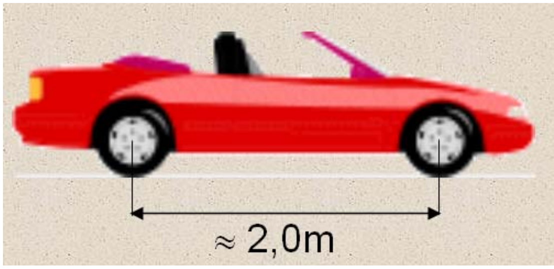
Profa. Dra. Diana Andrade & Prof. Dr. Sergio Pilling

Parte1 - Movimento Retilíneo (continuação)
Velocidade instantânea e aceleração.

1 Velocidade Instantânea

Se conhecemos a posição do corpo em cada instante de tempo podemos calcular velocidades médias para diferentes intervalos, conhecendo-se, assim, novos aspectos do movimento. Nesse caso, partimos da (coordenada de) posição em função do tempo para obter as velocidades médias. Se dois movimentos começam e terminam nos mesmos pontos e têm a mesma duração total, a velocidade média total será a mesma. Isto, no entanto, não fornece detalhes sobre o movimento de cada um.

Exemplo 1: Os pardais medem a *velocidade média* no intervalo de tempo entre a passagem das rodas dianteiras e as traseiras do carro, por cima de um cabo estendido na estrada e usam esse valor para aproximar a *velocidade instantânea* do carro ao passar pelo medidor. Faça uma estimativa para esse intervalo de tempo, quando o velocímetro marca 90 km/h. Para fazer o cálculo, estime a distância entre as rodas dianteiras e traseiras.



$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \longrightarrow \Delta t = \frac{\Delta S}{V}$$

$$\Delta S = 2 \text{ m} = 2 \text{ x } 10^{-3} \text{ km}$$

Assim,

$$\Delta t = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ km}}{90 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 2 \times 10^{-5} \text{ h}$$

$\Delta t \approx 2 \text{ x } 10^{-5} \text{ x } 3600 \text{ s} \approx 0{,}08\text{s}$ → 8 **centésimos de segundo**

No exemplo do pardal eletrônico, um intervalo de tempo de alguns centésimos de segundo para calcular a velocidade média é pequeno o suficiente para considerar a velocidade média calculada pelo medidor como sendo uma boa aproximação para a *velocidade instantânea* do carro.

Velocidade instantânea **é a velocidade do corpo num dado instante de tempo.**

Velocidade instantânea (ou, simplesmente, ***velocidade***) <u>não é definida</u> como a razão entre deslocamento e intervalo de tempo, ao contrário da *velocidade média*. Mas pode surgir a partir da velocidade média, juntamente com os conceitos matemáticos de *limite* e *derivada*.

A velocidade em um dado instante é obtida a partir da velocidade média reduzindo o intervalo de tempo Δt até torná-lo próximo de zero. À medida que Δt diminui, a velocidade média se aproxima de um valor-limite, que é a velocidade instantânea.

$$\boxed{v = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}}$$

Observe que *v* é a taxa de variação da coordenada de posição com o tempo, ou seja, é a derivada de s em relação a t. Observe também que v, em qualquer instante, é a inclinação da curva que representa a posição em função do tempo no instante considerado. A velocidade instantânea também é uma grandeza vetorial e, portanto, possui uma direção e um sentido.

Vamos usar o conceito de *limite* (derivada) para calcular a velocidade instantânea. Imagine que uma partícula tenha a seguinte função que descreve sua coordenada de posição com o tempo: **$s(t) = t^2$ (cm,s)** para $0 \le t \le 5$s. Vamos calcular a velocidade média entre 1s e 1s + Δt para diversos valores de Δt, preenchendo a tabela a seguir.

v_{med}

Δt em seg.	Δs = s(t+Δt) – s(t) em cm	$\bar{v} = \frac{s(t+\Delta t) - s(t)}{\Delta t}$ em cm/s
0,1	$(1+0{,}1)^2 - 1^2 = 0{,}21$	$\frac{(1+0{,}1)^2 - 1^2}{0{,}1} =$ **2,1**
0,01	$(1+0{,}01)^2 - 1^2 = 0{,}0201$	$\frac{(1+0{,}01)^2 - 1^2}{0{,}01} =$ **2,01**
0,001	$(1+0{,}001)^2 - 1^2 = 0{,}002001$	$\frac{(1+0{,}001)^2 - 1^2}{0{,}001} =$ **2,001**
0,0001	$(1+0{,}0001)^2 - 1^2 = 0{,}00020001$	**2,0001**
0,00001	...	**2,00001**
0,000001	...	**2,000001**
(Δt tende para) 0	(Δs tende para) 0	(tende para) **2**

Conclusão: **Se um movimento é dado por $s(t) = t^2$ (cm,s), a velocidade instantânea em t=1s é igual a 2 cm/s.**

Para a função $s(t) = t^2$ (cm,s), vamos escrever agora a expressão para *v* entre 1s e (1s + Δt), sendo Δt indeterminado, daremos o valor limite dessa expressão quando Δt tende para zero.

$$\bar{v} = \frac{(1+\Delta t)^2 - 1^2}{\Delta t} = \frac{1 + 2\Delta t + \Delta t^2 - 1}{\Delta t} = \frac{2\Delta t + \Delta t^2}{\Delta t} = 2 + \Delta t$$

Assim,

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{v} = \frac{ds}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} (2 + \Delta t) = 2$$

Agora, vamos repetir o mesmo procedimento usado na tabela para obter a velocidade instantânea do corpo num instante genérico, t, sendo o movimento dado por **$s(t) = t^2$ (cm,s)**; isto é, dê, em função de t, a velocidade média entre t e t +Δt, para Δt = 0,1; 0,01; 0,001..... etc. Para isso, completaremos a tabela a seguir.

Δt em seg.	Δs = s(t+Δt) – s(t) em cm	$\bar{v} = \frac{s(t+\Delta t)-s(t)}{\Delta t}$ em cm/s
0,1	$(t+0,1)^2 - t^2 = 0,1\,(2t+0,1)$	$\frac{0,1(2t+0,1)}{0,1} =$ **2t** + 0,1
0,01	0,01 (2t + 0,01)	**2t** + 0,01
0,001	0,001 (2t + 0,001)	**2t** + 0,001
0,0001	0,0001 (2t + 0,0001)	**2t** + 0,0001
0,00001	0,00001 (2t + 0,00001)	**2t** + 0,00001
Δt tende para 0	Δs tende para 0	$\bar{v}$ tende para **2t**

Se escrevemos a expressão para $\bar{v}$ entre um instante t genérico e t + Δt e determinamos o limite da expressão quando Δt tende para zero, teremos:

$$\bar{v} = \frac{(t+\Delta t)^2 - t^2}{\Delta t} = \frac{t^2 + 2t\Delta t + \Delta t^2 - t^2}{\Delta t} = \frac{2t\Delta t + \Delta t^2}{\Delta t} = 2t + \Delta t$$

e

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{v} = \frac{ds}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0}(2t + \Delta t) = 2t$$

Assim, quando Δt tende para zero a expressão **2t** + Δt tende para **2t** .

Então, **$s(t) = t^2$ (cm,s) → v(t) = 2t (cm/s, s).**

Exemplo 2: Usando a definição de limite, para o movimento descrito pela função $s(t) = 5\,t^2$ (cm,s), determine a velocidade instantânea num instante genérico t, calculando o limite da velocidade média entre t e t + Δt quando Δt tende para zero.

$$\bar{v} = \frac{5(t+\Delta t)^2 - 5t^2}{\Delta t} = \frac{5(t^2 + 2t\Delta t + \Delta t^2) - 5t^2}{\Delta t} = \frac{5(2t\Delta t + \Delta t^2)}{\Delta t} =$$

$$= \frac{\Delta t(5 \times 2t + 5 \times \Delta t)}{\Delta t} = 5 \times 2t + 5 \times \Delta t$$

Logo, quando Δt tende para zero, a expressão acima tende para *5 x 2t = 10t.*

Dessa forma podemos observar uma relação geral:

Se s(t) é do tipo *s(t)=ct*^{n} temos então que a velocidade instantânea ou simplesmente a velocidade será $v = \frac{ds}{dt} = nct^{n-1}$

Exemplo 3: Para s(t) = ct^2, determine v(t) através do limite da velocidade média quando Δt tende para zero.

$$\bar{v} = \frac{c(t+\Delta t)^2 - ct^2}{\Delta t} = \frac{c(t^2 + 2t\Delta t + \Delta t^2) - ct^2}{\Delta t} = \frac{c(2t\Delta t + \Delta t^2)}{\Delta t} =$$

$$= \frac{\Delta t(c \times 2t + c \times \Delta t)}{\Delta t} = c \times 2t + c \times \Delta t$$

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{v} = \lim_{\Delta t \to 0} (c.2t + c.\Delta t) = 2ct$$

Exercício 1: Complete a tabela, indicando qual é a função v(t) para cada s(t) fornecida

s(t) em cm, s	v(t) em cm,s
15 t^2	
-52 t^2	
3 t^2	
300 t^2	

Vejamos agora o cálculo da velocidade instantânea do corpo num instante t genérico, sendo o movimento dado por **s(t) = t** (cm,s), completando a tabela abaixo.

Δt em seg.	Δs em cm	$\bar{v} = \frac{s(t+\Delta t) - s(t)}{\Delta t}$ em cm/s
0,1	(t+0,1) – t = 0,1	$\frac{(t+0{,}1) \; - t}{0{,}1} = \frac{0{,}1}{0{,}1}$ = **1**
0,01	(t+0,01) – t = 0,01	$\frac{(t+0{,}01) \; - t}{0{,}01} = \frac{0{,}01}{0{,}01}$ = **1**
0,001	(t+0,001) – t = 0,001	$\frac{(t+0{,}001) \; - t}{0{,}001} = \frac{0{,}001}{0{,}001}$ = **1**
0,0001	(t+0,0001) – t = 0,0001	$\frac{(t+0{,}0001) \; - t}{0{,}0001} = \frac{0{,}0001}{0{,}0001}$ = 1
0	0	= 1

Exercício 2: Para a função s(t) = 20t (cm,s), determine a velocidade instantânea no instante t genérico, <u>usando o limite da velocidade média</u>.

$$\bar{v} = \frac{20(t+\Delta t) - 20t}{\Delta t} = \frac{20(\Delta t)}{\Delta t}$$

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{20.\Delta t}{\Delta t} \right) = 20$$

Exercício 3: Para a função s(t) = 50 cm, preencha a tabela a seguir, relativa ao cálculo do limite da velocidade média entre um instante t genérico e t + Δt.

Δt em seg.	Δs em cm	$\bar{v} = \frac{s(t+\Delta t) - s(t)}{\Delta t}$ em cm/s
0,1	s(t+0,1) – s(t) = 50 – 50 = 0	**(50 – 50)/0,1= 0**
0,01	s(t+0,01) – s(t) = 50 – 50 = 0	**(50 – 50)/0,01= 0**
0,001	s(t+0,001) – s(t) = 50 – 50 = 0	**(50 – 50)/0,001= 0**
0,0001	s(t+0,0001) – s(t) = 50 – 50 = 0	**(50 – 50)/0,0001= 0**
0	0	= **0**

Exercício 4: Complete a tabela abaixo:

s(t) em cm	**v(t) em cm,s**
7	
32	
-150	

Resumo:

s(t) : coordenada de posição	v(t) : velocidade instantânea
s(t) = c, c constante	v(t) = 0
s(t) = c t, c constante	v(t) = c
s(t) = ct^2, c constante	v(t) = 2ct
s(t) = ct^3, c constante	v(t) = 3ct^2

Exercício 4: Dê a função que descreve a velocidade instantânea num instante genérico t:

a) $s(t) = 54 + 14\,t^2$ (cm,s) $\qquad$ v(t) =

b) $s(t) = -25\,t - 42\,t^2$ (m,s) $\qquad$ v(t) =

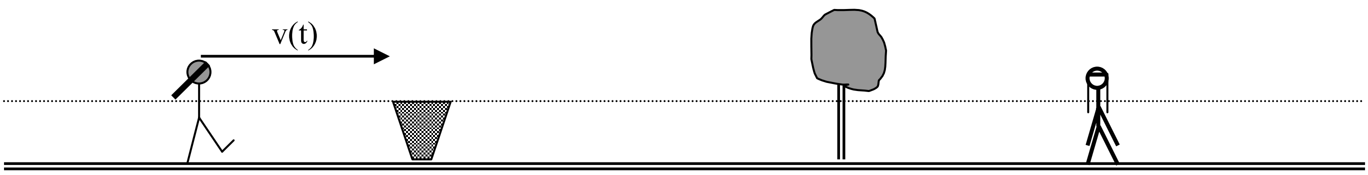
c) $s(t) = 15 + 40\,t + 2\,t^2$ (km,h) $\qquad$ v(t) =

d) $s(t) = -120 + 85\,t$ (cm,s) $\qquad$ v(t) =

Exercício 5: O movimento de um corpo é descrito pelo observador **A** através da função $\mathbf{s_A\,(t) = 65 + 47t + 22\,t^2}$ **(cm,s)**. O observador **B** escolhe o ponto R', cuja coordenada vista por **A** é $\mathbf{s_{R'} = -\,30}$ **cm**, e usa a mesma convenção de sinais. A coordenada de posição de **B** é $s_B(t)$. Dê as funções $v_A(t)$ e $v_B(t)$ que descrevem a velocidade instantânea do corpo segundo **A** e **B**, respectivamente.

Representação de *v*(t) : *seta*

Numa figura que mostra o sistema físico, a velocidade num dado instante é representada por uma *seta*. O sentido da *seta* é o do movimento, conforme é visto no mundo físico real (laboratório).



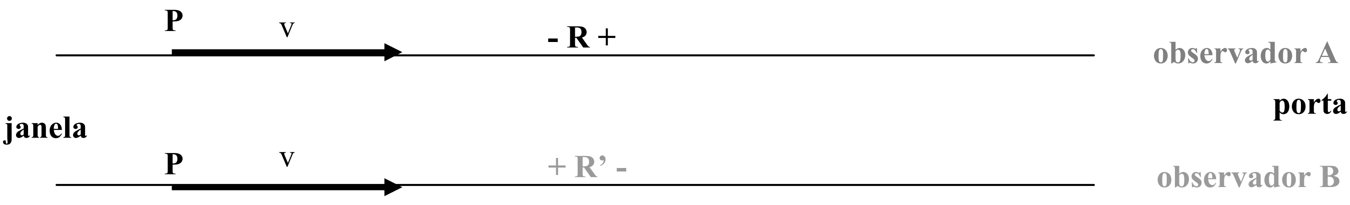
No instante t a menina move-se em direção à árvore. A seta é uma representação da velocidade instantânea, v(t), da menina. O <u>tamanho</u> da seta é arbitrário, quando não se estabelece uma escala de velocidades, ou dado por uma escala, quando esta for estabelecida

Sinal da velocidade

Que sinal atribuiremos a *v*(t)? Qual a relação entre *sentido* e *sinal*? São perguntas que responderemos a seguir.

Para um certo *sentido* de movimento, o *sinal* da velocidade é determinado pelo observador, levando-se em conta a convenção de sinais adotada.

Nos exemplos abaixo, P representa o carrinho movendo-se no sentido da janela para a porta (pontos do laboratório, do mundo físico real); a seta representa a velocidade v e mostra o *sentido* do movimento na trajetória retilínea. Os desenhos foram feitos por dois observadores, A e B.



Exercício 6:

a) Levando em conta que a velocidade é a taxa instantânea de variação da coordenada de posição, complete com as palavras positiva ou negativa conforme o caso:
A velocidade do corpo é ________________ para o observador A, sendo ________________ para o observador B.

b) Marque V(verdadeiro) ou F(falso)
(   ) o sentido da seta da velocidade é dado pelo observador, de acordo com a convenção escolhida.
(   ) o sentido da seta da velocidade é determinado pelo movimento do corpo.
(   ) dada uma seta representando a velocidade, o sinal da velocidade é dado pelo observador, de acordo com a convenção escolhida.

Exercício 7:

Para um certo observador, um movimento é descrito pela função $s(t) = 20 - 34t$ (m,s).
a)A taxa de variação da coordenada de posição é __________________ (*positiva, negativa)*. Seu valor absoluto é _____________ (complete).

Exercício 8:

Um carro move-se de A para B, entre os instantes 0 e 10s. A posição do carro é representada por um ponto em sua dianteira. As convenções adotadas pelo observador estão indicadas na FIG. 1. O módulo da velocidade em t=0 é de 40 m/s. O módulo da velocidade em B é de 5 m/s. Suponha que a velocidade nesse intervalo é variável, mudando linearmente com t.

a) Determine as constantes α e β da função linear $v(t) = \alpha + \beta t$ que representa a velocidade do carro entre A e B e escreva sua forma final, com as constantes determinadas (indique as unidades na resposta).
b) Faça o gráfico simplificado v-t para o intervalo $0 \leq t \leq 10s$, indicando t= 0 e t = 10s no gráfico.
c)Por quê não foi necessário, para resolver este exercício, especificar a escala para distâncias da Figura ?

Exercício 9:

Considere o exemplo: v(t) = 120 + 300 t (m,s). Qual é a unidade da grandeza cujo valor numérico é 300?

Aceleração

Quando a velocidade de uma partícula varia, diz-se que a partícula sofreu uma aceleração (ou foi acelerada). Para movimentos ao longo de um eixo, a aceleração média $a_{méd}$ ou $\bar{a}$ em um intervalo de tempo Δt é:

$a_{méd} = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ onde a partícula tem velocidade v_1 no instante t_1 e velocidade v_2 no instante t_2. Da mesma forma quer a velocidade instantânea, pode ser mostrado que a aceleração instantânea (ou simplesmente aceleração) é dada por:

$$\boxed{a = \lim_{\Delta t \to \infty} \bar{a} = \frac{dv}{dt}}$$

Ou seja, a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a taxa com a qual a velocidade está variando nesse instante. Graficamente, a aceleração em qualquer ponto é a inclinação da curva v(t) nesse ponto.

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{ds}{dt}\right) = \frac{d^2 s}{dt^2}$$

Em outras palavras, a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a derivada segunda da posição s(t) em relação ao tempo.

Exercício 10:

Neste exemplo, é dada a função v(t) ou s(t) para alguns movimentos. Dê a aceleração em cada caso:

a) v(t) = 120 -150t (cm,s)
b) v(t) = 12450t – 30 (km,h)
c) v(t) = -20 + 3,5t (m,s)
d) s(t) = 345 – 73t + 42 t^2 (m,s)

Exercício 11:

Após receber um impulso rápido o carrinho da Figura abaixo adquire velocidade de 104 cm/s. A figura mostra a o carrinho no instante t=0, imediatamente após receber o impulso, a referência R e convenção de sinais do observador.

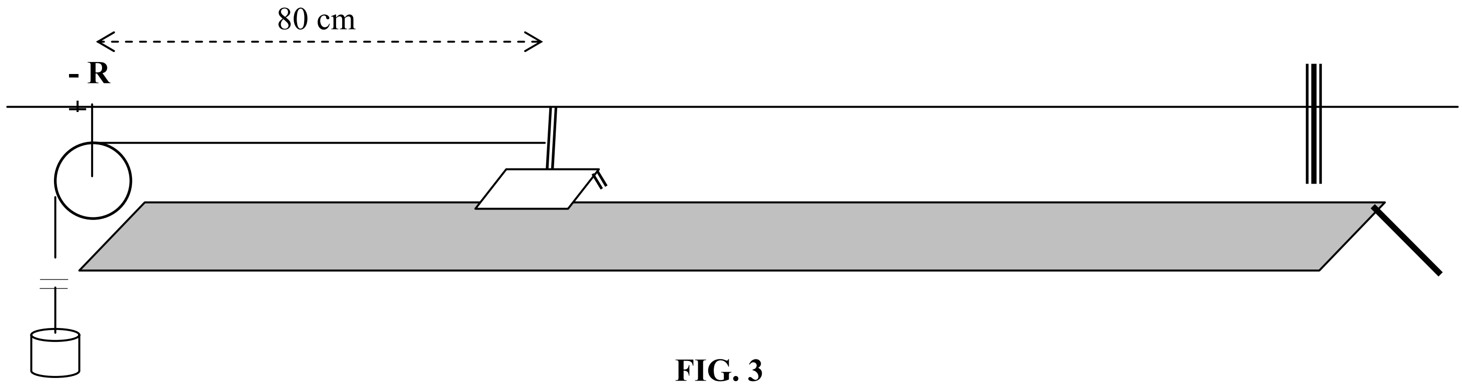


FIG. 3

Sabendo que o carrinho bate no anteparo 2,0 s depois com velocidade de 8cm/s, obtenha a aceleração e dê a função s(t) que descreve a coordenada de posição desde t=0 até bater no anteparo. Determine a coordenada de posição do anteparo.

s(t) = ( ) para $0 \leq t \leq 2{,}0$ s
s_A =

Aceleração, sentido e sinal.

Vimos que o *sentido* da velocidade é dado pelo movimento do corpo enquanto que o *sinal* dessa grandeza é determinado pelo observador, levando em conta o sentido. O sentido da velocidade é representado por uma *seta* no desenho da situação física. ***O sentido da aceleração será também representado por uma seta.***

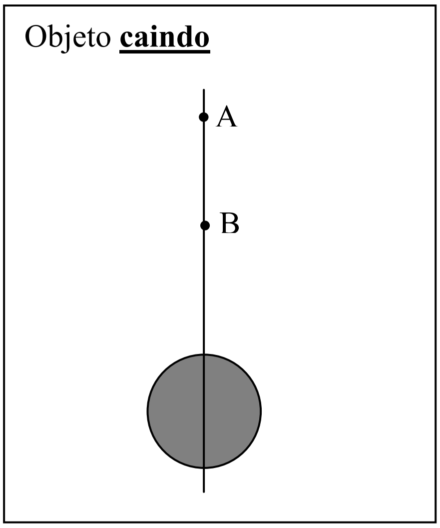
O *sentido* da aceleração.

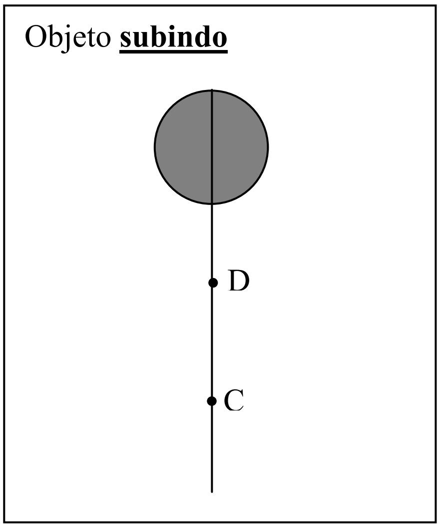
A aceleração é a taxa instantânea de variação da velocidade. Para determinar seu *sentido* num movimento precisamos olhar de que modo varia a velocidade. Para um dado movimento, o *sentido* da aceleração não depende do observador.

O *sentido* da seta da aceleração, num dado instante de tempo t, está ligado à variação do **módulo** da velocidade naquele instante. É possível determinar o sentido da seta da aceleração, mesmo sem conhecer a convenção de sinais adotada pelo observador, usando o seguinte procedimento. Veja o próximo exercício.

Exercício 12: Um fenômeno conhecido: aceleração da gravidade.

(a) A aceleração da gravidade tem um sentido bem definido: para baixo. Representa-se, então, a aceleração da gravidade por uma seta apontada para baixo. Nas figuras a seguir, desenhe a seta da aceleração da gravidade. As setas devem ter origem no centro do objeto esférico.

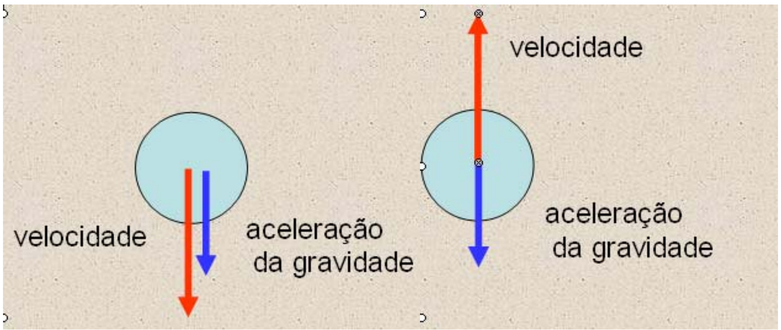




(b) Sejam A, B, C e D posições da esfera durante a trajetória (a esfera passa antes por A num caso e por C no outro). Represente a velocidade do corpo nos pontos A e B, em cada figura. A escala é arbitrária mas os tamanhos das setas devem representar crescimento ou decrescimento da velocidade, conforme o caso.

(c) Baseando-nos no que foi feito nos itens (a) e (b), definiremos um procedimento geral para encontrar o sentido da seta da aceleração. O procedimento geral está escrito a seguir. Complete as frases com as expressões "o mesmo sentido"ou "sentido contrário"conforme o caso.

Solução:



Objeto Caindo **Objeto Subindo**

Procedimento geral para determinar a o sentido da seta da aceleração:

- movimentos em que o módulo da velocidade cresce:
as setas da aceleração e da velocidade têm MESMO SENTIDO

- movimentos em que o módulo da velocidade decresce:
as setas da aceleração e da velocidade têm SENTIDOS CONTRÁRIOS

Exercício 13:

a)Um carro se move numa trajetória retilínea e o módulo de sua velocidade varia com <u>taxa constante</u>. Isto quer dizer que a aceleração do carro é constante. Entre A e B as setas que representam a velocidade do carro em certas posições do mesmo estão indicadas na figura abaixo. (Já está corrigido).

(a) Desenhe em cada posição uma seta representando a aceleração *a* do carro naquele instante.

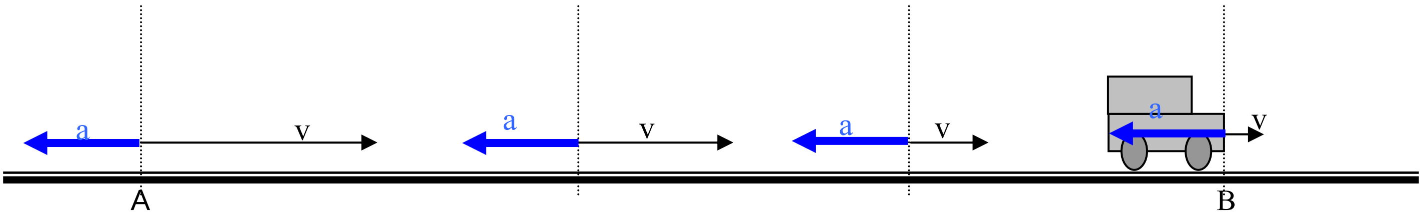


FIG. 1(a)

As setas azuis representam as acelerações em cada instante pedido. As setas têm o <u>mesmo tamanho</u> pois é dito que nesse movimento a aceleração é <u>constante</u>.

b)Desenhe as setas da aceleração para o movimento representado na FIG. 1(b). O carro se move de B para A e o módulo de sua velocidade varia com taxa constante.

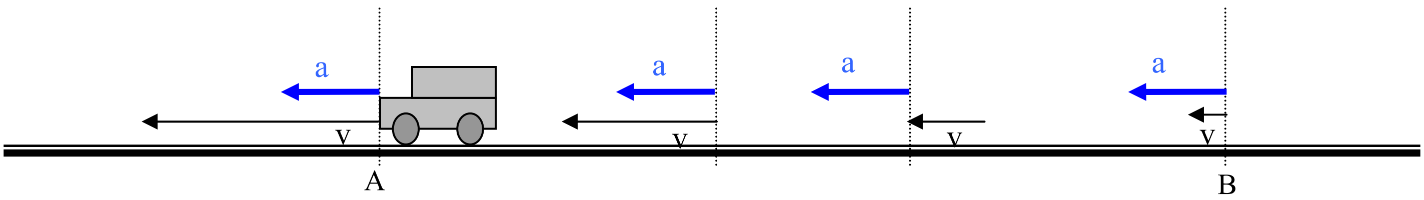


FIG. 1(b)

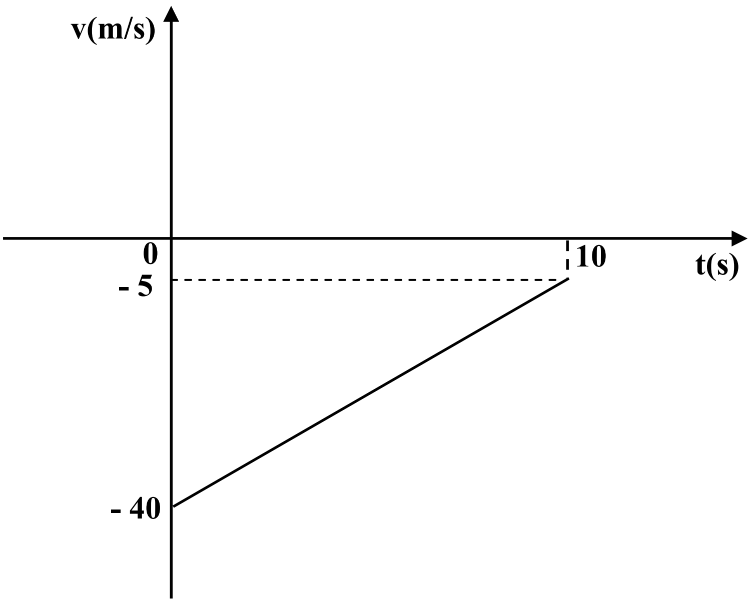
AS SETAS AZUIS REPRESENTAM AS ACELERAÇÕES EM CADA INSTANTE PEDIDO. AS SETAS TÊM O MESMO TAMANHO POIS É DITO QUE NESSE MOVIMENTO A ACELERAÇÃO É CONSTANTE.

O *sinal* da aceleração.

Dado um certo movimento, o *sinal* da aceleração é determinado pelo observador, de acordo com a sua convenção de sinais. Para determinar corretamente o *sinal* da aceleração é necessário usar a definição dessa grandeza, a(t) = v'(t). O *sinal* da aceleração no instante t será igual ao *sinal* da derivada v'(t) nesse instante.

Exercício 14:

Foi estudado o movimento de um carro por um certo observador, tendo sido obtida por esse observador a função *v*(t) dada pelo gráfico abaixo.



a)Calcule a aceleração do carro;

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = 3{,}5 \ m/s^2.$$

b)Marque V(verdadeiro) ou F(falso). Nesse movimento, entre t=0 e t=10s:

( ) o módulo da velocidade aumenta e a aceleração é positiva
( ) o módulo da velocidade aumenta e a aceleração é negativa
( ) o módulo da velocidade diminui e a aceleração é positiva.
( )-o módulo da velocidade diminui e a aceleração é negativa.

F F V F

Exercício 15:

Suponhamos que durante os primeiros instantes do movimento de um foguete, que se inicia no lançamento (t=0), sua trajetória seja retilínea. Suponhamos ainda que nesse trecho do movimento a seguinte função representa a coordenada de posição do foguete (ponto P qualquer do corpo do foguete) para um certo observador:

$$s(t) = 1500\, t^2 - 5\, t^3 \quad (m,s)$$

a)Qual é a unidade da grandeza cujo valor é -5?

m/s^3

b)Dê as funções v(t) e a(t) para esse trecho.

$v(t) = s'(t)$; $v(t) = 3000\, t - 15\, t^2$ (m,s)
$a(t) = v'(t)$; $a(t) = 3000 - 30\, t$ (m,s)

c)Quais são as condições iniciais do movimento?

$s(0) = 0$; $v(0) = 0$.

d)Calcule a aceleração do foguete em t=0 e em t=50s.

$a(0) = 3000\ m/s^2$; $a(50s) = 1500 m/s^2$.

e)Qual é a velocidade do foguete no instante em que a aceleração é igual a zero?

$a(t_0) = 0 \quad ; \ 3000 - 30\ t_0 = 0 \quad \Rightarrow\ t_0 = 100\ s;$

$v(t_0) = v(100s) = 3000 \times 100 - 15\ (100^2) = 150\ 000\ m/s.$

Exercício 16:

Um corpo move-se numa trajetória retilínea e seu movimento é estudado por dois observadores. O **observador 1** usa a referência **R**; o **observador 2** usa a referência **R'**. Os pontos **R** e **R'**, bem como as respectivas convenções de sinal estão mostrados na **Fig. 3**. A distância entre **R** e **R'** é de 150 m. O movimento foi estudado no intervalo de tempo $0 \leq t \leq 4s$.

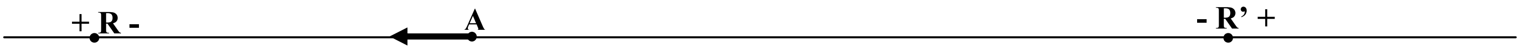


Fig. 3

Para o **observador 1**, a velocidade do corpo num dado instante t, no intervalo $0 \leq t \leq 4s$, é dada pela função v(t) = 72 - 54t (m,s). Em t=0 o corpo está a 95 m de **R** e no trecho de trajetória situado entre **R** e **R'**.

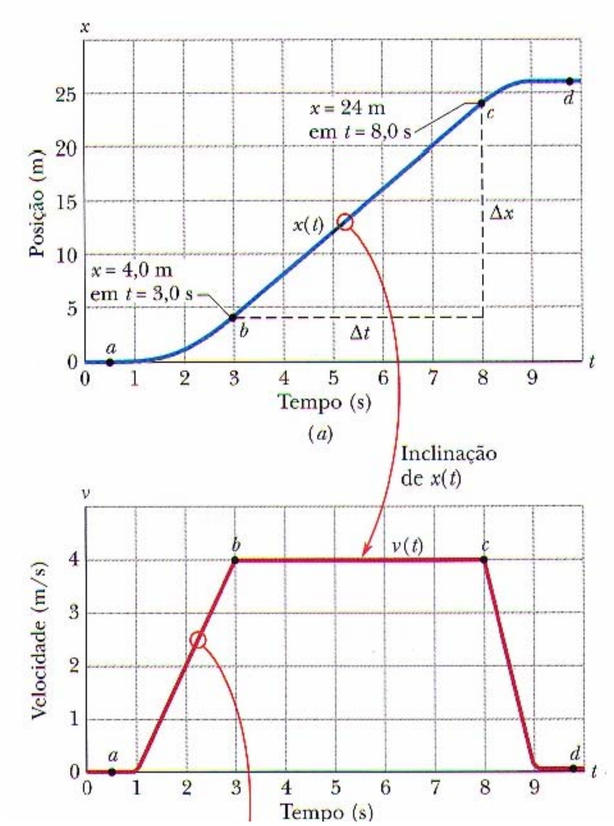
Marque **V**(verdadeiro), **F**(falso) ou **X**(branco) ao lado de cada uma das afirmações.

[ ] para o **observador 1** a velocidade média do corpo é - 54 m/s.
[ ] em t=0 o corpo move-se no sentido de **R'** para **R**.
[ ] a função s(t) que descreve a coordenada de posição do corpo, para o **observador 1**, é $s(t) = -95 + 72t - 27\ t^2$ (m,s), no intervalo $0 \leq t \leq 4s$.
[ ] a função s(t) que descreve a coordenada de posição do corpo, para o **observador 1**, é $s(t) = -95 + 72t - 108\ t^2$ (m,s), no intervalo $0 \leq t \leq 4s$.
[ ] as condições iniciais do movimento para o **observador 1** são s(0)=0, v(0)=0.
[ ] no instante em que o corpo pára sua aceleração é igual a zero.
[ ] no instante $t = \frac{8}{3}$ s, a velocidade do corpo, segundo o **observador 2** é 72 m/s.
[ ] o módulo da velocidade diminui sempre, durante o intervalo $0 \leq t \leq 4s$.
[ ] para ambos os observadores, a aceleração do corpo é constante e vale - 54 m/s^2.
[ ] a função y(t) que descreve a coordenada de posição do corpo, para o **observador 2**, é $y(t) = -55 - 72t + 27\ t^2$ (m,s), no intervalo $0 \leq t \leq 4s$.
[ ] a seta mostrada na figura, representa a velocidade do corpo ao passar pelo ponto **A**, conforme foi desenhada pelo **observador 1**; o desenho feito pelo **observador 2** para representar a velocidade no ponto **A** teria sentido contrário ao que é mostrado na fig.
[ ] ao passar pelo ponto **A**, a 50 m do ponto R, com velocidade de sentido igual ao mostrado na **FIG. 1**, a velocidade obtida pelo **observador 2** é igual a -18 m/s.
[ ] entre t=0 e t=4s, o corpo passa uma vez pelo ponto R'.
[ ] a partir dos dados do problema pode-se afirmar que o módulo da velocidade do corpo no instante t=5s é igual a 198 m/s para ambos os observadores.
[ ] a partir dos dados do problema nada se pode afirmar a respeito da velocidade do corpo no instante t = 5s para qualquer um dos observadores.

Resp: FVVFFFVFFVFVVFV

Exercícios Propostos:

1) A figura (a) mostra o gráfico x(t) de um elevador que, depois de passar algum tempo parado, começa a se mover para cima (que tomamos como sendo o sentido positivo de x) e depois pára novamente. Plote *v*(t).



Podemos determinar a velocidade em qualquer instante calculando a inclinação da curva x(t) nesse instante. A inclinação de x(t), e também a velocidade, é zero nos intervalos de 0 a 1 s e de 9 s em diante, já que o elevador está parado nesses intervalos. Durante o intervalo bc, a inclinação é constante e diferente de zero, o que significa que o elevador se move com velocidade constante. A inclinação de x(t) é dada por:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v = \frac{24\ \text{m} - 4{,}0\ \text{m}}{8{,}0\ \text{s} - 3{,}0\ \text{s}} = +4{,}0\ \text{m/s}.$$

O sinal positivo significa que o elevador está se movendo no sentido positivo de x. Estes intervalos (nos quais v = 0 e v = 4 m/s) estão plotados na figura (b). Além disso, como o elevador começa a se mover a partir do repouso e depois reduz a velocidade até parar, v varia da forma indicada nos intervalos de 1 s a 3 s e de 8 s a 9 s. Assim, a figura b é o gráfico pedido.

2) A posição de uma partícula que se move em um eixo é dada por: $x = 7{,}8 + 9{,}2t - 2{,}1\,t^3$, com x em metros e t em segundos. Qual é a velocidade da partícula em t = 3,5 s? A velocidade é constante ou está variando continuamente?

3) As equações a seguir fornecem a posição $x(t)$ de uma partícula em quatro casos (em todas as equações, x está em metros, t em segundos e $t > 0$): (1) $x = 3t - 2$; (2) $x = -4t^2 - 2$; (3) $x = 2/t^2$; (4) $x = -2$. (a) Em que caso(s) a velocidade v da partícula é constante? (b) Em que caso(s) a velocidade v é no sentido negativo do eixo x?

Referencias:

-: Halliday, Resnick & Walker, "Fundamentos da Física – Vol 1", 8ª Ed, Editora LTC.

- Notas de Aula na disciplina Mecânica Newtoniana A – Coordenadora e autora das apostilas: Maria Oswald Machado de Mattos. - http://www.fis.puc-rio.br/mariaoswald_ing.php

- Física do Movimento: observar, medir, compreender. Autora: *Maria Matos. Editora: PUC-Rio.*