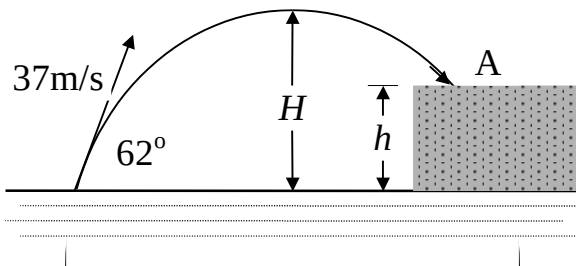


**4300151-Fundamentos de Mecânica. Maio de 2018**  
**6ª Lista de Exercícios.**

**Movimento em duas e três dimensões. Lançamento de Projétil.**

- 1) Um rifle tem velocidade de disparo de 460 m/s e atira uma bala num alvo situado a 46 m. A que altura acima do alvo o rifle deve apontar para que a bala acerte nele?
- 2) Uma criança chuta uma bola num campo de futebol. Desprezando a resistência do ar e descrevendo a bola por um ponto material, mostre que a componente vertical da velocidade da bola no ponto de impacto no solo é oposta à componente vertical da velocidade inicial.

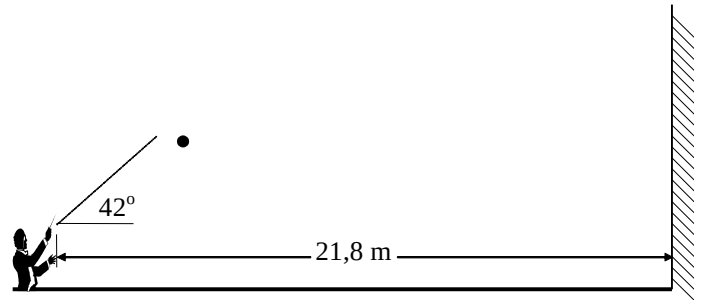
**Lançamento de Projétil. Condições iniciais conhecidas**



- 3) (RHK P.4.7) Uma pedra é projetada com velocidade escalar inicial de 37 m/s, inclinada de  $62^\circ$  acima da horizontal, para um penhasco de altura  $h$ , como mostra a figura ao lado. A pedra atinge o altiplano no ponto A 5,5s após o lançamento. Encontre: (a) a altura do penhasco; (b) a velocidade escalar da pedra logo antes do impacto em A e (c) a altura máxima  $H$  alcançada acima do chão.

- 4) (RHK P.4.8) (a) Na obra de Galileu *Dois Novas Ciências* o autor afirma que “para elevações (ângulos de lançamento) que estejam acima ou abaixo de  $45^\circ$  por valores iguais, os alcances são iguais”. Prove esta afirmação; veja a figura 45 da página 99 do Halliday. (b) Para uma velocidade escalar inicial de 30,0 m/s e um alcance de 20 m, encontre os dois ângulos possíveis de lançamento.
- 5) (RHK P.4.4 modificado) Uma bola de beisebol deixa a mão do arremessador à velocidade de 148 km/h na direção horizontal. A distância até o rebatedor é 18,2 m. (a) Quanto tempo leva a bola para percorrer os primeiros 9,1 m (medidos horizontalmente)? E os próximos 9,1 m? (b) Quanto ela cai verticalmente, sob a ação da gravidade, durante os primeiros 9,1 m? (c) E durante os 9,1 m seguintes? (d) Porque os valores determinados em (b) e (c) não são iguais?
- 6) (RHK E.4.1) Em um tubo de raios catódicos, um feixe de elétrons é projetado horizontalmente com velocidade de  $9,6 \cdot 10^8$  cm/s na região entre um par de placas horizontais com 2,3 cm de comprimento. Um campo elétrico entre as placas causa nos elétrons uma aceleração constante para baixo de  $9,4 \cdot 10^{16}$  cm/s<sup>2</sup>. Ache: (a) o tempo necessário para os elétrons percorrerem o comprimento das placas; (b) o deslocamento vertical do feixe ao passar entre as placas e (c) as componentes vertical e horizontal da velocidade do feixe quando emerge das placas.

7) (RHK P.4.5) Você atira uma bola com velocidade escalar de 25,3 m/s num ângulo de  $42^\circ$  acima da horizontal e diretamente para uma parede, como mostra a figura ao lado. A parede está a 21,8 m do ponto de onde a bola foi lançada.



- Quanto tempo a bola fica no ar antes de atingir a parede?
- A que altura acima do ponto de onde foi atirada a bola atinge a parede?
- Quais as componentes horizontal e vertical de sua velocidade, quando atinge a parede?
- Ela passou pela altura máxima da sua trajetória antes de atingir a parede?

8) A figura abaixo representa as posições em instantes sucessivos, a cada 4 segundos, de um avião que se desloca paralelamente ao solo e a uma altura de 2000 m, com velocidade constante de 100 m/s. Em cada uma das posições, o avião larga uma bomba.

- Complete o desenho localizando as posições das bombas em cada um dos instantes assinalados.
- Represente as velocidades em cada instante.
- Represente as acelerações em cada instante.
- Faça b) e c) para o avião.
- Quais os aspectos fundamentais da lei da Inércia que estão envolvidos na questão? *Justifique suas respostas.*



### Lançamento de Projétil. Determinar as condições iniciais.

9) Um bombardeiro mergulha num ângulo de  $56,0^\circ$  com a vertical e solta uma bomba de uma altura igual a 730 m. A bomba atinge o solo 5,10 s mais tarde, errando o alvo.

- Qual a velocidade escalar do bombardeiro?
- Que distância a bomba percorreu horizontalmente durante o vôo?
- Quais eram as componentes vertical e horizontal de sua velocidade logo antes de atingir o solo?
- Com que velocidade escalar e em que ângulo a bomba atingiu o solo?

10) Em um conto policial, um corpo é encontrado 4,5 m afastado da base de um edifício e abaixo de uma janela aberta 25 m acima. Você suspeitaria que a morte foi acidental ou não? Por quê?

11) Uma criança chuta uma bola colocada na marca de pênalti em direção ao gol. Desprezando a resistência do ar e descrevendo a bola por um ponto material,

- Calcule a velocidade inicial da bola, lançada a  $45^\circ$  com a horizontal, para que ela alcance o gol, a 12,3 m do ponto onde foi chutada.
- Calcule a velocidade inicial da bola, lançada a  $45^\circ$  com a horizontal, para que ela passe exatamente acima do gol, a 12,3 m de distância horizontal e com 2,5 m de altura.
- Determine a faixa de velocidade inicial da bola que permite fazer o gol, se chutada a  $45^\circ$ .

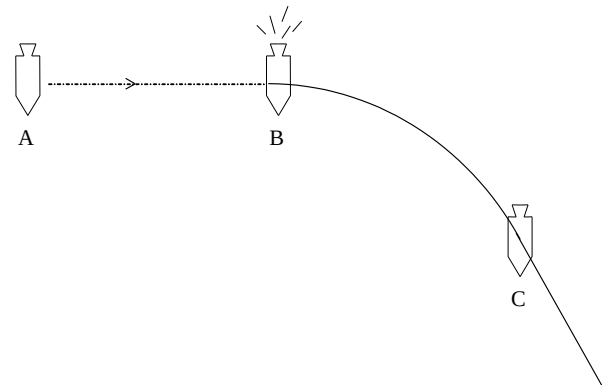
12) (RHK E.4.19) Uma esfera é arremessada do solo para o ar. A uma altura de 9,1 m, observa-se uma velocidade  $\mathbf{v} = (7,6 \text{ m/s}) \mathbf{i} + (6,1 \text{ m/s}) \mathbf{j}$  ( $x$  é o eixo horizontal e  $y$  é o eixo vertical para cima).

- Qual a altura máxima que a esfera alcança?
- Qual é a distância horizontal total percorrida pela esfera?
- Qual é a velocidade da esfera (intensidade e direção) um instante antes de ela atingir o solo?

### Movimento em duas dimensões

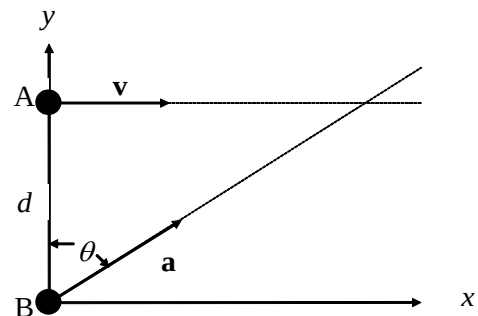
13) Um foguete está se movimentando com o motor desligado, no espaço, indo da posição A à posição B. O foguete não sente efeito de nenhum planeta nem de qualquer outra causa de força externa. Na posição B os motores são ligados e permanecem ligados durante dois segundos, enquanto o foguete vai da posição B à posição C.

- Desenhe na figura ao lado a trajetória do foguete para ir de B até C.
- Em C os motores são desligados. Desenhe na figura a trajetória do foguete após C. Justifique suas respostas.



### Duas partículas em um plano

14) (RHK P.4.1) Uma partícula A se move ao longo da linha  $y = d$  ( $d = 30 \text{ m}$ ) com velocidade constante  $\vec{v}$  ( $v = 3,0 \text{ m/s}$ ) paralela ao eixo  $x$  positivo, veja figura ao lado. Uma segunda partícula B parte da origem com velocidade nula e aceleração constante  $\vec{a}$  ( $a = 0,40 \text{ m/s}^2$ ) no mesmo instante em que a partícula A passa pelo eixo  $y$ . Para que ângulo  $\theta$ , entre  $\vec{a}$  e o eixo positivo  $y$ , haverá colisão entre essas duas partículas?

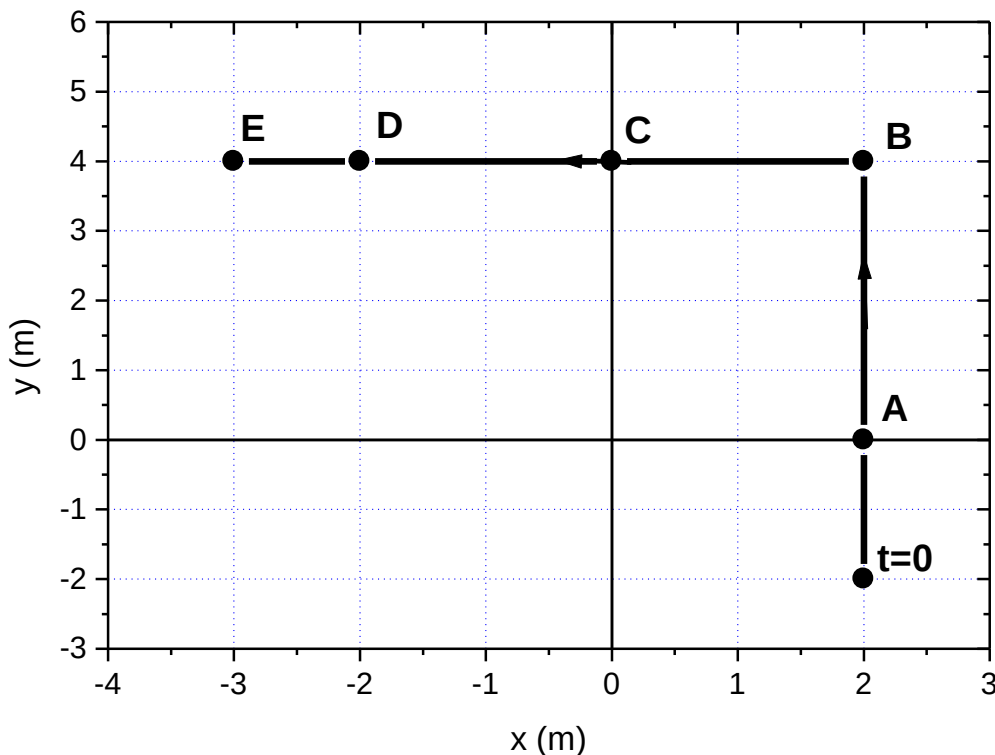


### Cinemática vetorial

**15) (Hall.6)** Um barco quebra gelo veleja sobre a superfície de um lago congelado com aceleração constante produzida pelo vento. Em certo instante sua velocidade é de  $6,30\mathbf{i} - 8,42\mathbf{j}$ , em m/s. Três segundos mais tarde o barco está momentaneamente com velocidade nula. Qual sua aceleração durante esse intervalo de tempo?

**16)** Um corpo realiza um movimento no plano x-y, cuja trajetória pode ser descrita pela figura abaixo. Ele move-se inicialmente de baixo para cima e depois da direita para a esquerda. Ao longo de toda a trajetória o módulo da velocidade é constante e igual a 4m/s.

- Escreva o vetor posição do corpo ( $\mathbf{r}_A$ ,  $\mathbf{r}_B$ ,  $\mathbf{r}_C$ ,  $\mathbf{r}_D$ ,  $\mathbf{r}_E$ ) quando ele se encontra respectivamente nos pontos A,B,C,D e E da trajetória.
- Determine os instante  $t_A$ ,  $t_B$ ,  $t_C$ ,  $t_D$ ,  $t_E$  em que ele se encontra nesses pontos.
- Escreva o vetor posição  $\mathbf{r}(t)$  que descreve o movimento do corpo ao longo de toda a trajetória.
- Faça o gráfico das projeções  $x(t)$  e  $y(t)$  como função do tempo.



**17) (RKH. 7)** Uma partícula se move de modo que sua posição em função do tempo é  $\mathbf{r}(t) = \mathbf{i} + 4t^2\mathbf{j} + t\mathbf{k}$ , em unidades SI. Escreva as expressões em função do tempo para:

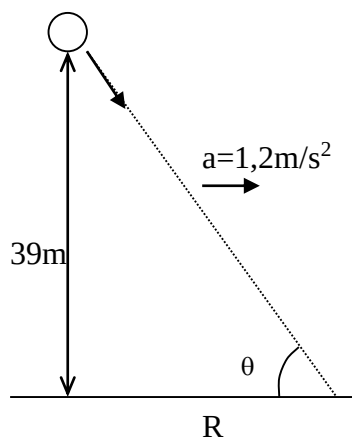
- sua velocidade e
- sua aceleração.
- Qual é a forma da trajetória da partícula?

**18) (Hall. 8)** Uma partícula deixa a origem em  $t=0$  com velocidade inicial  $\mathbf{v}_0=3,6\mathbf{i}$  em m/s. É submetida a uma aceleração constante  $\mathbf{a} = -1,2\mathbf{i} - 1,4\mathbf{j}$ , em  $\text{m/s}^2$ .

- Em que instante a partícula alcança sua coordenada x máxima?
- Qual a velocidade da partícula nesse instante?
- Onde está a partícula nesse instante?

- 19) (RHK E.4.3) Uma partícula se move de maneira tal que a sua posição como uma função do tempo é de:  $\mathbf{r}(t) = A \mathbf{i} + Bt^2 \mathbf{j} + Ct \mathbf{k}$ , onde  $A = 1,0 \text{ m}$ ,  $B = 4,0 \text{ m/s}^2$  e  $C = 1 \text{ m/s}$ . Escreva uma expressão para que **a)** sua velocidade e **b)** sua aceleração sejam funções do tempo. **c)** Qual é a forma da trajetória da partícula?

- 20) (RHK E.4.3) Um objeto de  $8,5 \text{ kg}$  passa pela origem com uma velocidade de  $42 \text{ m/s}$  paralela ao eixo  $x$ . Ele experimenta uma força constante de  $19 \text{ N}$  na direção positiva do eixo  $y$ . Calcule: **a)** a velocidade e **b)** a posição do objeto depois de transcorridos  $15 \text{ s}$ .



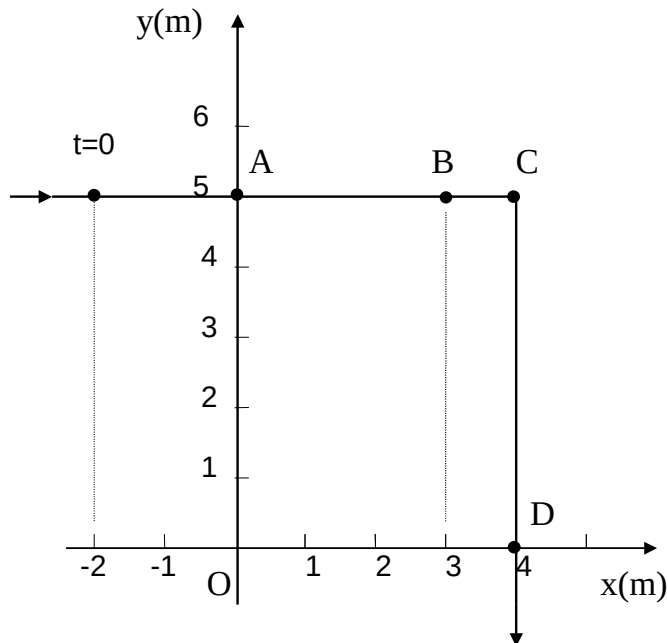
- 21) (Hall. 10) Uma bola é largada de uma altura de  $39 \text{ m}$ . O vento está soprando horizontalmente e imprime à bola a aceleração constante de  $1,2 \text{ m/s}^2$ .

- a)** Mostre que a trajetória da bola é uma linha reta e encontre os valores de  $R$  e  $\theta$  na Figura ao lado. **b)** Quanto tempo leva a bola para atingir o solo? **c)** com que velocidade a bola atinge o chão?

- 22) Um corpo realiza um movimento no plano  $x$ - $y$  cuja trajetória pode ser descrita pela figura ao lado. Ele move-se inicialmente da esquerda para a direita e depois de cima para baixo. Ao longo de toda a trajetória o módulo da velocidade é constante e igual a  $2 \text{ m/s}$ .

- a)** Represente graficamente  $y(t)$ . **b)** Escreva o vetor posição do corpo ( $\mathbf{r}_A$ ,  $\mathbf{r}_B$ ,  $\mathbf{r}_C$ ,  $\mathbf{r}_D$ ) quando ele se encontra, respectivamente, nos pontos A, B, C e D da trajetória; **c)** Determine os instantes ( $t_A$ ,  $t_B$ ,  $t_C$ , e  $t_D$ ) em que ele se encontra nesses pontos; **d)** Escreva o vetor posição  $\mathbf{r}(t)$  que descreve o movimento do corpo ao longo de toda a trajetória; **e)** Faça os gráficos das projeções  $x(t)$  e  $y(t)$  como função do tempo

Obs.: A quebra da trajetória em C não é razoável do ponto de vista físico mas foi imposta para facilitar seus cálculos. Reflita sobre se é razoável do ponto de vista físico a aceleração ser infinita e se facilitar os cálculos no início do curso é didático.



# Movimento Relativo

## Em uma dimensão

23) Você está dirigindo do sul para o norte por uma estrada retilínea de duas pistas com velocidade constante de 88 km/h. Um caminhão se aproxima de você em sentido contrário com velocidade constante de 104 km/h (na outra pista). **a)** Qual a velocidade do caminhão em relação a você? **b)** Qual sua velocidade em relação ao caminhão? **c)** Como as velocidades relativas variam depois que o caminhão cruzar você?

24) A “esteira rolante horizontal” do terminal de um aeroporto possui comprimento igual a 35 m e se desloca a 1,0 m/s. Suponha uma pessoa se deslocando a 1,5 m/s em relação à esteira e partindo de uma extremidade da esteira. Quanto tempo leva para atingir a outra extremidade se a pessoa se move: **a)** no mesmo sentido da esteira? **b)** em sentido contrário ao da esteira?

25) (RHK E4.6 39) Uma pessoa percorre uma escada rolante de 15 m de comprimento em 90 s quando a escada está parada. Quando a pessoa está parada na mesma escada, que agora se encontra em movimento, a pessoa é transportada em 60 s. Quanto tempo a pessoa levaria para fazer o mesmo percurso se caminhasse sobre a escada rolante em movimento? A resposta anterior depende do comprimento da escada?

## Em duas dimensões

26) O piloto de um avião deseja voar para de leste para oeste. Um vento de 80 km/h sopra do norte para o sul. **a)** Se a velocidade do avião em relação ao ar (sua velocidade se o ar estivesse em repouso) é igual a 320 km/h, qual deve ser a direção que o piloto deve escolher? **b)** Qual a velocidade do avião em relação ao solo?

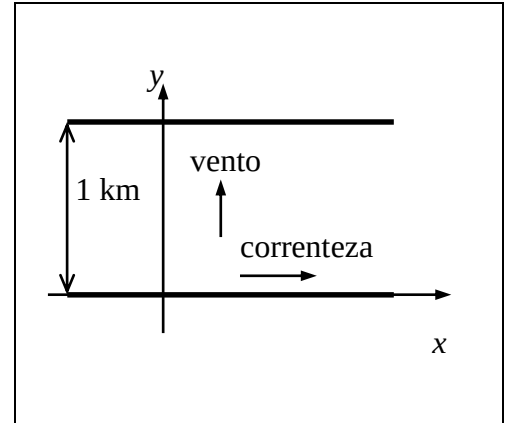
27) Um avião leve alcança uma velocidade no ar de intensidade 480 km/h. O piloto estabelece uma rota de vôo para um destino 810 km ao norte, mas descobre que o avião deve ser orientado  $21^\circ$  a nordeste para voar lá diretamente. O avião chega em 1,9 h. Qual a velocidade do vento?

28) Você está voando em um avião leve, relatando as condições do tráfego para uma emissora de rádio. Seu vôo se dirige de oeste para leste sobre uma estrada. As marcas da estrada abaixo indicam que sua velocidade é igual a 50,0 m/s em relação ao solo e seu indicador de velocidade do ar também mostra 50,0 m/s. Contudo, a frente de seu avião aponta ligeiramente para uma direção sudeste e um funcionário do serviço de meteorologia informa a você que está soprando um vento de 20 m/s. Qual é a direção do vento?

29) Um passageiro do metrô, viajando à velocidade constante de 20 m/s, lança para cima uma bolinha com velocidade inicial de 10 m/s, na direção vertical em relação a um referencial preso ao vagão. Qual é o ângulo de lançamento observado da plataforma, em relação a um referencial fixo ao solo?

### Em duas dimensões e acelerado

30) Um pequeno barco à vela está deslizando ao longo da margem de um rio sendo arrastado pela correnteza da água com velocidade igual a 5,0 m/s para leste, como mostra a figura ao lado. Em um determinado momento, as velas são içadas e o vento que está soprando para norte imprime ao barco uma aceleração constante, para norte e com módulo igual a 0,080 m/s<sup>2</sup>. A distância entre as margens do rio é 1,00 km. Adote o referencial da figura ao lado considerando  $t = 0$  o instante em que as velas são içadas e que isto ocorre em  $(x,y)=(0,0)$ .



- Obtenha a equação horária  $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j}$ .
- Determine o tempo que o barco leva para atingir a margem esquerda do rio.
- A que distância do ponto de partida, medida ao longo do eixo Ox, o barco toca a margem oposta?
- Qual a velocidade do barco nesse momento?
- Represente graficamente  $y(t)$ .