptica, está a 360 km acima da superfície da Terra em seu ponto mais afastado e a 180 km no seu ponto mais próximo. Calcule (a) o semi-eixo maior e (b) a excentricidade da órbita.
18. Um satélite de 20 kg possui uma órbita circular com um período de 2,4 h e um raio de  $8,0 \times 10^6$  m em torno de um planeta de massa desconhecida. Se o módulo da aceleração gravitacional sobre a superfície do planeta é  $8,0 \text{ m/s}^2$ , qual é o raio do planeta?
19. Um asteroide, cuja massa é  $2,0 \times 10^{-4}$  vezes a massa da Terra, gira em uma órbita em torno do Sol a uma distância que é o dobro da distância da Terra ao Sol. (a) Calcule o período de revolução do asteroide em anos. (b) Qual é a razão entre a energia cinética do asteroide e a energia cinética da Terra?
20. Um satélite está em uma órbita circular de raio  $r$  em torno da Terra. A área  $A$  delimitada pela órbita depende de  $r$  pois  $A = \pi r^2$ . Determine de que forma as seguintes propriedades do satélite dependem de  $r$ : (a) o período, (b) a energia cinética, (c) o momento angular e (d) a velocidade escalar.

## Respostas:

### Perguntas

- (a) entre, mais próximo à partícula de menor massa; (b) não; (c) não.
- $Gm^2/r^2$ , para cima.

- (a)  $c, b, a$ ; (b)  $a, b, c$ .
- sim, no segundo quadrante, mais próximo ao eixo  $y$ , a uma distância que depende da sua massa.
- $b, d, e, f$  todos empatam, depois  $e, c$  e  $a$ .

### Problemas

- 19 m.
- $\mathbf{F} = (1,18 \times 10^{-14} \text{ N})\mathbf{i} + (1,18 \times 10^{-14} \text{ N})\mathbf{j}$ .
- $-5,0d$ .
- (a)  $x = 0.716d$ ; (b)  $y = -1.07d$ .
- $2,6 \times 10^6 \text{ m}$ .
- (a)  $7,6 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $4,2 \text{ m/s}^2$ .
- $5 \times 10^{24} \text{ kg}$ .
- (a)  $G(M_1 + M_2)m/a^2$ ; (b)  $GM_1m/b^2$ ; (c) zero.
- (a)  $(3,0 \times 10^{-7} \text{ N/Kg})m$ ; (b)  $(3,3 \times 10^{-7} \text{ N/Kg})m$ ; (c)  $(6,7 \times 10^{-7} \text{ N/Kg}\cdot\text{m})mr$ .
- (a)  $-4,4 \times 10^{-11} \text{ J}$ ; (b)  $2,9 \times 10^{-11} \text{ J}$ ; (c)  $-2,9 \times 10^{-11} \text{ J}$ .
- (a) 0,0451; (b) 28,5.
- (a) 0,50 pJ; (b) -0,50 pJ.
- (a) 1,7 km/s; (b)  $2,5 \times 10^5 \text{ m}$ ; (c) 1,4 km/s.
- $-4,82 \times 10^{-13} \text{ J}$ .
- $5 \times 10^{10}$  estrelas.
- (a) 7,82 km/s; (b) 87,5 min.
- (a)  $6,64 \times 10^3 \text{ km}$ ; (b) 0,0136.
- $5,8 \times 10^6 \text{ m}$ .
- (a) 2,8 anos; (b)  $1,0 \times 10^{-4}$ .
- (a)  $r^{1,5}$ ; (b)  $r^{-1}$ ; (c)  $r^{0,5}$ ; (d)  $r^{-0,5}$ .