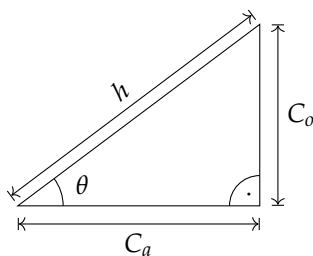


LISTA 1

CINEMÁTICA

FORMULÁRIO

Relações Trigonométricas



$$\begin{aligned}\sin \theta &= C_o/h & \cos \theta &= C_a/h \\ \tan \theta &= C_o/C_a & h^2 &= C_o^2 + C_a^2\end{aligned}$$

Cinemática unidimensional

$$\Delta x = x_f - x_i \quad (1)$$

$$\Delta v = v_f - v_i \quad (2)$$

$$\Delta t = t_f - t_i \quad (3)$$

$$\bar{v} = \Delta x / \Delta t \quad (4)$$

$$\bar{a} = \Delta v / \Delta t \quad (5)$$

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v} \quad (6)$$

$$= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta x / \Delta t \quad (7)$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{a} \quad (8)$$

$$= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta v / \Delta t \quad (9)$$

Fórmulas para aceleração constante:

$$v = v_0 + at \quad (10)$$

$$x - x_0 = v_0 t + at^2/2 \quad (11)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \quad (12)$$

$$x - x_0 = (v_0 + v)t/2 \quad (13)$$

$$x - x_0 = vt - at^2/2 \quad (14)$$

Vetores

Dado um referencial com dois eixos perpendiculares x e y e dois vetores unitários \hat{i} e \hat{j} , cujas direções são as dos eixos coordenados, temos

$$a_x = a \cos \theta \quad a_y = a \sin \theta \quad (15)$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad \tan \theta = a_y / a_x. \quad (16)$$

Se

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j}, \quad \vec{b} = b_x \hat{i} + b_y \hat{j}, \quad (17)$$

então

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} \quad (18)$$

$$= (a_x + b_x)\hat{i} + (a_y + b_y)\hat{j}. \quad (19)$$

Cinemática bi e tridimensional

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i \quad (20)$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_f - \vec{v}_i \quad (21)$$

$$\Delta t = t_f - t_i \quad (22)$$

$$\vec{v} = \Delta \vec{x} / \Delta t \quad (23)$$

$$\vec{a} = \Delta \vec{v} / \Delta t \quad (24)$$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{\vec{v}} \quad (25)$$

$$= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \vec{r} / \Delta t \quad (26)$$

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{\vec{a}} \quad (27)$$

$$= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \vec{v} / \Delta t \quad (28)$$

Movimento de projéteis

Altura máxima, trajetória e alcance horizontal:

$$H = (v_0^2 \sin^2 \theta) / 2g \quad (29)$$

$$y(x) = (\tan \theta_0)x - \frac{gx^2}{(2v_0^2 \cos^2 \theta_0)} \quad (30)$$

$$R = [v_0^2 \sin(2\theta_0)] / g \quad (31)$$

Movimento Circular Uniforme

Aceleração centrípeta e período:

$$a_c = v^2 / r \quad T = 2\pi r / v \quad (32)$$

Movimento Relativo

$$\vec{r}_S = \vec{r}_{S'} + \vec{r}_{SS'} \quad (33)$$

$$\vec{v}_S = \vec{v}_{S'} + \vec{v}_{SS'} \quad (34)$$

$$\vec{a}_S = \vec{a}_{S'} + \vec{a}_{SS'} \quad (35)$$

$$(36)$$

MOVIMENTOS UNIDIMENSIONAIS COM VELOCIDADE
CONSTANTE

1. Você tem que dirigir em uma via expressa para se candidatar a um emprego em outra cidade, a uma distância de 300 km. A entrevista foi marcada para as 11:15 h da manhã. Você planeja dirigir a 100 km/h e parte às 8:00 h da manhã para ter algum tempo de sobra. Você dirige na velocidade planejada durante os primeiros 100 km, depois um trecho da estrada em obra o obriga a reduzir a velocidade para 40 km/h por 40 km. Qual a menor velocidade que você deve manter no resto da viagem para chegar a tempo da entrevista? [R.: 128,0 km/h.]
2. Dois trens, o primeiro com velocidade constante de 30 km/h e segundo com velocidade constante de 45 km/h, trafegam em sentidos opostos na mesma linha férrea retilínea. Um pássaro capaz de voar a 60 km/h parte da frente do primeiro trem, quando eles estão separados por 60 km, e se dirige em linha reta para o segundo. Ao chegar ao outro trem, o pássaro faz meia-volta e se dirige para o primeiro trem, e assim por diante. Qual é a distância total que o pássaro percorre até os trens colidirem? [R.: 48 km.]
3. Durante um exercício de treinamento, um piloto sobrevoa uma região plana com velocidade constante de 1300 km/h a uma altitude de 35 m, simulando uma situação em que tenha que evitar sua detecção por radares. Em um certo ponto, o terreno passa a ter uma inclinação constante de $4,0^\circ$. Quanto tempo o piloto tem para corrigir o curso e evitar a colisão com o solo? *Dica: Use as relações trigonométricas.* [R.: 1,4 s.]

MOVIMENTOS UNIDIMENSIONAIS COM ACELERAÇÃO
CONSTANTE

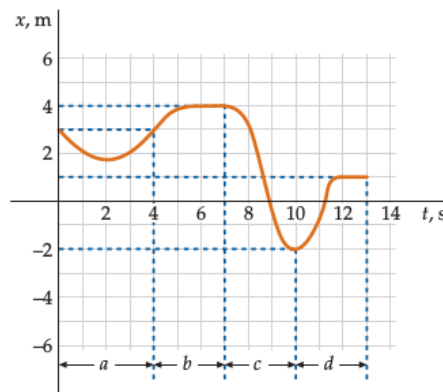
4. **Discursiva:** Você lança uma bola verticalmente para cima e ela atinge uma altura máxima maior do que a sua altura. O módulo da aceleração é maior quando ela está sendo lançada ou quando ela deixa sua mão?
5. **Discursiva:** Analise as seguintes situações
 - (a) Um certo veículo que trafega em linha reta diminui sua velocidade enquanto o módulo de sua aceleração aumenta progressivamente (continuamente).

- (b) Um certo veículo que trafega em linha reta aumenta sua velocidade enquanto o módulo de sua aceleração diminui progressivamente (continuamente).

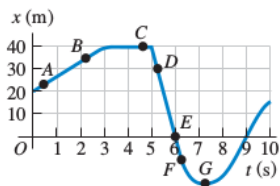
Tais situações são possíveis ou impossíveis? Explique seu raciocínio.

6. **Discursiva:** Um malabarista joga uma bola verticalmente para cima, sem enfrentar resistência apreciável do ar.
 - (a) Qual é a relação entre a direção e o sentido da aceleração e da velocidade? Elas são sempre no mesmo sentido? Mesma direção? Explique.
 - (b) Qual é a aceleração da bola quando ela para no topo da trajetória? Justifique.
7. Suponha que você está dirigindo um carro a 137 km/h e que os freios do veículo são capazes de desacelerá-lo a uma taxa de $5,3 \text{ m/s}^2$. Após uma árvore, a 70 m de distância, você avista um radar cuja velocidade limite é de 90 km/h. Será possível evitar a multa? [R.: Rigorosamente, não, mas a velocidade considerada pelo radar é sempre um pouco abaixo da velocidade real. Deve dar.]
8. Você está sobre o telhado do prédio do Departamento Acadêmico de Física — diretamente acima da porta — a uma altura de 30,00 m acima do solo. Seu professor de Física, que possui 1,75 m de altura, está caminhando em direção à entrada com uma velocidade de 1,20 m/s. Se você deseja soltar um ovo (com velocidade nula) de forma que ele caia na cabeça dele,
 - (a) quanto tempo o ovo demorará para atingi-lo? [R.: 2,40 s.]
 - (b) a que distância da porta ele deve estar no momento em que você solta o ovo? [R.: 2,88 m.]
9. Se um amigo seu segurar uma régua verticalmente pela extremidade superior e você dispuser seu polegar e seu indicador em forma de pinça, alinhados com o zero da régua, podemos calcular o seu *tempo de reação*. Assim que você vir a régua se movendo, feche os dedos para segurá-la. Assumindo que a distância percorrida pela régua foi de 17,6 cm, qual foi o tempo transcorrido entre seu amigo soltá-la e você segurá-la, isto é, seu tempo de reação? [R.: 0,190 s.]

10. Em uma colisão de um automóvel, o corpo humano pode sobreviver a uma aceleração de no máximo 250 m/s^2 . Considere a seguinte situação: um carro que se move com velocidade de 105 km/h colide frontalmente com uma árvore e permanece parado após a colisão. Caso o carro tenha *air-bags*, eles inflarão e — quando o tórax e o rosto do passageiro o atingirem — cederão, exercendo uma força que desacelerará o passageiro. Calcule a distância mínima que o *air-bag* precisa ceder para que o passageiro seja desacelerado de forma segura. [R.: 1,7 m.]
11. O sinal amarelo de um cruzamento fica ligado durante 3,0 s e a largura do cruzamento é de 15,0 m. Um carro que se encontra a 30,0 m do cruzamento tem aceleração máxima de $3,0 \text{ m/s}^2$ e capacidade de frenagem de $6,0 \text{ m/s}^2$.
- Qual é a velocidade mínima que o carro precisa ter para poder atravessar completamente o cruzamento antes que o sinal se torne vermelho? [R.: $10,5 \text{ m/s}$.]
 - Qual é a velocidade máxima que lhe permite ser freado antes de atravessar o cruzamento? [R.: $18,97 \text{ m/s}$.]
12. Um antílope que se move com aceleração constante leva 7,0 s para percorrer uma distância de 70,0 m entre dois pontos. Ao passar pelo segundo ponto sua velocidade é de $15,0 \text{ m/s}$.
- Qual era sua aceleração? [R.: $1,43 \text{ m/s}^2$.]
 - Qual era sua velocidade quando passava pelo primeiro ponto? [R.: 5 m/s .]
13. Um balão de ar quente sobe verticalmente com velocidade de $5,00 \text{ m/s}$. Quando o balão se encontra a uma altura de 40,0 m acima do solo, um saco de areia se desprende do cesto de passageiros.
- Após quanto tempo o saco atinge o solo? [R.: 3,41 s.]
 - Qual é a velocidade do saco quando ele está na iminência de atingir o solo? [R.: $28,44 \text{ m/s}$.]
14. Deixa-se cair uma pedra, sem velocidade inicial, do alto de um edifício de 60 m. A que distância do topo do edifício está a pedra 1,2 s antes de chegar ao solo? [R.: 25,9 m.]
15. Um certo malabarista normalmente arremessa bolas verticalmente até a uma altura $h = 3,0 \text{ m}$. A que altura as bolas devem ser arremessadas para passarem o dobro do tempo no ar? [R.: 12 m.]
16. Um vaso com plantas cai do alto de um edifício e passa pelo terceiro andar, situado 20 m acima do solo, 0,5 s antes de se espatifar no chão.
- Com que velocidade ele chega ao chão? [R.: $42,45 \text{ m/s}$.]
 - Qual é a altura do edifício? [R.: 91,94 m.]
17. Uma pedra é lançada verticalmente para cima, a partir do solo, no instante $t = 0 \text{ s}$. Em $t = 1,5 \text{ s}$, ela ultrapassa o alto de uma torre. Após 1,0 s, ela atinge a altura máxima. Qual é a altura da torre? [R.: 25,7 m.]
18. A figura abaixo mostra a posição de uma partícula como uma função do tempo.
- Determine a velocidade média nos intervalos a e c . [R.: $\langle v_a \rangle = 0$, $\langle v_c \rangle = -2,0 \text{ m/s}$.]
 - Determine os instantes ou intervalos de tempo onde a velocidade deve ser nula. [R.: $t = 2 \text{ s}$, de $t \approx 5 \text{ s}$ até $t \approx 7 \text{ s}$, $t = 10 \text{ s}$, e de $t \approx 11,5 \text{ s}$ até $t = 13 \text{ s}$.]

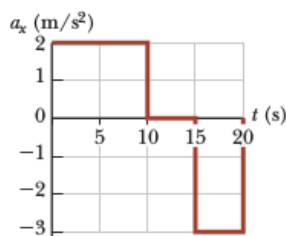


19. O gráfico mostrado na figura abaixo representa a posição de um objeto como função do tempo. Determine,
- Quais dos pontos de A a G indicam situações onde a velocidade do corpo é nula. [R.: C e G.]
 - Quais são os módulos das velocidades médias nos intervalos $t = 0$ a $t = 3 \text{ s}$ e $t = 5 \text{ s}$ a $t = 6 \text{ s}$. [R.: $6,7 \text{ m/s}$ e 40 m/s , respectivamente.]
 - Determine os valores dos módulos das velocidades instantâneas nos pontos A, B, D e E. [R.: $v_A = v_B = 6,7 \text{ m/s}$, $v_D = v_E = 40 \text{ m/s}$. (Note que as respostas são iguais às do item anterior. Por quê?)]

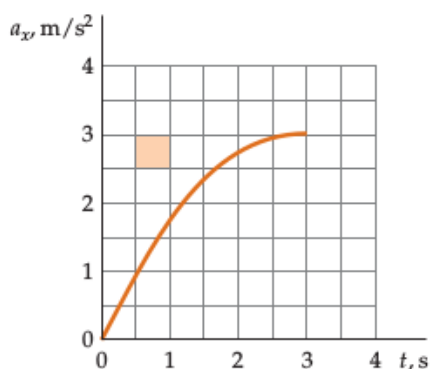


20. Uma partícula executa um movimento unidimensional, partindo do repouso e acelerando como mostrado no gráfico abaixo. Determine

- (a) a velocidade da partícula em $t = 10,0$ s. [R.: 20 m/s.]
(b) o deslocamento da partícula entre $t = 0$ e $t = 20,0$ s. [R.: 262,5 m.]



21. (20 pontos) A figura abaixo mostra a aceleração de uma partícula no tempo. Se uma partícula parte do repouso em $t = 0$, estime sua velocidade em $t = 1,0$ s e $t = 3,0$ s. [R.: Aproximadamente 0,7 m/s e 6 m/s, respectivamente.]



22. Uma torneira mal fechada libera uma gota a cada 1,0 s. Conforme essas gotas caem, a distância entre elas aumenta, diminui ou permanece a mesma? [R.: Aumenta, sendo que a distância é dada por $d = (2t - 1) \cdot g/2$, com $t \geq 1$ s.]
23. Duas pedras são largadas da beirada de um precipício de 70 m, a segunda 1,6 s após a primeira. A que distância abaixo do topo do precipício está a segunda pedra quando a separação entre ambas é de 36 m? [R.: 30,53 m.]
24. Uma pedra, largada de um penhasco, cobre um terço da distância total ao solo no último segundo de queda. A

resistência do ar é desprezível. Qual é a altura do penhasco? *Dica: Encontre primeiro as velocidades no início e no fim do terço final do deslocamento, ambas em função da distância percorrida. Use essas informações, juntamente com o tempo e o deslocamento, para determinar a altura.* [R.: 145,5 m.]

25. **Discursiva:** Uma bola é solta, partindo do repouso, do alto de um edifício com altura h . Ao mesmo tempo, uma segunda bola é projetada verticalmente para cima a partir do nível do chão, de tal modo que possui velocidade zero quando atinge o topo do edifício.

- (a) A que altura em relação ao solo ambas ficam lado a lado? [R.: $H = 3h/4$.]
(b) Qual é a velocidade de cada uma das bolas? [R.: $v_1 = v_2 = \sqrt{2gh}/2$.]

MOVIMENTO BIDIMENSIONAL

26. O vetor posição de um próton é inicialmente $\vec{r}_i = (5,0\text{ m})\hat{i} - (6,0\text{ m})\hat{j} + (2,0\text{ m})\hat{k}$ e depois se torna $\vec{r}_f = -(2,0\text{ m})\hat{i} + (6,0\text{ m})\hat{j} + (2,0\text{ m})\hat{k}$.

- (a) Qual é o vetor velocidade média para este deslocamento se ele se deu em 0,4 s? [R.: $\langle \vec{v} \rangle = -(17,5\text{ m/s})\hat{i} + (30\text{ m/s})\hat{j}$.]
(b) Este movimento poderia ter sido tratado de maneira bidimensional? Justifique. [R.: Sim, pois não há variação da posição no eixo z.]

27. Um vento moderado acelera uma pedra sobre um plano horizontal xy com uma aceleração constante $\vec{a} = 5,00\text{ m/s}^2 \hat{i} + 7,00\text{ m/s}^2 \hat{j}$. No instante $t = 0$ s, a velocidade é $\vec{v} = 4,00\text{ m/s} \hat{i}$. Quais são o módulo e o ângulo da velocidade da pedra após ter se deslocado 12,0 m paralelamente à direção positiva do eixo x ? [R.: 15,8 m/s, 42,6°.]

28. Uma partícula deixa a origem de um sistema de coordenadas com uma velocidade inicial $\vec{v} = 3,00\text{ m/s} \hat{i}$ e aceleração constante $\vec{a} = -1,0\text{ m/s}^2 \hat{i} - 0,5\text{ m/s}^2 \hat{j}$. Quando ela atinge o máximo valor de sua coordenada x , quais são, em termos dos vetores unitários

- (a) Sua velocidade? [R.: $\vec{v} = -1,5\text{ m/s} \hat{j}$.]
(b) Sua posição? [R.: $\vec{r} = 4,5\text{ m} \hat{i} - 2,25\text{ m} \hat{j}$.]

MOVIMENTOS BIDIMENSIONAIS SUJEITOS À ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

29. **Discursiva:** Quando um rifle é disparado contra um alvo distante, a direção do cano não coincide com a do alvo. Por que não coincide? O ângulo da correção depende da distância do alvo? Explique.

30. **Discursiva:** Analise as afirmações abaixo e responda se elas são verdadeiras ou falsas. Defenda seu ponto de vista. Ignore os efeitos devido à resistência do ar ao movimento.

1. Dados dois projéteis idênticos, um lançado horizontalmente e outro solto a partir do repouso, ambos partindo de uma altura h , ambos chegarão ao solo no mesmo instante.
2. Dados dois projéteis idênticos lançados a partir do solo e com a mesma velocidade inicial, um lançado fazendo um ângulo $\theta < 90^\circ$ com a horizontal e outro com um ângulo $\phi < \theta$, podemos afirmar que o projétil que chegará ao solo primeiro será aquele lançado com ângulo ϕ .

31. Um livro é lançado horizontalmente com velocidade 1,10 m/s sobre uma mesa sem atrito e ao final dela cai, atingindo o chão 0,350 s depois. Ignore a resistência do ar e encontre

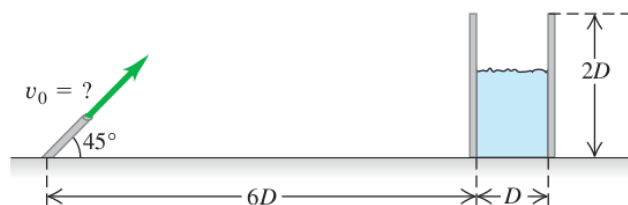
- (a) A altura da mesa. [R.: 0,6 m.]
- (b) A distância horizontal entre o final da mesa e o ponto onde o livro atinge o chão. [R.: 0,385 m.]

32. Durante uma tempestade, um carro viaja em uma estrada retilínea até que se depara com uma ponte que foi derrubada pela força da água. O motorista resolve tentar saltar com o carro sobre o rio e chegar do outro lado. A altura da margem em que o carro se encontra é de 21,3 m, enquanto a margem oposta tem altura de 1,8 m. A largura do rio é de 61,0 m.

- (a) Qual é a velocidade horizontal necessária para que carro consiga saltar o rio? [R.: 110,1 km/h.]
- (b) Quais são o módulo e o ângulo em relação à horizontal do vetor velocidade quando ele está prestes a chegar ao chão na outra margem? [R.: 130,6 km/h, 32,5°.]

33. A figura abaixo mostra uma mangueira que lança água a partir do solo com um ângulo de $45,0^\circ$. Um tanque

de altura $2D$ e diâmetro D está disposto a uma distância $6D$ do ponto de lançamento. Determine os valores máximo e mínimo de velocidade para os quais a água atinge o tanque. *Dica: utilize a equação da trajetória.* [R.: $v_{\min} = \sqrt{9gD}$, $v_{\max} = \sqrt{49gd/5}$.]



34. Wile E. Coyote (*Carnivorus hungribilus*) está perseguindo Papa-Léguas (*Speedibus cantcatchmi*) mais uma vez. Enquanto ambos correm com a mesma velocidade por uma estrada plana e retilínea, se deparam com um abismo com 15,0 m de largura e 100,0 m de profundidade. Ao chegar na margem do abismo, Papa-Léguas pula com um ângulo de $15,0^\circ$ acima da horizontal, voltando a tocar o chão na margem oposta, a 1,5 m da extremidade.

- (a) Qual era a velocidade inicial do Papa-Léguas? [R.: 18 m/s.]
- (b) Wile E. Coyote também pula ao atingir a extremidade do abismo, porém não consegue chegar na margem oposta, faltando 4 m. Considerando que as velocidades após o salto do Coyote e do Papa-Léguas são iguais em módulo, e assumindo que o abismo é forma por paredes retas, a que altura abaixo da margem oposta ele colide? [R.: 93 cm.]

35. Um certo avião tem uma velocidade de 290,0 km/h e está mergulhando com um ângulo $\theta = 30^\circ$ abaixo da horizontal quando o piloto libera um sinalizador. A distância horizontal entre o ponto de lançamento e o ponto onde o sinalizador se choca com o solo é $d = 700$ m.

- (a) Quanto tempo o sinalizador permaneceu no ar? [R.: 10 s.]
- (b) De que altura foi lançado? [R.: 897,5 m.]

36. Um arremessador de peso de nível olímpico é capaz de lançar um peso com uma velocidade inicial $v_0 = 15,0$ m/s a partir de uma plataforma de altura 2,160 m. Que distância horizontal é coberta pelo peso se

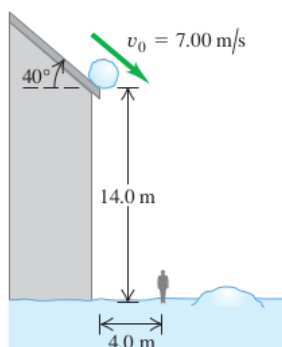
- (a) O ângulo θ_0 de lançamento é 45° ? [R.: 24,95 m.]
- (b) O ângulo θ_0 é de 42° ? [R.: 25,02 m.]

37. Um taco golpeia uma bola de golfe, lançando-a a partir de uma pequena elevação acima de um campo plano. A velocidade com que a bola é lançada é de $12,0 \text{ m/s}$ e o ângulo inicial acima da horizontal é de $51,0^\circ$. Após $2,08 \text{ s}$, a bola toca o campo.

- (a) Qual é a altura máxima que a bola atinge acima da elevação? [R.: $4,43 \text{ m}$.]
(b) Qual é a altura da elevação em relação ao campo? [R.: $1,8 \text{ m}$.]

38. Uma bola de neve rola do telhado de um celeiro que possui uma inclinação de 40° , conforme mostra a figura abaixo. A extremidade do telhado está situada a $14,0 \text{ m}$ acima do solo e a bola de neve possui velocidade de $7,0 \text{ m/s}$ quando abandona o telhado. Despreze a resistência do ar.

- (a) Calcule a que distância do celeiro a bola de neve atingirá o solo caso não colida com nada durante sua queda. [R.: $5,53 \text{ m}$.]
(b) Um homem de $1,9 \text{ m}$ está parado a uma distância de $4,0 \text{ m}$ da extremidade do celeiro. Ele será atingido pela bola de neve? Prove matematicamente. [R.: Não, na posição x_h do homem, $y(x_h) = 5,4 \text{ m}$ em relação ao solo.]



39. Bombeiros estão lançando um jato d'água em um prédio em chamas, usando uma mangueira de alta pressão que dispara água a uma velocidade escalar de $25,0 \text{ m/s}$. Quando sai da mangueira, a água passa a adquirir o movimento de um projétil. Os bombeiros ajustam o ângulo de elevação α da mangueira até a água levar $3,0 \text{ s}$ para atingir o prédio a $45,0 \text{ m}$ de distância. Despreze a resistência do ar e suponha que o final da mangueira está ao nível do solo.

- (a) Determine o ângulo α ? [R.: $53,1^\circ$.]
(b) A que altura do chão a água atinge o prédio e qual sua velocidade, em módulo, na iminência de atingir o prédio? [R.: $15,9 \text{ m}$, $17,7 \text{ m/s}$.]

40. Um explorador espacial alienígena, após se divertir fazendo círculos em plantações, realiza o seguinte experimento na Terra: ele rola uma bola sobre a superfície de uma mesa horizontal e verifica que após cair, ela atinge o solo a uma distância horizontal D a partir da borda da mesa. Em uma viagem espacial, ele pausa em um planeta inexplorado e repete o experimento que realizou na Terra, lançando a bola com a mesma velocidade horizontal (sobre a mesma mesa), porém verifica que a bola atinge o solo a uma distância $1,36 D$. Qual é a aceleração da gravidade neste planeta? *Encontre uma expressão para a distância em função da altura da mesa e da aceleração gravitacional, iguale às distâncias indicadas, e monte um sistema de equações.* [R.: $5,3 \text{ m/s}^2$.]

41. A velocidade de lançamento de um projétil é cinco vezes maior que a velocidade na altura máxima. Determine o ângulo de lançamento θ_0 . [R.: $\theta = 78,5^\circ$]

42. Em um lançamento oblíquo, quando o projétil atinge a metade de sua altura máxima, o módulo de sua velocidade é $3/4$ do módulo da velocidade inicial. Qual é o ângulo de lançamento? [R.: $\theta = \arcsen \sqrt{14/9}$.]

43. Um canhão atira um projétil com velocidade v_0 a um ângulo de $30,0^\circ$ acima da horizontal. O canhão está localizado em uma elevação com altura de $40,0 \text{ m}$ acima de um campo e, ao atingi-lo, o projétil tem velocidade $1,2 v_0$. Encontre o valor de v_0 . [R.: 42 m/s .]

MOVIMENTO CIRCULAR

44. **Discursiva:** Um pêndulo simples (um corpo oscilando na extremidade de um fio) descreve um arco de círculo em cada oscilação. Qual é a direção e o sentido da aceleração nas extremidades da oscilação? E no ponto mais baixo da trajetória.

45. **Discursiva:** Em um movimento circular uniforme, qual é o ângulo formado entre a direção do vetor velocidade e a direção do vetor aceleração? O que podemos afirmar sobre tal ângulo quando o movimento não é uniforme?

46. Um satélite se move em uma órbita circular, 640 km acima da superfície da Terra, com um período de 98,0 min. Quais são

- (a) A velocidade do satélite. [R.: 7 490 m/s.]
(b) O módulo e a direção da aceleração centrípeta do satélite? [R.: 8,7 m/s².]

Considere o raio da Terra como $6,37 \times 10^6$ m.

47. A Terra tem um raio de 6 380 km e completa uma volta a cada 24,0 h.

- (a) Qual é a aceleração centrípeta de um objeto localizado em seu equador? [R.: $3,4 \cdot 10^{-2}$ m/s².]
(b) Se a aceleração centrípeta fosse maior que a aceleração da gravidade, objetos na superfície da Terra seriam arremessados para o espaço. Qual seria o período de rotação da Terra — ou seja, qual seria a duração de um dia — para que isso ocorresse? [R.: 84,5 min.]

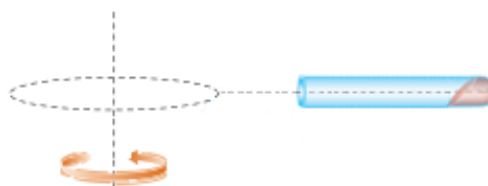
Você pode calcular a velocidade do objeto simplesmente dividindo a distância percorrida por ele em uma revolução completa da Terra pela duração de um dia.

48. Um trem francês de alta velocidade, conhecido como TGV (*Train à Grande Vitesse*), viaja a uma velocidade média de 216,0 km/h.

- (a) Se o trem faz uma curva a essa velocidade e o módulo da aceleração sentida pelos passageiros pode ser no máximo de 0,050g — isto é, 0,050 vezes o valor da aceleração da gravidade —, qual é o menor raio de curvatura dos trilhos que pode ser tolerado? [R.: 7 347 m.]
(b) Com que velocidade o trem deve fazer uma curva com 1,0 km de raio para que a aceleração esteja no limite permitido? [R.: 80 km/h.]

49. Você está desenvolvendo uma centrífuga que será usada em um laboratório de análises clínicas. As amostras analisadas serão colocadas no fundo de tubos de ensaio com 15 cm de comprimento. Os tubos serão dispostos de forma que suas aberturas fiquem a uma distância de 5 cm do eixo de rotação e fiquem horizontais (veja a figura abaixo). Considerando-se a velocidade de rotação máxima é de 1 500 rev/min,

- (a) Qual é a aceleração tangencial a que a amostra será submetida se o tempo necessário para que ela atinja tal velocidade, partindo do repouso, é 0,15 s? Suponha que a_t seja constante. [R.: 209,4 m/s².]
(b) Qual é o módulo da aceleração total quando a velocidade de rotação for a metade da máxima? *Lembre-se que a aceleração total tem duas componentes, a radial (ou centrípeta) e a tangencial (responsável por alterar o módulo da velocidade).* [R.: 1 251,7 m/s².]



50. Um carro de corrida percorre uma pista circular de 1,0 km de diâmetro com velocidade constante 30,0 m/s. Em certo momento, o piloto acelera o carro e 20,0 s depois sua velocidade é de 45,0 m/s. Suponha que a aceleração tangencial seja constante.

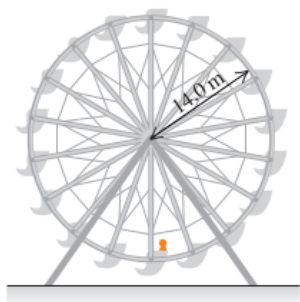
- (a) Calcule o valor da aceleração tangencial. [R.: 0,75 m/s².]
(b) Calcule o valor da aceleração centrípeta e o módulo do vetor aceleração 7,0 s após o piloto ter começado a acelerar o carro. [R.: 2,49 m/s².]
(c) O módulo da aceleração total no instante do item anterior. [R.: 2,6 m/s².]

Lembre-se que o vetor aceleração total tem duas componentes: uma radial (ou centrípeta) e outra tangencial, responsável por alterar o módulo da velocidade.

51. A roda gigante da figura abaixo gira no sentido contrário ao dos ponteiros de um relógio. Um passageiro encontra-se na periferia da roda — a 14 m do centro — e, em um dado instante, se localiza no ponto mais baixo da trajetória circular, movendo-se a 3,0 m/s e ganhando velocidade com uma taxa constante de 0,50 m/s².

- (a) Determine o módulo e a direção em relação ao eixo horizontal da aceleração do passageiro nesse instante. *Lembre-se que é possível dividir a aceleração em uma componente tangencial e outra centrípeta.* [R.: 0,81 m/s², 52,1°.]

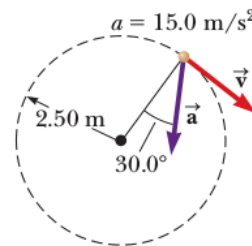
- (b) Quando uma pessoa é submetida a acelerações da ordem de $50,0 \text{ m/s}^2$ por muito tempo, ela perde a consciência. Determine quanto tempo leva, a partir do momento em que a roda começa a girar, até que o módulo do vetor aceleração atinja tal valor. [R.: 52,9 s.]



52. A NASA (sigla em inglês de *National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço) utiliza uma centrífuga para testar o efeito de acelerações extremamente altas em seus pilotos de teste e astronautas. Neste dispositivo, um braço de $8,84 \text{ m}$ gira em torno de uma das extremidades, formando um plano horizontal, com um astronauta afixado ao longo do braço, na extremidade oposta. Sua cabeça fica na extremidade externa. Se a aceleração máxima que o astronauta pode suportar é de $12,5 \text{ g}$ (para acelerações maiores ele perde a consciência) e o dispositivo leva $20,0 \text{ s}$ para fazer com que a extremidade externa do braço chegue a uma velocidade de $145,0 \text{ km/h}$, quanto tempo se passa entre o momento em que o dispositivo é acionado — passando a acelerar o astronauta a partir do repouso — e o momento em que o valor máximo de aceleração é ultrapassado? [R.: 16,3 s.]

53. A figura abaixo representa a aceleração total de uma partícula que se move no sentido horário em um círculo de raio $2,5 \text{ m}$. Para o instante mostrado na figura, o módulo da aceleração é $a = 15,0 \text{ m/s}^2$, enquanto sua direção é tal que faz um ângulo de $30,0^\circ$ em relação ao raio que liga a partícula ao centro da trajetória circular. Sob essas condições

- (a) Determine as acelerações tangencial e centrípeta da partícula. [R.: $a_c = 13 \text{ m/s}^2$, $a_t = 7,5 \text{ m/s}^2$.]
(b) Determine a velocidade da partícula. [R.: $5,7 \text{ m/s}$.]



54. Uma bola balança em um plano vertical presa à extremidade de uma corda, descrevendo um círculo de raio $1,5 \text{ m}$. Quando ela está a $36,9^\circ$ à direita da posição mais baixa (isto é, a corda faz um ângulo de $36,9^\circ$ em relação a posição que ocuparia quando a bola estivesse na posição mais baixa), a aceleração total é de $-22,5 \text{ m/s}^2 \hat{i} + 20,2 \text{ m/s}^2 \hat{j}$ em relação a um sistema de coordenadas onde o eixo x é horizontal e aponta para a direita, enquanto o eixo y é vertical e aponta para cima. Para esse instante,

- (a) Determine o valor das componentes tangencial e centrípeta da aceleração: *decomponha o vetor aceleração em uma componente que aponta para o centro da trajetória circular e outra que aponta na direção tangencial ao círculo (isto é, perpendicularmente à direção que aponta para o centro do círculo)*. [R.: $a_c = 29,7 \text{ m/s}^2$, $a_t = 5,9 \text{ m/s}^2$.]
(b) Determine o valor do módulo da velocidade da bola. [R.: $6,7 \text{ m/s}$.]

MOVIMENTO RELATIVO

55. **Discursiva:** Em um dia sem vento, gotas de chuva atingem as janelas laterais de um carro em movimento e deixam rastros retilíneos diagonais.
(a) Explique por que os rastros são diagonais.
(b) Se você souber a velocidade do carro v_c e da gota v_g , qual será o ângulo que o rastro fará com a horizontal?
56. Em um aeroporto, uma “esteira rolante” se desloca com uma velocidade de $1,0 \text{ m/s}$, sendo que seu comprimento é de $35,0 \text{ m}$. Se uma pessoa pisa em uma das extremidades da esteira e caminha a $1,5 \text{ m/s}$ em relação a ela:
(a) Quanto tempo ela necessita para chegar à extremidade oposta se andar no sentido oposto ao movimento da esteira? E se andar no sentido da esteira? [R.: 70 s e 17,5 s, respectivamente.]

- (b) Qual é a distância percorrida sobre a esteira em cada caso? [R.: 35 m e 8,75 m, respectivamente.]
57. Um balão de 124 kg carrega um cesto de 22,0 kg enquanto desce verticalmente com velocidade constante de 20,0 m/s. Uma pessoa atira uma pedra de 1,0 kg lateralmente, com velocidade de 15,0 m/s (em relação a pessoa). Após 6,0 s, a pedra atinge o solo.
- (a) Qual é o módulo da velocidade da pedra quando ela atinge o chão? [R.: 80 m/s.]
- (b) Se o balão continua descendo com velocidade de 20,0 m/s, qual é a distância em linha reta entre o balão e o ponto em que a pedra atinge o solo, no momento em que ela atinge o solo? [R.: 198 m.]
58. Um rio corre para o sul com velocidade de 2,0 m/s. Um homem usa um barco motorizado para atravessar de uma margem para a outra, com velocidade de 4,2 m/s em relação à água, na direção leste-oeste, indo de leste para oeste. A largura do rio no ponto onde ocorre a travessia é de 800,0 m.
- (a) Em termos dos vetores unitários, qual é a velocidade do barco em relação à margem? [R.: $\vec{v}_{bm} = -4,2 \text{ m/s } \hat{i} - 2,0 \text{ m/s } \hat{j}$.]
- (b) Quanto tempo dura a travessia do rio? [R.: 190,5 s.]
- (c) Qual é a distância ao sul do ponto de partida que o barco percorre durante a travessia? [R.: 381 m.]
59. O piloto de um avião deseja voar para o oeste durante um dia em que a velocidade do vento é 80,0 km/h na direção norte-sul, com sentido de norte para sul (em relação ao solo). A velocidade de cruzeiro do avião é de 320,0 km/h em relação ao vento.
- (a) Em que direção ele deve voar? [R.: 14,48° ao norte do oeste.]
- (b) Qual é a velocidade do avião em relação ao solo? [R.: $v_{AS} = 309,84 \text{ km/h}$ em direção ao oeste.]
60. Duas ruas retilíneas se cruzam fazendo um ângulo de 90,0°. Em certo instante, um carro de polícia está a uma distância de 800 m da interseção entre as duas ruas, movendo-se a 80,0 km/h em direção à interseção. No mesmo instante, outro carro desloca-se na rua perpendicular, distando 600,0 m da esquina e com velocidade de 60,0 km/h (indo de encontro à esquina).
- (a) Na situação acima, qual é o módulo da velocidade \vec{v}_{cv} do segundo carro em relação à viatura? Qual é o ângulo entre o vetor \vec{v}_{cv} e o vetor \vec{v}_{vs} (velocidade da viatura em relação ao solo)? [R.: 100 km/h, 36,9°.]
- (b) Os carros colidirão na interseção? [R.: Sim.]
61. Gotas de chuva que caem verticalmente (em relação à Terra) deixam traços nas janelas laterais de um trem, sendo que o ângulo de inclinação desses traços é de 30,0° em relação à vertical. Neste instante, o trem viaja com velocidade de 12,0 m/s na direção leste-oeste, indo de oeste para leste.
- (a) Qual é o módulo da velocidade da gota em relação ao trem? [R.: 24 m/s.]
- (b) Qual é o módulo da velocidade em relação à Terra? [R.: 20,8 m/s.]
62. Um estudante está em pé na caçamba de uma camionete que se move em linha reta a uma velocidade de 10,0 m/s. Em um dado momento, ele atira uma bola fazendo um ângulo de 60,0° em relação à horizontal, de forma que a componente horizontal da velocidade da bola esteja na mesma direção que a velocidade da camionete. Um observador no solo vê a bola executar um movimento de subida e descida.
- (a) Qual é a velocidade da bola em relação ao estudante? [R.: 20 m/s.]
- (b) Qual é a altura máxima que a bola atinge em relação ao ponto onde deixou a mão do estudante? [R.: 15,3 m.]
63. Dois navios, *A* e *B*, deixam o porto ao mesmo tempo. O navio *A* navega para noroeste a 24 nós e o navio *B* navega a 28 nós em uma direção 40,0° a oeste do sul *1* nó corresponde a uma milha marítima por hora.. Quais são:
- (a) O módulo e a orientação da velocidade do navio *A* em relação ao navio *B*? [R.: 38,42 nós, 1,54° ao leste do norte.]
- (b) Após quanto tempo os navios estarão separados por 160 milhas marítimas? [R.: 4,16 h.]
- (c) Qual será a orientação do vetor velocidade de *B* em relação ao navio *A* nesse instante? [R.: 1,54° ao oeste do sul.]

64. Um parafuso cai do teto de um trem em movimento, cuja aceleração é de $2,5 \text{ m/s}^2$ para o norte.

- (a) Qual é o vetor aceleração do parafuso em relação à Terra? [R.: $9,8 \text{ m/s}^2$, para baixo.]
- (b) Qual é o vetor aceleração do parafuso em relação ao trem? [R.: $a = -2,25 \text{ m/s}^2 \hat{i} - 9,8 \text{ m/s}^2 \hat{j}$.]
- (c) Descreva a trajetória do parafuso para um observador localizado na Terra, parado em relação ao solo. [R.: Em relação ao solo, o parafuso tem uma velocidade inicial igual à velocidade do trem. Logo, quando ele cai, descreve um segmento de parábola.]
- (d) Descreva a trajetória do parafuso para um observador localizado no trem, parado em relação ao vagão. [R.: No referencial do trem, a velocidade inicial do parafuso é nula. Logo, ao cair, ele segue em linha reta na direção do vetor aceleração total a que está sujeito. Como $\vec{a}_{ps} = \vec{a}_{pt} + \vec{a}_{ts}$, então

$\vec{a}_{pt} = \vec{a}_{ps} - \vec{a}_{ts} = (-9,8 \text{ m/s}^2) \hat{i} - (2,5 \text{ m/s}^2) \hat{j}$, onde para ambos os referenciais o eixo y aponta verticalmente para cima e o eixo x na direção do movimento do trem.]

65. Um rio flui com uma velocidade constante v . Um estudante nada rio acima uma distância d em relação à margem e depois nada de volta ao ponto de partida. A velocidade do nadador é em relação à água é c .

- (a) Em termos de d , v e c , qual é o tempo necessário para efetuar o trajeto de ida e volta? [R.: $t = 2d/[c(1-v^2/c^2)]$.]
- (b) Se a água estivesse parada em relação à margem (como em uma piscina), quanto tempo o nadador levaria para percorrer o mesmo trajeto? Esse tempo seria maior, ou menor em relação ao item anterior? [R.: Seria menor, $t = 2d/c$.]