Sumário

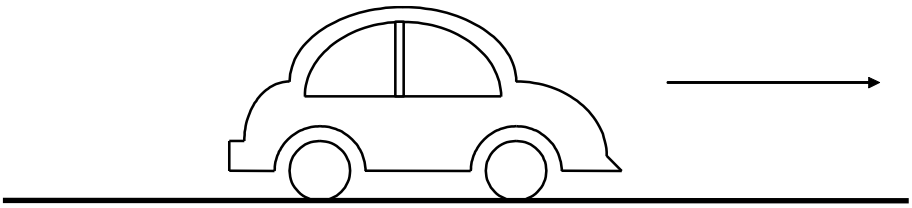
A arbitrariedade na escolha do referencial. Transformação de Galileu. 2
Sistemas de referência 2
1) Um movimento uniforme descrito em vários sistemas de referência 2
2) Uma equação horária, vários movimentos (situação inversa à do exercício anterior). 2
3) Efeito da escolha do ponto de referência em um corpo extenso 3
A lei da Inércia, 1ª lei de Newton 3
4) Inércia em um movimento no espaço livre 3
5) Inércia no movimento de um projétil 4
Movimento relativo em uma dimensão 4
6) Dois veículos numa estrada retilínea 4
7) A esteira rolante horizontal 5
8) RHK E4.6 39 – Redução do tempo de deslocamento quando se usa uma escala rolante 5
9) Movimento acelerado visto de dois referenciais inerciais diferentes 5
A definição de velocidade média 5
10) (HRK E2.30 modificado para SI) 5
11) Escolha da rota em uma metrópole 6

A arbitrariedade na escolha do referencial. Transformação de Galileu.

Sistemas de referência

1) Um movimento uniforme descrito em vários sistemas de referência

Considere o movimento de um carro em uma estrada. Suponha que o carro se mova **SEMPRE** com velocidade constante v = 60 km/h, na direção indicada no desenho (para a direita).



Escreva a equação horária que descreve o movimento do carro (que é sempre o mesmo!) em cada um dos sistemas de referência descritos nos itens a seguir. Para isso, primeiro desenhe uma reta representando o eixo com a sua orientação, marque nele a origem (marco 0 km da estrada) e só então localize a posição do carro no instante indicado.

a) No instante t = 0 h o carro se encontra no km 10 da estrada; o eixo está orientado para a direita.
b) No instante t = 0 h o carro se encontra 5 km ANTES da origem (marco km 0); eixo orientado para a direita.
c) O carro passa pela origem (marco km 0) quando o relógio marca 2 h; eixo orientado para a esquerda.
d) No instante t = 0 h o carro se encontra a 10 km à direita da origem; eixo orientado para a esquerda.
e) No instante t = 0 h o carro se encontra a 5 km à esquerda da origem; o eixo está orientado para a esquerda.

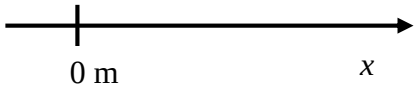
Note que o que faz com que a equação que descreve o movimento seja diferente em cada caso é o conjunto das escolhas de: (a) a orientação do eixo; (b) o ponto da estrada adotado como origem; (c) o momento que é usado como origem da contagem do tempo.

2) Uma equação horária, vários movimentos (situação inversa à do exercício anterior).

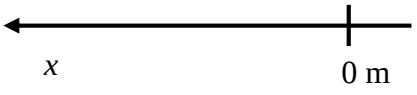
Os movimentos de dois corpos diferentes são descritos por uma mesma equação,

$x = 4 - 2t$ em m para t em s

em dois sistemas de referência distintos, representados nas figuras i) e ii) abaixo.



i) Sistema de referência para itens a e b



ii) Sistema de referência para o item c

a) Indique graficamente a posição do corpo cujo movimento se descreve no referencial da figura i), nos instantes $t = -2$; 0; 2 e 10 s.
b) Determine em que instantes esse corpo estará nas posições x = 10 m e $x = -8$ m.

c) Repita os itens a) e b) para o movimento do outro corpo, cujo movimento é descrito no sistema de referência representado pela figura ii).

Não deixe de refletir nas diferenças e semelhanças de interpretação de um sinal negativo quando ele se refere a uma coordenada de posição ou de tempo.

3) Efeito da escolha do ponto de referência em um corpo extenso

Considere o movimento de um trem de 150 m de comprimento, que se move com velocidade constante de 72 km/h ao atravessar um túnel de 300 m de comprimento. O sistema de referência escolhido tem sua origem na entrada do túnel.

Considere as alternativas de representação da posição do trem e escolha do instante $t = 0$ s:

i) extremidade da frente da locomotiva e momento em que o trem inicia a entrada no túnel;

ii) extremidade da frente da locomotiva e instante em que o fim do *último* vagão passa pela *entrada* do túnel;

iii) extremidade da frente da locomotiva e instante em que a extremidade da frente da locomotiva alcança a saída do túnel;

iv) ponto médio do trem e momento em que o trem inicia a entrada no túnel.

Para cada uma das escolhas **i** a **iv** acima, determine:

a) a equação horária que descreve o movimento do ponto escolhido do trem.
b) o instante em que a locomotiva ingressa no túnel.
c) o instante em que o fim do último vagão termina de sair do túnel.
d) o tempo que o trem demora para atravessar completamente o túnel, a partir dos resultados dos dois itens anteriores.

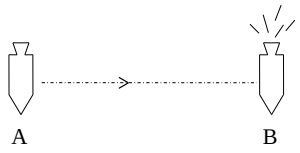
O exercício consiste em entender que o ponto de referência para o movimento do trem pode ser escolhido em qualquer lugar dos seus 150 m de comprimento bem como a origem do tempo em qualquer instante, ao mesmo tempo que é imprescindível escolher um ponto do trem e um evento para origem do tempo, a fim de construir uma equação horária sem ambiguidade.

Além disso, ele ilustra o significativo de *tempo negativo* em uma equação horária.

A lei da Inércia, 1ª lei de Newton

4) Inércia em um movimento no espaço livre

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** até que o foguete chega na posição C.



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

Você nunca esteve no espaço, assim não use sua intuição para responder.

5) Inércia no movimento de um projétil

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.

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

Você provavelmente nunca viu um corpo em movimento largar alguma coisa no ar, assim não use sua intuição para responder.

Movimento relativo em uma dimensão

6) Dois veículos numa estrada retilínea

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).

Determine:

a) a velocidade do caminhão em relação a você.
b) sua velocidade em relação ao caminhão.
c) as velocidades dos itens a) e b), depois do caminhão cruzar com seu veículo.

7) A esteira rolante horizontal

A esteira rolante da estação Paulista do metrô é horizontal (não é, mas simplificamos para este problema), tem comprimento igual a 35 m e se desloca a 1,0 m/s. Suponha que uma pessoa se desloque a 1,5 m/s em relação à esteira e parta de uma extremidade dela.

Determine quanto tempo levaria para atingir a outra extremidade se a pessoa se movesse, em relação à esteira:

a) no mesmo sentido que a esteira se move em relação ao chão.
b) em sentido contrário ao que a esteira se move em relação ao chão.

8) RHK E4.6 39 – Redução do tempo de deslocamento quando se usa uma escala rolante

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.

Determine:

a) o tempo que a pessoa levaria para fazer o mesmo percurso se caminhasse sobre a escada rolante em movimento.
b) se a resposta anterior depende do comprimento da escada, quando o tempo para subir a escada parada permanece em 90 s.

9) Movimento acelerado visto de dois referenciais inerciais diferentes

Dois discos A e B estão sobre uma mesa de ar M, cuja superfície é perfeitamente lisa e horizontal, de modo que o atrito pode ser ignorado e a força peso é compensada pela normal e não produz nenhuma alteração no movimento dos discos. Um deles carrega uma câmara de vídeo e pode mover-se livremente, enquanto o outro está preso a um sistema que faz uma força constante sobre ele. Quando se adota um sistema de referência preso à mesa, os movimentos dos discos são dados pelas equações

$$x_{\mathrm{A(M)}}(t) = 10\,t \qquad \text{e} \qquad x_{\mathrm{B(M)}}(t) = 10\,t - \frac{1}{2}t^2$$

ambas em cm para *t* em s.

a) Esboce os gráficos de $x_{\mathrm{A(M)}}$ e $x_{\mathrm{B(M)}}$ no intervalo de tempo $0 < t < 20$ s.
b) Descreva o movimento de B quando visto pela câmara de vídeo presa em A.
c) Escreva a equação horária de B em um referencial com origem no disco A e que se move com A, $x_{\mathrm{B(A)}}$.
d) Esboce o gráfico da posição de B em relação a A, no intervalo de tempo $0 < t < 20$ s.
e) O disco A está parado em seu próprio referencial; torne evidente esse fato realçando a reta que dá a posição de A ao longo do tempo no gráfico do item anterior.

A definição de velocidade média

10) (HRK E2.30 modificado para SI)

Calcule sua velocidade escalar média quando você, deslocando-se em uma calçada retilínea:

a) caminha 72 m à razão de 1,2 m/s e depois corre 72 m a 3,0 m/s.
b) caminha 1,0 min a 1,2 m/s e depois corre durante 1,0 min a 3,0 m/s.

11) Escolha da rota em uma metrópole

Alicia precisa encontrar o meio mais conveniente de ir de casa ao trabalho dentre duas maneiras. Uma rota é tomar o metrô, que percorre 12,0 km e a deixa a 2,0 km do destino, contando o percurso dentro da estação, e na outra ela faz 12,5 km de ônibus até um ponto a 0,9 km do trabalho. As velocidades médias nos diferentes segmentos do trajeto são:

- metrô: 30 km/h
- ônibus: 15 km/h
- a pé, do metrô ao trabalho: 4,0 km/h
- a pé, do ponto de ônibus ao trabalho: 5,40 km/h.

No entanto, o percurso a pé do metrô ao trabalho varia de dia para dia, bem como o da viagem de ônibus. Na maioria das vezes, variam em até 10%, chegando a diferenças de no máximo 20%; já o tempo de percurso a pé do ponto de ônibus até o trabalho e o da viagem do metrô são constantes.

> Os tempos de percurso da casa até a estação do metrô e até o ponto de ônibus são iguais, bem como a espera para o transporte, de modo que desse ponto de vista as rotas não fazem diferença.
>
> As flutuações nos tempos são independentes, ou seja, o fato do ônibus ser mais lento em um determinado dia não tem nada a ver com o tempo do percurso a pé.

Determine, para cada uma das rotas:

a) o tempo médio de viagem.
b) os tempos máximo e mínimo.
c) o intervalo em que o tempo de viagem está na maioria das vezes.
d) Faça um diagrama que permita comparar as rotas em relação a todos esses tempos.
e) Determine se a rota pelo metro é mais rápida: sempre, quase sempre, aproximadamente com a mesma frequência que a de ônibus, raramente ou nunca, e explique como essa conclusão pode ser obtida do seu diagrama