

# Problemas de dinâmica

Ricardo Mendes Ribeiro

16 de Fevereiro de 2018

## 1 Dinâmica da Partícula

### Questões

1. Porque razão caímos para a frente, quando um autocarro em movimento é desacelerado numa estação, e caímos para trás, quando o autocarro é acelerado para partir? O que aconteceria se o autocarro percorresse uma curva com velocidade constante?
2. Uma força horizontal actua sobre uma massa em condições de se mover livremente. Haverá aceleração, se a força for menor que o peso dessa massa?
3. A aceleração de um corpo, caindo livremente, depende do seu peso?
4. Dois objectos da mesma massa repousam nos pratos de uma balança. A balança mantém-se equilibrada dentro de um elevador, quando este é acelerado para cima ou para baixo?
5. Um peso está suspenso por um fio do tecto de um elevador. Entre as condições seguintes, escolha aquela em que a tensão no fio será maior. Repita a escolha para o caso em que a tensão é menor.
  - (a) O elevador em repouso.
  - (b) O elevador sobe com velocidade uniforme.
  - (c) O elevador desce com velocidade decrescente.
  - (d) O elevador desce com velocidade crescente.
6. Uma corda de massa desprezável passa sobre uma roldana sem atrito. Um macaco está suspenso numa das extremidades da corda, e um espelho, do mesmo peso, é colocado no mesmo nível que o macaco, na outra extremidade. O macaco conseguirá afastar-se da sua imagem no espelho:
  - (a) subindo pela corda.
  - (b) descendo por ela.
  - (c) soltando a corda.
7. Dê exemplos de pares acção-reacção.
8. Por que razão os pingos de chuva caem a uma velocidade constante no estágio final de sua queda?

9. Critique a seguinte afirmação: um corpo, em que a resultante das forças aplicadas é nula, encontra-se em repouso.
10. Num jogo de cabo-de-guerra, três homens puxam uma das extremidades do cabo e outros três homens puxam a extremidade oposta. No meio da corda está pendurado um corpo de massa igual a 30 kg. Os homens conseguirão, puxando bastante, fazer com que o cabo fique exactamente rectilíneo? Justifique.
11. Considerar dois objectos com a mesma forma e volume e massas diferentes,  $m_1$  e  $m_2$ . Se forem largados de uma mesma altura  $h$  qual chega primeiro ao solo e porquê? Por que razão(ões) física(s) os objectos detêm o seu movimento no solo?
12. Se um objecto não tiver aceleração num referencial inercial poderemos concluir que não actuam forças sobre ele?
13. A Luísa segura um objecto na mão. A força de reacção à força exercida sobre o objecto pela mão da Luísa é:
  - (a) a força que a Terra exerce sobre o objecto.
  - (b) a força que o objecto exerce sobre a Terra.
  - (c) a força que a mão exerce sobre o objecto.
  - (d) a força que o objecto exerce sobre a mão.
  - (e) a força que a Terra exerce sobre a mão.

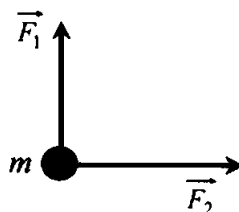
A força de reacção ao peso da ave é:

- (a) a força que a Terra exerce sobre o passarinho.
- (b) a força que o passarinho exerce sobre a Terra.
- (c) a força que a mão exerce sobre o passarinho.
- (d) a força que o passarinho exerce sobre a mão.
- (e) a força que a Terra exerce sobre a mão.

## Problemas

14. Duas forças  $F_1$  e  $F_2$  de intensidades 4.0 N e 6.0 N, respectivamente, actuam sobre um corpo de massa  $m = 8.0$  kg. Determine o vector aceleração do corpo.

**R:** <sup>1</sup>



15. Um homem cuja massa é de 90 kg está num elevador. Determine a força que o piso exerce sobre o homem quando:

- (a) o elevador sobe com velocidade constante.
- (b) o elevador desce com velocidade constante.
- (c) o elevador sobe com aceleração, para cima, de  $3 \text{ m/s}^2$ .
- (d) o elevador desce com aceleração, para baixo, de  $3 \text{ m/s}^2$ .
- (e) o cabo parte e o elevador cai livremente.

**R:** <sup>2</sup>

16. Considere dois objectos iguais de forma e textura mas com massas diferentes. Os dois objectos são largados de uma altura  $h$  em simultâneo. Assumindo que o atrito no ar é constante e igual para ambos, chegam os dois ao mesmo tempo ao solo?
17. Um ponto material de  $2 \text{ kg}$  de massa está sob a acção de uma força que, expressa em newton, é dada por  $\vec{F} = (8 - 6t)\vec{e}_x + (4 - t^2)\vec{e}_y - (4 + t)\vec{e}_z$ . Sabendo que a velocidade do ponto material é  $\vec{v} = 150\vec{e}_x + 100\vec{e}_y - 250\vec{e}_z$  (m/s) quando  $t = 0$ , determine:
- (a) o instante em que a aceleração do ponto material é paralela ao plano Oyz.
  - (b) a velocidade correspondente do ponto material.

**R:** <sup>3</sup>

18. Um automóvel com uma massa de  $1500 \text{ kg}$  e uma velocidade inicial de  $60 \text{ km.h}^{-1}$ , trava com aceleração constante, e o carro pára em  $1.2 \text{ min}$ . Calcule a força aplicada ao carro.

**R:** <sup>4</sup>

19. Qual o tempo que uma força de  $80 \text{ N}$  deve ser aplicada a um corpo de  $12.5 \text{ kg}$ , de forma a pará-lo, se a sua velocidade inicial for de  $72 \text{ km.h}^{-1}$ ?

**R:** <sup>5</sup>

20. Um corpo com uma massa de  $10 \text{ g}$  cai de uma altura de  $3 \text{ m}$  sobre um monte de areia. O corpo penetra  $3 \text{ cm}$  na areia antes de parar. Qual a força que a areia exerceu sobre o corpo?

**R:** <sup>6</sup>

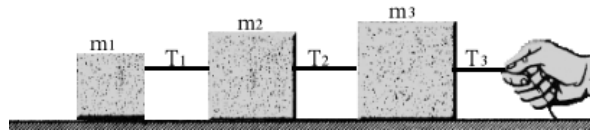
21. Uma massa de  $200 \text{ g}$  move-se com velocidade constante  $\vec{v} = 50\vec{e}_x \text{ cm.s}^{-1}$ . Quando a massa se encontra em  $\vec{r} = -10\vec{e}_x$  (cm), uma força constante  $\vec{F} = -400\vec{e}_x(N)$  é aplicada ao corpo. Determine:
- (a) o tempo que a massa demora a parar.
  - (b) a posição da partícula no instante em que pára.

**R:** <sup>7</sup>

22. Três blocos, ligados como mostra a figura, estão sobre uma mesa horizontal sem atrito, e são puxados para a direita por uma força de intensidade  $F = 100 \text{ N}$ . Sabendo que  $m_1 = 10 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 15 \text{ kg}$  e  $m_3 = 25 \text{ kg}$ , determine:
- (a) a aceleração do sistema.

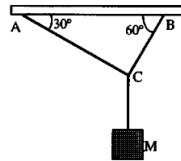
(b) os módulos das tensões nas cordas.

**R:** <sup>8</sup>



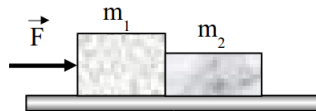
23. Determine as tensões nas cordas  $AC$  e  $BC$  se o peso do corpo  $M$  for igual a 40 N.

**R:** <sup>9</sup>



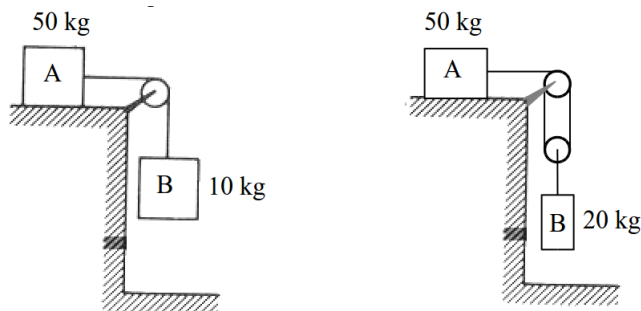
24. Dois blocos estão em contacto sobre uma mesa plana sem atrito. Uma força horizontal é aplicada a um dos blocos conforme indicado na figura.

- (a) Se  $m_1 = 3.0$  kg,  $m_2 = 2.0$  kg e  $F = 6$  N, determine a força de contacto entre os dois blocos.
- (b) Suponha que a força  $F$  é aplicada a  $m_2$ , em vez de  $m_1$ . Obtenha o módulo da força de contacto entre os corpos.



25. A velocidade inicial do bloco  $A$  de 50 kg é de 5 m/s para a esquerda. Determine, para as duas situações ilustradas na figura, o instante  $t$  no qual o bloco tem:

- (a) a velocidade nula
- (b) uma velocidade de 5 m/s para a direita

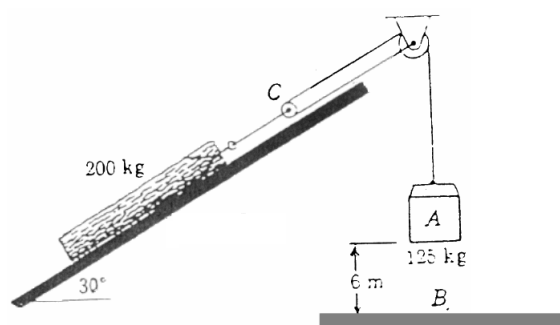


**R:** <sup>10</sup>

26. A figura representa um plano inclinado, sobre o qual se encontra um tronco de 200 kg, ligado a um bloco de 125 kg de massa. O coeficiente de atrito entre o bloco e o plano é de 0.5. O movimento inicia-se a partir da posição indicada na figura, sendo desprezável a massa e o atrito nas roldanas. Tendo em atenção estas condições, determine:

- (a) as acelerações dos movimentos do bloco e do tronco.  
 (b) as velocidades do bloco *A* e do tronco, no instante em que o bloco atinge o solo.

**R:** <sup>11</sup>

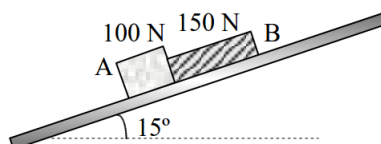


### Atrito

27. Duas caixas são colocadas num plano inclinado como o representado na figura. O coeficiente de atrito entre o plano inclinado e a caixa *B* é de 0.15 e entre o plano inclinado e a caixa *A* é de 0.25. Sabendo que as caixas estão em contacto quando libertadas, determine:

- (a) a aceleração de cada caixa.  
 (b) a força exercida pela caixa *A* sobre a caixa *B*.

**R:** <sup>12</sup>

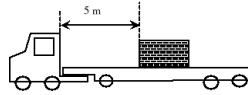


28. Resolva o problema anterior supondo que as posições das caixas são trocadas.

**R:** <sup>13</sup>

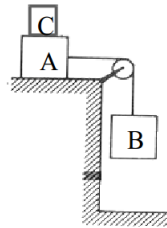
29. O coeficiente de atrito entre a carga e o reboque no camião indicado na figura é de 0.40. Viajando a 100 km/h, o motorista faz uma travagem de emergência e o camião desliza 90 m até parar. Determine a velocidade da carga em relação ao reboque quando ela atinge a borda da frente do reboque (suponha que a travagem é feita com aceleração constante).

**R:** <sup>14</sup>



30. As massas dos corpos  $A$  e  $B$  na figura são, respectivamente, 10 kg e 5 kg. O coeficiente de atrito entre a mesa e o corpo  $A$  é de 0.20. Determine:
- a massa mínima de  $C$  que impede o corpo  $A$  de se mover.
  - a aceleração do sistema se  $C$  for removido.

**R:** <sup>15</sup>



31. Um cubo de gelo desliza ao longo de um plano inclinado, demorando o dobro do tempo que levaria a percorrer o mesmo espaço se deslizesse sem atrito. Exprima, em função do ângulo de inclinação  $\alpha$ , o coeficiente de atrito cinético  $\mu$ .

**R:** <sup>16</sup>

### Força centrípeta

32. Um homem faz oscilar um balde cheio de água num plano vertical, numa circunferência de 0.75 m de raio. Qual a menor velocidade que o balde deverá ter no topo da circunferência para que não derrame a água?

**R:** <sup>17</sup>

33. Uma partícula de poeira encontra-se sobre um disco e roda com ele a uma velocidade de 45 revoluções por minuto (rpm). Se a partícula estiver a 10 cm do eixo de rotação, determine:

- a sua velocidade linear.
- o módulo da sua aceleração
- a força de atrito que actua sobre a partícula, se a sua massa for de 1.0 g.
- o coeficiente de atrito entre a partícula de poeira e o disco, sabendo que a partícula só escorrega quando estiver a mais de 15 cm do eixo.

**R:** <sup>18</sup>

34. Uma pedra de 1 kg de massa está presa à extremidade de um cordão de 1 m de comprimento, cuja carga de ruptura é de 500 N; a pedra descreve uma circunferência horizontal sobre uma mesa sem atrito. A outra extremidade do cordão é mantida fixa. Determinar a velocidade máxima que a pedra pode atingir sem rebentar o cordão.

**R:** <sup>19</sup>

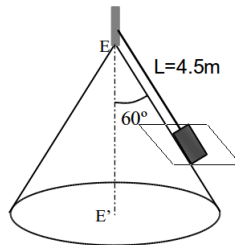
35. No modelo de Rutherford do átomo de hidrogénio, o electrão move-se numa órbita circular em torno do protão (suposto fixo) sujeito à força electrostática

$$F = k \frac{(-e)(+e)}{r^2}$$

- (a) Classifique o movimento do electrão.
- (b) Calcule a aceleração normal do electrão para a órbita de raio  $r = 0.5 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ).
- (c) Calcule a frequência, o período e a velocidade do electrão para a órbita anterior.

Dados:  $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$ ;  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .

36. Um corpo de massa  $4 \text{ kg}$  está assente sobre uma superfície cónica sem atrito. Este corpo gira em torno do eixo  $EE'$  com uma velocidade angular de 10 voltas por minuto. Calcule:
- (a) A velocidade linear do corpo;
  - (b) A reacção exercida pela superfície sobre o corpo;
  - (c) A tensão no fio;
  - (d) A velocidade angular necessária para que a reacção da superfície sobre o corpo seja nula.



37. Um motorista de prova propõe-se conduzir um pequeno automóvel sobre a parede vertical de uma pista circular de  $12 \text{ m}$  de raio. Sabendo que o coeficiente de atrito entre os pneus e a parede é igual a  $0.65$ , determine a velocidade mínima com que o motorista pode realizar a prova.
38. Uma curva circular com  $100 \text{ m}$  de raio está projectada para tráfego que circule a  $80 \text{ km/h}$ .
- (a) Se a estrada não for inclinada qual o coeficiente de atrito necessário para impedir que os carros, a  $80 \text{ km/h}$ , saiam da estrada?
  - (b) Qual a inclinação em relação à horizontal que a estrada deveria ter se o coeficiente de atrito fosse de  $0.25$ ?

**R:** <sup>20</sup>

39. Um prato de gira-discos roda a  $33.5 \text{ rpm}$ . Constatou-se que um pequeno objecto colocado sobre o prato fica em repouso em relação a ele se a distância ao centro for menor que  $4 \text{ polegadas}$ , mas escorrega se a distância for maior.

- (a) Qual o coeficiente de atrito estático entre o objecto e o prato?
- (b) A que distância máxima do eixo o objecto pode ser colocado sem escorregar, se o prato girar a 45 rpm?

**R:** <sup>21</sup>

### Momento linear

40. Qual é a força constante necessária para aumentar a quantidade de movimento de um corpo de  $2300 \text{ kg.m.s}^{-1}$  para  $3000 \text{ kg.m.s}^{-1}$  em 50 s?

**R:** <sup>22</sup>

41. Dois objectos,  $A$  e  $B$ , que se movem sem atrito numa superfície horizontal interagem. A quantidade de movimento de  $A$  é  $p_A = p_0 - bt$ , em que  $p_0$  e  $b$  são constantes e  $t$  é o tempo. Calcule a quantidade de movimento de  $B$  em função do tempo se:

- (a)  $B$  está inicialmente em repouso.
- (b) a quantidade de movimento inicial de  $B$  for  $-p_0$ .

**R:** <sup>23</sup>

42. Uma partícula de massa  $3.2 \text{ kg}$  move-se de oeste para este com uma velocidade de  $6.0 \text{ m.s}^{-1}$  interagindo com outra partícula de massa  $1.6 \text{ kg}$  que se move do norte para sul com uma velocidade de  $5.0 \text{ m.s}^{-1}$ . Após 2 s a primeira partícula move-se na direcção N  $30^\circ$  E com uma velocidade de  $3.0 \text{ m.s}^{-1}$ . Calcule:

- (a) a magnitude e direcção da velocidade da outra partícula.
- (b) a quantidade de movimento total das duas partículas no início e após os 2 s.
- (c) a variação da quantidade de movimento de cada partícula.

**R:** <sup>24</sup>

43. Um carro choca com uma parede rígida a uma velocidade de  $12 \text{ m/s}$ .
- (a) Se o carro for bastante rígido e indeformável, o condutor de  $60 \text{ kg}$  de massa, irá parar em  $0.05 \text{ s}$ . Qual a intensidade da força que actua sobre ele?
  - (b) Se se tratar de um carro moderno, facilmente amolgável, o tempo de paragem do condutor será de  $0.2 \text{ s}$ . Qual a intensidade da força que, neste caso, actua sobre o condutor?
  - (c) Que tipo de construção será mais adequada em caso de acidente: a rígida ou a deformável?
  - (d) Qual o papel desempenhado pelos cintos de segurança?



## Gravidade

44. Sabendo que:

Distância Terra-Lua: 384000 km;

Distância Terra-Sol:  $149.6 \times 10^6$  km;

Massa da Terra:  $5.98 \times 10^{24}$  kg;

Massa da Lua:  $7.36 \times 10^{22}$  kg;

Massa do Sol:  $1.99 \times 10^{30}$  kg;

- (a) Calcule a força que é exercida pela Terra sobre a Lua, de acordo com a lei da gravitação de Newton.
- (b) E que força é exercida pelo Sol sobre a Terra?
- (c) Qual a força exercida pela Terra sobre uma pessoa com 70 kg de massa?
- (d) Qual a força exercida por: Lua sobre a Terra; Terra sobre o Sol; pessoa de 70 kg sobre a Terra?
- (e) Tendo em conta o resultado obtido na alínea c) determinar o valor da constante de gravitação universal  $G$ .

45. Comparada com a sua massa na Terra, um astronauta em Vénus, onde a aceleração da gravidade é  $8.8 \text{ m/s}^2$ , teria:

- (a) menos massa e menos peso;
- (b) menos massa e o mesmo peso;
- (c) a mesma massa e mais peso;
- (d) a mesma massa e menos peso.

# Soluções

## Notes

- <sup>1</sup> $\vec{a} = 0.75 \vec{e}_x + 0.5 \vec{e}_y$   
<sup>2</sup>a) 882 N; b) 882 N; c) 1152 N; d) 612 N; e) 0  
<sup>3</sup>a)  $4/3$  s; b)  $\vec{v} = 152.7\vec{e}_x + 102.3\vec{e}_y - 253.1\vec{e}_z$  m/s  
<sup>4</sup>-347.2 N  
<sup>5</sup>3.125 s  
<sup>6</sup>9.9 N  
<sup>7</sup>a)  $2.5 \times 10^{-4}$  s; b)  $x = -9.994$  cm  
<sup>8</sup>a) m/s<sup>2</sup>; b)  $T_1 = 20$  N,  $T_2 = 50$  N,  $T_3 = 100$  N.  
<sup>9</sup> $T_A = 20$  N;  $T_B = 34.6$  N  
<sup>10</sup>a) 3.06 s; 2.81 s; b) 6.12 s; 5.61 s  
<sup>11</sup>a)  $a_T = 0.89$  m/s<sup>2</sup>,  $a_A = 1.78$  m/s<sup>2</sup>. b)  $v_T = 2.3$  m/s;  $v_A = 4.6$  m/s; c) 380 N.  
<sup>12</sup>a) 0.7 m/s<sup>2</sup>; b) 5.8 N.  
<sup>13</sup> $a_A = 0.17$  m/s<sup>2</sup>,  $a_B = 1.12$  m/s<sup>2</sup>,  $F_{AB} = 0$  N  
<sup>14</sup>1.92 m/s  
<sup>15</sup>a) 15 kg; b) 0.2 g  
<sup>16</sup> $\frac{3}{4} \tan \alpha$   
<sup>17</sup> $v \geq 2.71$  m/s  
<sup>18</sup>a) 0.47 m/s; b) 2.2 m/s<sup>2</sup>; c)  $2.2 \times 10^{-3}$  N; d) 0.34  
<sup>19</sup>22.36 m/s  
<sup>20</sup>a) 0.50; b) 12.5°  
<sup>21</sup>a) 0.128; b) 5.65 cm  
<sup>22</sup>14 N  
<sup>23</sup>a)  $bt$ ; b)  $-p_0 + bt$   
<sup>24</sup>a) 13.6 m/s;  $\alpha = 48.6^\circ$  b)  $\vec{p} = 19.2\vec{e}_x - 8\vec{e}_y$  N.s. c)  $\Delta\vec{p}_1 = -14.4\vec{e}_x + 8.3\vec{e}_y$  N.s;  $\Delta\vec{p}_2 = -\Delta\vec{p}_1$