

Lista de Exercícios - Movimento em Duas e Três Dimensões

Perguntas

1. Você tem que lançar um foguete, praticamente do nível do solo, com uma das velocidades iniciais especificadas pelos seguintes vetores: (1)  $\vec{v}_0 = 20\hat{i} + 70\hat{j}$ ; (2)  $\vec{v}_0 = -20\hat{i} + 70\hat{j}$ ; (3)  $\vec{v}_0 = 20\hat{i} - 70\hat{j}$ ; (4)  $\vec{v}_0 = -20\hat{i} - 70\hat{j}$ . No seu sistema de coordenadas,  $x$  varia ao longo do nível do solo e  $y$  cresce para cima. (a) Ordene os vetores de acordo com o módulo da velocidade de lançamento do projétil, começando pelo maior. (b) Ordene os vetores de acordo com o tempo de voo do projétil, começando pelo maior.

2. A figura 1 mostra três situações nas quais projéteis idênticos são lançados do solo (a partir do mesmo nível) com velocidades escalares e ângulos iguais. Entretanto, os projéteis não caem no mesmo terreno. Ordene as situações de acordo com as velocidades escalares finais dos projéteis imediatamente antes de aterrissarem, começando pelo maior.

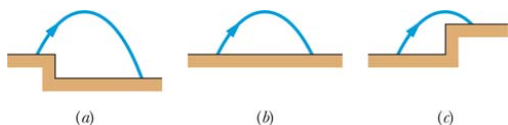


Figura 1: Pergunta 2

3. A figura 2 mostra três trajetórias de uma bola de futebol chutada a partir do chão. Ignorando os efeitos do ar, ordene as trajetórias de acordo (a) com o tempo de percurso, (b) com a componente vertical da velocidade inicial, (c) com a componente horizontal da velocidade inicial e (d) com a velocidade escalar inicial, em ordem decrescente.

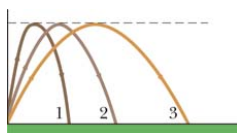


Figura 2: Pergunta 3

4. Na figura 3 a partícula  $P$  está em movimento circular uniforme em torno da origem de um sistema de coordenadas  $xy$ . (a) Para que valores de  $\theta$  a componente vertical  $r_y$  do vetor posição possui maior módulo? (b) Para que valores de  $\theta$  a componente vertical  $v_y$  da velocidade da partícula possui maior módulo? (c) Para que valores de  $\theta$  a componente vertical  $a_y$  da aceleração da partícula possui maior módulo?

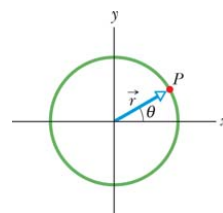


Figura 3: Pergunta 4

5. (a) É possível estar acelerando enquanto se viaja com velocidade escalar constante? É possível fazer uma curva (b) com aceleração nula e (c) com uma aceleração de módulo constante?

6. A figura 4 mostra quatro trilhos (semicírculos ou quartos de círculo) que podem ser usados por um trem que se movem com velocidade escalar constante. Ordene os trilhos de acordo com o módulo da aceleração do trem no trecho curvo, em ordem decrescente.

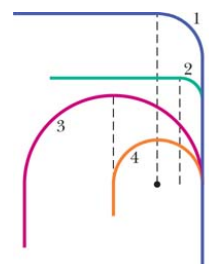


Figura 4: Pergunta 6

## Problemas

- Um pósitron sofre um deslocamento  $\Delta\vec{r} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + 6\hat{k}$  e termina com o vetor posição  $\vec{r} = 3\hat{j} - 4\hat{k}$ , em metros. Qual era o vetor posição inicial do pósitron?
- Um semente de melancia possui as seguintes coordenadas  $x = -5m$ ,  $y = 8m$  e  $z = 0m$ . Determine o vetor posição da semente (a) na notação de vetores unitários e como (b) um módulo e (c) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo  $x$ . (d) Desenhe o vetor em um sistema de coordenadas dextrogiro. Se a semente é transportada até as coordenadas  $(3m, 0m, 0m)$ , determine seu deslocamento (e) na notação de vetores unitários e como (f) um módulo e (g) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo  $x$ .
- O vetor posição de um elétron é  $\vec{r} = (5m)\hat{i} - (3m)\hat{j} + (2m)\hat{k}$ . (a) Determine o módulo de  $\vec{r}$ . (b) Desenhe o vetor em um sistema de coordenadas dextrogiro.
- O vetor posição de um íon é inicialmente  $\vec{r} = 5\hat{i} - 6\hat{j} + 2\hat{k}$  e  $10s$ , depois passa a ser  $\vec{r} = 2\hat{i} + 8\hat{j} - 2\hat{k}$ , com todos os valores em metros. Na notação de vetores unitários, qual é a velocidade média  $\vec{v}_{med}$  durante os  $10s$ ?
- A posição de um elétrons é dada por  $\vec{r} = 3t\hat{i} - 4t^2\hat{j} + 2\hat{k}$  com  $t$  em segundos e  $\vec{r}$  em metros. (a) Qual é a velocidade  $\vec{v}(t)$  do elétron na notação de vetores unitários? Quanto vale  $\vec{v}(t)$  no instante  $t = 2s$  (b) na notação de vetores unitários e como (c) um módulo e (d) um ângulo em relação ao sentido positivo do eixo  $x$ ?
- Um trem com uma velocidade constante de  $60km/h$  se move na direção leste por  $40min$ , depois em uma direção que faz um ângulo de  $50^\circ$  a leste com a direção norte por  $20min$  e, finalmente, na direção oeste por mais  $50min$ . Quais são (a) o módulo e (b) o ângulo da velocidade média do trem durante essa viagem?
- Uma partícula se move de tal forma que sua posição (em metros) em função do tempo (em segundos) é dada por  $\vec{r} = \hat{i} + 4t^2\hat{j} + t\hat{k}$ . Escreva expressões para (a) sua velocidade e (b) sua aceleração em função do tempo.
- A velocidade inicial de um próton é  $\vec{v} = 4\hat{i} - 2\hat{j} + 3\hat{k}$ ;  $4s$  mais tarde, passa a ser  $\vec{v} = -2\hat{i} - 2\hat{j} + 5\hat{k}$  (em metros por segundo). Para esse  $4s$ , determine quais são (a) a aceleração média do próton  $\vec{a}_{med}$  na notação de vetores unitários, (b) o módulo de  $\vec{a}_{med}$  e (c) o ângulo entre  $\vec{a}_{med}$  e o semi-eixo  $x$  positivo.
- Em um certo instante um ciclista está  $40m$  a leste do mastro de um parque, indo para o sul com uma velocidade de  $10m/s$ . Após  $30s$  o ciclista está  $40m$  ao norte do mastro, dirigindo-se para o leste com uma velocidade de  $10m/s$ . Para o ciclista, durante esse intervalo de  $30s$  quais são (a) o módulo e (b) a direção do deslocamento, (c) o módulo e (d) a direção da velocidade média, (e) o módulo e (f) a direção da aceleração média?
- Um vento moderado acelera um seixo sobre um plano horizontal  $xy$  com uma aceleração constante  $\vec{a} = (5m/s^2)\hat{i} + (7m/s^2)\hat{j}$ . No instante  $t = 0$ , a velocidade é  $(4m/s)\hat{i}$ . Quais são (a) o módulo e (b) o ângulo da velocidade do seixo após ter se deslocado  $12m$  paralelamente ao eixo  $x$ ?
- Um projétil é disparado horizontalmente de uma arma que está  $45m$  acima de um terreno plano, emergindo da arma com uma velocidade de  $250m/s$ . (a) Por quanto tempo o projétil permanece no ar? (b) A que distância horizontal do ponto de disparo ele se choca com o solo? (c) Qual é o módulo da componente vertical da velocidade quando o projétil se choca com o solo?
- No campeonato mundial de atletismo de 1991, em Tóquio, Mike Powell saltou  $8,95m$ , batendo por  $5cm$  um recorde de 23 anos para o salto em distância estabelecido por Bob Beamon. Suponha que a velocidade de Powell no início do salto era de  $9,5m/s$  (aproximadamente igual à velocidade de um velocista) e que

$g = 9,8m/s^2$  em Tóquio. Calcule a diferença entre o alcance de Powell e o máximo alcance possível para uma partícula lançada com a mesma velocidade.

13. Um pequena bola rola horizontalmente até a borda de uma mesa de  $1,2m$  de altura e cai no chão. A bola chega ao chão a uma distância horizontal de  $1,52m$  da borda da mesa. (a) Por quanto tempo a bola fica no ar? (b) Qual é a velocidade da bola no instante em que chega à borda da mesa?
14. Na figura5, uma pedra é lançada em um rochedo de altura  $h$  com um velocidade inicial de  $42m/s$  e um ângulo  $\theta_0 = 60^\circ$  com a horizontal. A pedra cai em um ponto  $A$ ,  $5,5s$  após o lançamento. Determine (a) a altura  $h$  do rochedo, (b) a velocidade da pedra imediatamente antes do impacto em  $A$  e (c) a máxima altura  $H$  alcançada acima do solo.

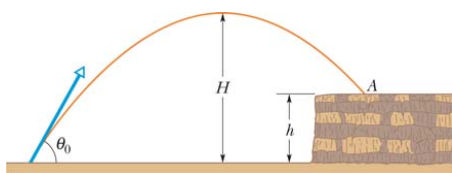


Figura 5: Problema 14

15. Uma pedra é lançada de uma catapulta no instante  $t = 0$ , com uma velocidade inicial de módulo  $20m/s$  e um ângulo de  $40^\circ$  acima da horizontal. Quais são os módulos das componentes (a) horizontal e (b) vertical do deslocamento da pedra em relação à catapulta em  $t = 1,1s$ ? Repita os cálculos para as componentes (c) horizontal e (d) vertical em  $t = 1,8s$  e para as componentes (e) horizontal e (f) vertical em  $t = 5s$ .
16. Um viciado em aceleração centrípeta executa um movimento circular uniforme de período  $T = 2s$  e raio  $r = 3m$ . No instante  $t_1$  sua aceleração é  $\vec{a} = (6m/s^2)\hat{i} + (-4m/s^2)\hat{j}$ . Nesse instante, quais são os valores de (a)  $\vec{v} \cdot \vec{a}$  e (b)  $\vec{r} \times \vec{a}$ ?
17. Em um parque de diversões uma mulher passeia em uma roda-gigante com  $15m$  de raio, completando cinco voltas

em torno do eixo horizontal a cada minuto. Quais são (a) o período do movimento, (b) o módulo e (c) o sentido de sua aceleração centrípeta no ponto mais alto, e (d) o módulo e (e) o sentido de sua aceleração centrípeta no ponto mais baixo?

18. Qual é o módulo da aceleração de um velocista que corre a  $10m/s$  ao fazer uma curva com  $25m$  de raio?
19. Um satélite se move em uma órbita circular,  $640km$  acima da superfície da Terra, com um período de  $98min$ . Quais são (a) a velocidade e (b) o módulo da aceleração centrípeta do satélite?
20. Um jogador de rúgbi corre com a bola na mão em direção à meta do adversário no sentido positivo de um eixo  $x$ . De acordo com as regras do jogo, ele pode passar a bola a um companheiro de equipe desde que a velocidade da bola em relação ao campo não possua uma componente  $x$  positiva. Suponha que o jogador esteja correndo com uma velocidade de  $4m/s$  em relação ao campo quando passa a bola com uma velocidade  $\vec{v}_{BJ}$  em relação a ele mesmo. Se o módulo de  $\vec{v}_{BJ}$  é  $6m/s$ , qual é o menor ângulo que ela deve fazer com a direção  $x$  para que o passe seja válido?
21. Duas rodovias se cruzam, como mostra a Figura 6. No instante indicado, um carro de polícia  $P$  está a uma distância  $d_p = 800m$  do cruzamento, movendo-se com uma velocidade escalar  $v_p = 80km/h$ . O motorista  $M$  está a uma distância  $d_M = 600m$  do cruzamento, movendo-se com uma velocidade escalar  $v_M = 60km/h$ . (a) Qual é a velocidade do motorista em relação ao carro da polícia na notação de vetores unitários? (b) No instante mostrado na figura 6, qual é o ângulo entre a velocidade calculada no item (a) e a rota que liga os dois carros? (c) Se os carros mantêm suas velocidades, as respostas dos itens (a) e (b) mudam quando os carros se aproximam da interseção?

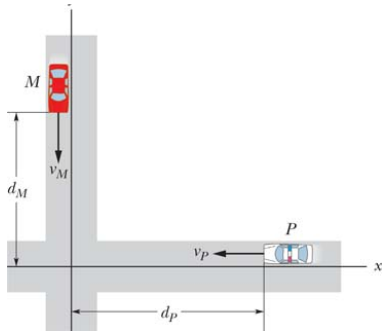


Figura 6: Problema 21

## Respostas:

### Perguntas:

- (a) todas iguais; (b) 1 e 2 iguais, 3 e 4 iguais
- a, b, c
- a) todas iguais; (b) todas iguais; (c) 3, 2, 1; (d) 3, 2, 1
- (a)  $90^\circ$  e  $270^\circ$ ; (b)  $0^\circ$  e  $180^\circ$ ; (c)  $90^\circ$  e  $270^\circ$
- (a) sim (somente para fazer a curva); (b) não (porque a direção da velocidade deve mudar); (c) sim (se o módulo da velocidade não mudar)
- 2, 1 e 4 iguais, 3

### Problemas:

- $(-2, 0m)\hat{i} + (6, 0m)\hat{j} - (10m)\hat{k}$
- (a)  $(-5, 0m)\hat{i} + (8, 0m)\hat{j}$  (b)  $9,4m$ ; (c)  $122^\circ$ ; (e)  $(8, 0m)\hat{i} - (8, 0m)\hat{j}$ , (f)  $11m$ ; (g)  $-45^\circ$

- (a)  $6,2m$
- $(-0,30m/s)\hat{i} + (1,4m/s)\hat{j} - (0,40m/s)\hat{k}$
- (a)  $(3,00m/s)\hat{i} - (8,00m/s)\hat{j}$ ; (b)  $(3,00m/s)\hat{i} - (16,0m/s)\hat{j}$  (c)  $16,3m/s$ ; (d)  $-79,4^\circ$
- a)  $7,59km/h$ ; (b)  $22,5$  a leste do norte.
- (a)  $(8m/s)t\hat{j} + (1m/s)\hat{k}$ ; (b)  $(8m/s^2)\hat{j}$
- (a)  $(-1,5m/s^2)\hat{i} + (0,50m/s^2)\hat{k}$ ; (b)  $1,6m/s^2$ ; (c)  $162^\circ$
- (a)  $56,6m$ ; (b)  $45^\circ$  norte do oeste; (c)  $1,89m/s$ ; (d)  $45^\circ$  norte do oeste; (e)  $0,471m/s^2$ ; (f)  $45^\circ$  norte do leste
- (a)  $15,8m/s$ ; (b)  $42,6^\circ$
- (a)  $3,03s$ ; (b)  $758m$ ; (c)  $29,7m/s$
- $25,9cm$
- (a)  $0,495s$ ; (b)  $3,07m/s$
- a)  $51,8m$ ; (b)  $27,4m/s$ ; (c)  $67,5m$
- (a)  $16,9m$ ; (b)  $8,21m$ ; (c)  $27,6m$  (d)  $7,26m$ ; (e)  $40,2m$ ; (f)  $0$
- (a)  $0$ ; (b)  $0$
- (a)  $12s$ ; (b)  $4,1m/s^2$ ; (c) para baixo; (d)  $4,1m/s^2$ ; (e) para cima
- $4,0m/s^2$
- (a)  $7,49km/s$ ; (b)  $8,00m/s^2$
- $130^\circ$
- (a)  $(80km/h)\hat{i} - (60km/h)\hat{j}$ ; (b)  $0^\circ$ ; (c) não.