

Módulo 1. Introdução à Cinemática

1. Conceitos básicos

A Mecânica é a parte da Física que estuda o movimento dos corpos. Por motivos didáticos, é dividida em três partes: Cinemática, Dinâmica e Estática. Para estudar os movimentos dos corpos, é necessário que se conheça um determinado referencial.

- **Referencial:** é um ponto ou corpo que adotamos como referência para estudar o movimento. Em cinemática podemos adotar qualquer referencial.

- **Movimento:** um corpo encontra-se em movimento toda vez que a sua posição varia, com o decorrer do tempo, em relação a um certo referencial.

- **Repouso:** um corpo encontra-se em repouso quando ele não muda de posição, com o decorrer do tempo, em relação a um certo referencial.

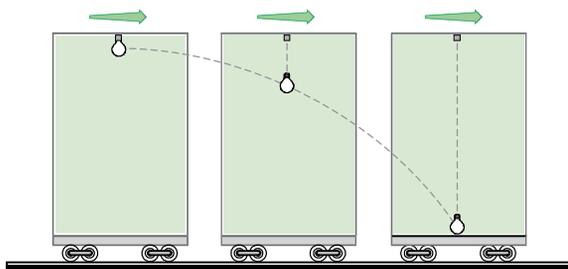
Um corpo pode estar em **movimento** em relação a um referencial e em **repouso** em relação a outro referencial. Por exemplo, uma pessoa dentro de um automóvel a 60 km/h. A pessoa está em movimento em relação ao solo, porém em repouso em relação ao automóvel.

- **Ponto material:** um corpo é chamado de ponto material quando as suas dimensões são desprezíveis, se comparadas com o percurso por ele executado.

Por exemplo, um automóvel no percurso de Ribeirão Preto a São Paulo é um ponto material, porém este mesmo automóvel fazendo manobras numa garagem não é um ponto material, porque devemos levar em consideração todas as suas dimensões.

- **Trajetoória:** é o **caminho** determinado por uma sucessão de pontos, por onde o móvel passa em relação a um certo referencial.

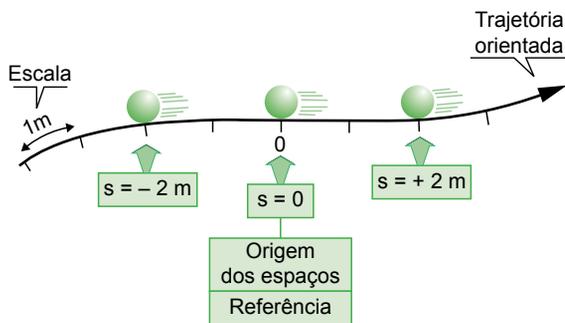
Num mesmo movimento, considerando-se dois referenciais diferentes, podemos ter duas trajetórias diferentes. Como exemplo, veja a figura a seguir.



A lâmpada que se destaca do teto de um vagão (em tráfego uniforme nos trilhos) cai de forma **retilínea** em relação ao vagão e, ao mesmo tempo, apresenta trajetória **parabólica** em relação aos trilhos.

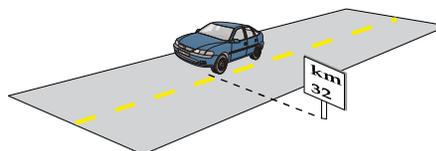
2. Espaço (s)

Para descrevermos o movimento de um ponto material ao longo de sua trajetória, precisamos aprender a localizar o móvel através da grandeza física espaço. Para isso, devemos escolher uma orientação para a trajetória, a seguir uma origem (ponto zero da trajetória) e dividi-la em partes iguais, num determinado sistema de unidades.



O **espaço** de um móvel nos fornece a sua localização na trajetória, em relação à origem dos espaços ($s = 0$). A distância do móvel à **origem (0)**, medida ao longo da trajetória, é precedida de um sinal algébrico (+) ou (-) para indicar a região da trajetória: à direita ou à esquerda da origem, conforme a orientação escolhida para essa trajetória.

Um **marco quilométrico** de uma rodovia corresponde, na prática, à grandeza espaço.



Quando se diz que um carro está no **km 32**, isto indica que ele se posiciona a 32 km da **origem (km 0)** da rodovia.

3. Deslocamento escalar (Δs)

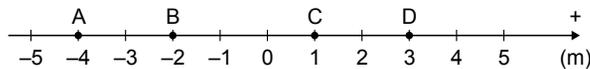
O deslocamento escalar é dado pela variação de espaço sofrido por um móvel durante um certo intervalo de tempo.

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

s_1 = espaço de partida

s_2 = espaço de chegada

Assim, na trajetória esquematizada a seguir, vamos calcular o deslocamento escalar de um móvel que vai de A até D, em etapas.



- A até D: $\Delta s_{AD} = s_D - s_A = 3 - (-4) = 7 \text{ m}$
- B até C: $\Delta s_{BC} = s_C - s_B = 1 - (-2) = 3 \text{ m}$
- D até B: $\Delta s_{DB} = s_B - s_D = -2 - 3 = -5 \text{ m}$
- C até A: $\Delta s_{CA} = s_A - s_C = -4 - 1 = -5 \text{ m}$
- A até A: $\Delta s_{AA} = s_A - s_A = -4 - (-4) = 0$

$\Delta s > 0$: o móvel se desloca a favor da orientação da trajetória.

$\Delta s < 0$: o móvel se desloca no sentido contrário ao de orientação da trajetória.

$\Delta s = 0$: o móvel não se movimentou ou, se houve movimento, o espaço de chegada coincidiu com o de partida.

4. Função horária do espaço

Quando um móvel está em movimento em relação a um determinado referencial, seu(s) espaço(s) varia(m) no decorrer do tempo. Podemos, então, expressar o espaço de um móvel como uma função do tempo: $s = f(t)$. Essa expressão recebe o nome de **função horária do espaço** e representa a lei do movimento para esse móvel.

Apresentamos, a seguir, alguns exemplos de funções horárias do espaço:

1) $s = 5 + 3t$ (função do 1º grau)

2) $s = 2 - 2t + 3t^2$ (função do 2º grau)

Conhecendo-se a função horária do espaço de um móvel, é possível determinarmos a sua posição em qualquer instante desejado. Tomando-se como exemplo a função horária $s = 5 + 3t$, podemos construir uma tabela, relacionando as posições (s) com os tempos (t). Adotando o Sistema Internacional de Unidades, temos:

$$s = 5 + 3t \text{ (SI)}$$

- para $t = 0$ s: $s = 5 + 3(0) \Rightarrow s = 5$ m
- para $t = 2$ s: $s = 5 + 3(2) \Rightarrow s = 11$ m
- para $t = 5$ s: $s = 5 + 3(5) \Rightarrow s = 20$ m

Os resultados acima indicam-nos, portanto, que, para qualquer instante (t) que substituirmos, a função fornecerá a posição do móvel em relação à origem dos espaços.

5. Velocidade escalar média

A velocidade escalar média de um móvel representa a velocidade escalar constante que o móvel poderia ter usado entre duas posições de sua trajetória, ou seja, ao longo de seu deslocamento escalar.

Estabeleceu-se o critério de que a velocidade escalar média é dada pela razão entre o deslocamento escalar efetuado e o intervalo de tempo gasto para efetuá-lo, e não como usamos no cotidiano, fazendo a relação entre a distância percorrida e o intervalo de tempo.

Ou seja:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2}{t_2} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

A velocidade escalar média não depende da forma da trajetória (retilínea ou curvilínea). Só depende das condições inicial e final do movimento.

Exercícios Resolvidos

1. Os espaços de um móvel variam com o tempo de acordo com a função: $s = 8 - 4 \cdot t$, em que s é o espaço em metros e $t \geq 0$ é o tempo em segundos.

a) Calcule o espaço inicial do móvel.

b) Determine o instante em que o móvel passa pela origem dos espaços.

Resposta:

a) Em $t = 0$: $s_0 = 8 - 4 \cdot 0 \Rightarrow s_0 = 8$ m

b) Para $s = 0$: $0 = 8 - 4 \cdot t \Rightarrow 4 \cdot t = 8 \Rightarrow t = 2$ s

No Sistema Internacional (SI), a unidade para a velocidade é o **metro por segundo (m/s)**. Outras unidades, tais como **cm/s** e **km/h**, são muito utilizadas.

As relações entre elas são as seguintes:

- $1 \text{ m/s} = 100 \text{ cm/s}$

- $1 \text{ km/h} = \left(\frac{1.000}{3.600}\right) \text{ m/s} = \left(\frac{1}{3,6}\right) \text{ m/s}$

Logo, para transformar km/h em m/s, dividimos por 3,6 e para o inverso, multiplicamos por 3,6.

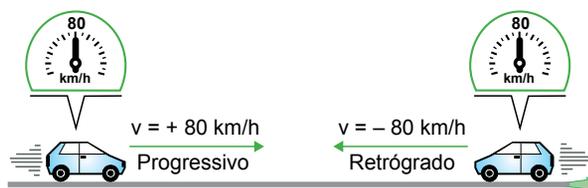
Como exemplo, suponha um carro efetuando um deslocamento escalar de 36 km num intervalo de tempo de 0,50 h. A sua velocidade escalar média neste percurso corresponde a:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{36 \text{ km}}{0,50 \text{ h}} = 72 \text{ km/h} = \frac{72}{3,6} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

O resultado encontrado ($72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$) significa a suposta velocidade escalar constante que o carro poderia ter utilizado no trajeto.

6. Velocidade escalar instantânea

Muitos meios de transporte utilizados pelo homem, como o carro, o trem e o avião, possuem um instrumento – o **velocímetro** – que indica o **módulo** da velocidade escalar instantânea $|v|$, ou seja, o valor absoluto da velocidade escalar do móvel no instante em que efetuamos a leitura, em relação à Terra. Entretanto, devemos lembrar que a velocidade escalar tem um **sinal algébrico** de acordo com o sentido de tráfego do móvel na trajetória orientada.



Quando o movimento for **progressivo** (movimento a favor da orientação da trajetória), a velocidade escalar instantânea será **positiva** ($v > 0$) e, quando for **retrógrado** (movimento oposto ao da orientação da trajetória), a velocidade escalar instantânea será **negativa** ($v < 0$).

2. Os espaços de um móvel variam com o tempo de acordo com a função $s = -1 \cdot t^2 + 2 \cdot t - 6$, com unidades no SI. Calcule a velocidade média do automóvel entre os instantes 1s e 5s.

Resposta:

Vamos substituir os instantes na função.

$$t_1 = 1 \text{ s} \Rightarrow s_1 = -1 \cdot 1^2 + 2 \cdot 1 - 6 = -5 \text{ m}$$

$$t_2 = 5 \text{ s} \Rightarrow s_2 = -1 \cdot 5^2 + 2 \cdot 5 - 6 = -21 \text{ m}$$

$$v_m = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{-21 - (-5)}{5 - 1} = \frac{-16}{4} \Rightarrow v_m = -4 \text{ m/s}$$

Exercícios de Aplicação

1. (PUC-SP) Leia com atenção a tira da Turma da Mônica mostrada abaixo e analise as afirmativas que se seguem, considerando os princípios da Mecânica Clássica.



Turma da Mônica / Mauricio de Souza

- I. Cascão encontra-se em movimento em relação ao skate e também em relação ao amigo Cebolinha.
- II. Cascão encontra-se em repouso em relação ao skate, mas em movimento em relação ao amigo Cebolinha.
- III. Cebolinha encontra-se em movimento em relação ao amigo Cascão.

Estão corretas:

- a) apenas I.
- b) I e II.
- c) I e III.
- d) II e III.
- e) I, II e III.

Resposta: D

Nota-se na tira que, embora Cascão mantenha-se em repouso em relação ao skate, há movimento relativo entre Cascão e Cebolinha.

2. Dois móveis, A e B, percorrem uma mesma trajetória retilínea, conforme as funções horárias: $s_A = 1 + 2t$ e $s_B = 6 - 3t$, sendo a posição s em metros e o tempo t em segundos. Determine:

- a) a distância entre os móveis no instante $t = 0$;
- b) o instante em que A encontra-se com B.

Resposta:

a) As posições iniciais dos móveis são:

$$s_A = 1 + 2 \cdot (0) = 1 \text{ m}$$

$$s_B = 6 - 3 \cdot (0) = 6 \text{ m}$$

$$\therefore d = s_B - s_A = 6 \text{ m} - 1 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

b) Encontro: $s_A = s_B \cdot 1 + 2 \cdot t = 6 - 3 \cdot t \Rightarrow t = 1 \text{ s}$

3. (Fatec-SP) Um carro faz uma viagem de São Paulo ao Rio. Os primeiros 250 km são percorridos com uma velocidade escalar média de 100 km/h. Após uma parada de 30 minutos para um lanche, a viagem é retomada, e os 150 km restantes são percorridos com velocidade escalar média de 75 km/h. A velocidade escalar média da viagem completa foi, em km/h:

- a) 60
- b) 70
- c) 80
- d) 90
- e) 100

Resposta: C

$$\Delta t = \Delta s / v_m$$

$$\bullet \Delta t_1 = (250 / 100) \rightarrow \Delta t_1 = 2,5 \text{ h}$$

$$\bullet \Delta t_2 = 0,5 \text{ h (lanche)}$$

$$\bullet \Delta t_3 = (150 / 75) \rightarrow \Delta t_3 = 2,0 \text{ h}$$

$$\Delta t_{\text{total}} = 2,5 \text{ h} + 0,5 \text{ h} + 2,0 = 5,0 \text{ h}$$

$$\therefore v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{400 \text{ km}}{5 \text{ h}} = 80 \text{ km/h}$$

Exercícios Propostos

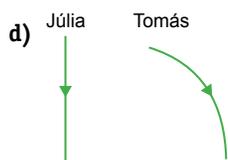
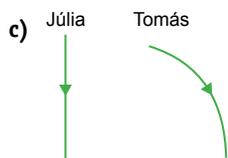
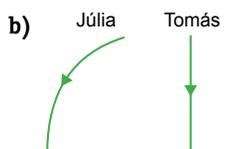
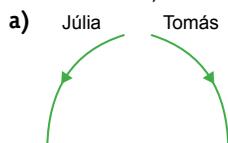
4. Movimento e repouso são conceitos relativos, isto é, dependem do referencial adotado.

Com base nisso, assinale a opção correta.

- A Terra está em movimento.
- O Sol está em repouso.
- Um passageiro dormindo em um avião em pleno voo está em repouso.
- Se um corpo A está em movimento em relação a um corpo B, então o corpo B está em movimento em relação ao corpo A.
- Se a distância entre dois corpos permanecer constante, então um está parado em relação ao outro.

5. (UFMG) Júlia está andando de bicicleta, com velocidade constante, quando deixa cair uma moeda. Tomás está parado na rua e vê a moeda cair.

Considere desprezível a resistência do ar. Assinale a alternativa em que estão mais bem representadas as trajetórias da moeda, como observadas por Júlia e por Tomás.



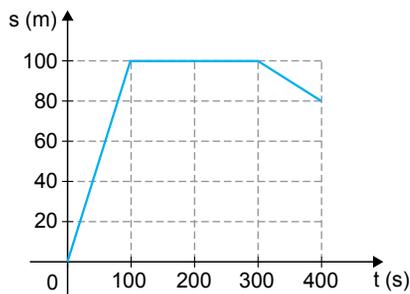
6. (PUC-RS) Dois móveis, A e B, percorrem uma mesma trajetória retilínea, conforme as funções horárias: $s_A = 30 + 20t$ e $s_B = 90 - 10t$, sendo a posição s em metros e o tempo t em segundos. No instante $t = 0$, a distância, em metros, entre os móveis era de:

- 30
- 50
- 60
- 80
- 120

7. (PUC-RS) O instante de encontro, em segundos, entre os móveis A e B do exercício anterior foi:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

8. O gráfico ilustra a posição s , em função do tempo t , de uma pessoa caminhando em linha reta durante 400 segundos. Com base no gráfico, analise as afirmações a seguir.



- Em nenhum instante a pessoa parou.
- O deslocamento da pessoa, durante os 400 s, foi 180 m.
- A distância percorrida pela pessoa, durante os 400 s, foi 120 m.

Está correto apenas o que se afirma em:

- I.
- II.
- III.
- I e II.
- II e III.

9. A velocidade de 90 km/h corresponde a:

- 30 m/s
- 25 m/s
- 20 m/s
- 15 m/s
- 10 m/s

10. (PUC-Campinas-SP) Grandezas físicas importantes na descrição dos movimentos são o espaço (ou posição) e o tempo. Numa estrada, as posições são definidas pelos marcos quilométricos. Às 9h50, um carro passa pelo marco 50 km e, às 10h05, passa pelo marco quilométrico 72. A velocidade escalar média do carro nesse percurso vale, em km/h:

- 44
- 65
- 72
- 80
- 88

11. (Fuvest-SP) Um avião vai de São Paulo a Recife em 1h40. O deslocamento entre essas duas cidades é de aproximadamente 3.000 km.

- Qual a velocidade média do avião em km/h?
- Prove que esse avião é supersônico.
(Dado: velocidade do som no ar = 340 m/s)

12. (Vunesp) Um automóvel desloca-se com velocidade escalar média de 80 km/h durante os primeiros quarenta e cinco minutos de uma viagem de uma hora e com velocidade escalar média de 60 km/h durante o tempo restante. A velocidade escalar média do automóvel, nessa viagem, em km/h, foi igual a:

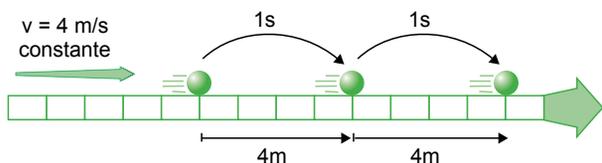
- 60
- 65
- 70
- 75
- 80

Módulo 2 · Movimento uniforme

1. Velocidade escalar constante

Um objeto encontra-se em movimento uniforme, em relação a um determinado referencial, quando a sua velocidade escalar não varia no decorrer do tempo. Devido a isso, o móvel percorre deslocamentos escalares iguais em intervalos de tempos iguais, independentemente da forma de sua trajetória.

A figura a seguir representa um movimento uniforme, em trajetória retilínea, com velocidade escalar constante de 4 m/s.



Observe que a cada 1 s o móvel cumpre deslocamentos escalares iguais de 4 m.

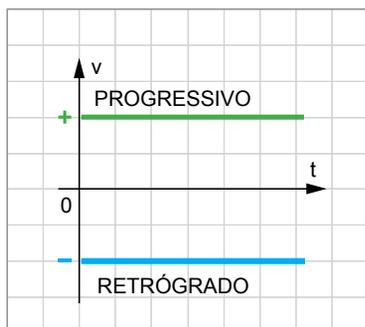
No movimento uniforme, a velocidade escalar instantânea é constante e diferente de zero, sendo igual à velocidade escalar média.

$$\bar{v} = v_m \Rightarrow v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ (constante } \neq 0)$$

Essa velocidade escalar constante terá valor *positivo* quando o movimento for **progressivo** e valor **negativo** quando for **retrógrado**.

2. Diagrama horário da velocidade

Como no movimento uniforme a velocidade linear é constante positiva ou negativa, podemos representá-la por meio do diagrama horário abaixo:

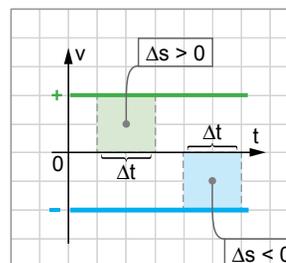


Propriedade

A variação de espaço (Δs) de um movimento uniforme, num intervalo de tempo (Δt), é dada por:

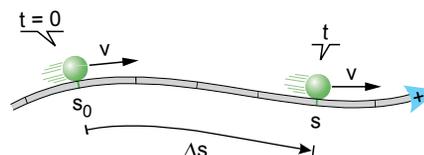
$$\Delta s = v \cdot \Delta t$$

Geometricamente, isto corresponde à área sob o gráfico $v \times t$.



3. Função horária do espaço

Suponha um móvel trafegando com velocidade escalar constante v ao longo de uma trajetória genérica, como ilustra a figura a seguir.



Em destaque na figura, observamos que o móvel no instante $t = 0$ encontra-se no espaço inicial s_0 . Após um tempo t , ele atinge a posição s .

Lembrando que no movimento uniforme o deslocamento escalar é dado por meio da expressão $\Delta s = v \cdot \Delta t$, podemos deduzir sua função horária do espaço assim:

$$\begin{aligned} \Delta s &= v \cdot \Delta t \\ s - s_0 &= v \cdot (t - 0) \\ s - s_0 &= v \cdot t \\ s &= s_0 + v \cdot t \end{aligned}$$

Observe que todo movimento uniforme terá este tipo de função horária do espaço, isto é, trata-se de uma função matemática do **primeiro grau**, em que s_0 e v serão os seus coeficientes **linear** e **angular**, respectivamente.

Como exemplo, veja a tabela a seguir. Ela nos traz a relação espaço-tempo de um objeto em movimento uniforme.

s (m)	2	5	8	11
t (s)	0	1	2	3

Acompanhe os passos a seguir:

1) Pela tabela, temos:

$$\bullet t = 0 \Rightarrow s_0 = 2 \text{ m}$$

$$\bullet v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}$$

2) Montagem da função horária:

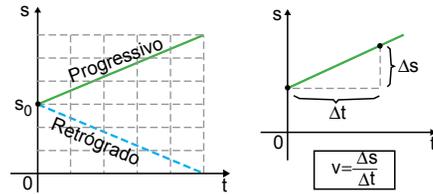
$$s = s_0 + v \cdot t \Rightarrow s = 2 + 3 \cdot t \quad (\text{SI})$$

Repare que esta expressão final relacionará todos os dados da tabela anterior:

- $t = 0 \Rightarrow s = 2 + 3 \cdot (0) = 2 \text{ m}$
- $t = 1 \text{ s} \Rightarrow s = 2 + 3 \cdot (1) = 5 \text{ m}$
- $t = 2 \text{ s} \Rightarrow s = 2 + 3 \cdot (2) = 8 \text{ m}$
-e assim por diante.

4. Diagrama horário do espaço

Já que a função horária do espaço de todo movimento uniforme é do **primeiro grau**, o gráfico espaço x tempo terá a forma de uma **reta inclinada**, a partir do espaço inicial (s_0).

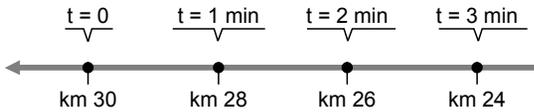


Se for **progressivo** ($v > 0$), o espaço será **crescente** no decorrer do tempo. Se **retrógrado** ($v < 0$), o espaço **decrecerá** com o tempo.

Observe no gráfico que: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{tg } \theta$

Exercícios Resolvidos

1. Um carro se desloca em uma estrada retilínea com velocidade escalar constante. A figura mostra as suas posições, anotadas em intervalos de 1 min, contadas a partir do km 30, onde se adotou $t = 0$.



Responda:

- a) O movimento é progressivo ou retrógrado?
- b) Qual a sua velocidade escalar em km/h?

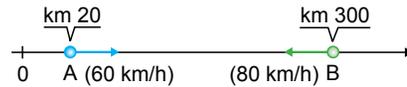
Resposta:

- a) É **retrógrado**, pois suas posições são decrescentes no decorrer do tempo.
- b) Observa-se que a cada minuto o carro retrocede 2 km na rodovia, ou seja, apresenta $\Delta s = -2 \text{ km}$.

Logo:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{-2 \text{ km}}{1 \text{ min}} = \frac{-2 \text{ km}}{\frac{1}{60} \text{ h}} = -120 \text{ km/h}$$

2. Dois carros A e B movimentam-se na mesma rodovia. No instante $t = 0$, suas posições e os respectivos módulos de suas velocidades escalares constantes estão indicadas na figura abaixo. Determine o ponto de encontro dos móveis.



Resposta:

As funções horárias para os carros A e B são:

$$s_A = 20 + 60t \text{ e } s_B = 300 - 80t$$

No ponto de encontro, temos $s_A = s_B$. Então:

$$20 + 60t = 300 - 80t \Rightarrow t = 2,0 \text{ h}$$

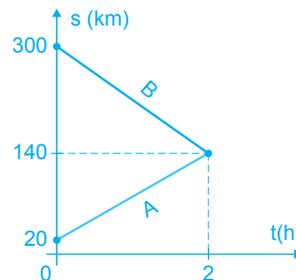
Substituindo $t = 2,0 \text{ h}$ nas equações horárias dos dois carros:

$$s_A = 20 + 60 \cdot (2,0) \Rightarrow s_A = 140 \text{ km}$$

$$s_B = 300 - 80 \cdot (2,0) \Rightarrow s_B = 140 \text{ km}$$

Portanto, o encontro dos carros A e B ocorre no km 140, ou seja, a 140 km da origem dos espaços.

Construindo-se os gráficos $s \times t$ para os dois móveis, percebe-se o processo de encontro ocorrido.



Exercícios de Aplicação

1. (PUC-SP) A distância da Terra ao Sol é de, aproximadamente, $144 \cdot 10^6 \text{ km}$, e a velocidade de propagação da luz no vácuo, 300.000 km/s . Um astrônomo observa com o seu telescópio uma explosão solar. No momento em que a observação é feita, o fenômeno no Sol:

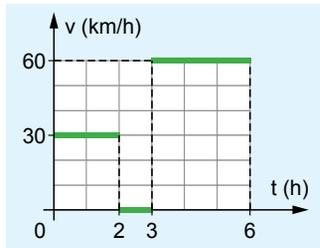
- a) está ocorrendo no mesmo instante.
- b) já ocorreu há 16 segundos.
- c) já ocorreu há 8 segundos.

- d) já ocorreu há 16 minutos.
- e) já ocorreu há 8 minutos.

Resposta: E

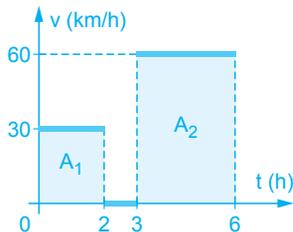
$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{144 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^5} = 480 \text{ s} = 8 \text{ min}$$

2. (Fuvest-SP) Um automóvel faz uma viagem em 6 horas e sua velocidade escalar varia em função do tempo, aproximadamente, como mostra o gráfico. A velocidade escalar média do automóvel na viagem foi de:



- a) 38 km/h
- b) 40 km/h
- c) 45 km/h
- d) 48 km/h
- e) 50 km/h

Resposta: B

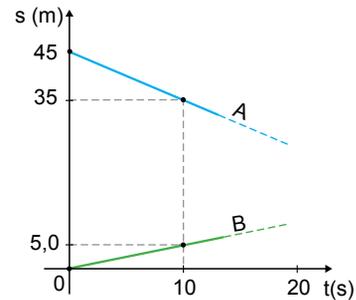


$$\Delta s = A_1 + A_2$$

$$\Delta s = 2 \cdot 30 + 3 \cdot 60 = 240 \text{ km}$$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{240 \text{ km}}{6 \text{ h}} = 40 \text{ km/h}$$

3. (PUCcamp-SP) O movimento dos corpos A e B, que trafegam numa mesma trajetória retilínea, é representado por meio do gráfico posição x tempo anexo. Supondo que os móveis permaneçam em seus estados de movimento, pode-se afirmar que os corpos se encontram no instante:



- a) 40 s
- b) 30 s
- c) 25 s
- d) 20 s
- e) 10 s

Resposta: B

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \begin{cases} v_A = \frac{-10 \text{ m}}{10 \text{ s}} = -1 \text{ m/s} \\ v_B = \frac{5 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 0,5 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$s = s_0 + v \cdot t \begin{cases} s_A = 45 - 1 \cdot t \\ s_B = 0 + 0,5 \cdot t \end{cases}$$

• Encontro $\Rightarrow s_A = s_B$
 $45 - 1 \cdot t = 0,5 \cdot t$
 $1,5 \cdot t = 45$
 $t = 30 \text{ d}$

Exercícios Propostos

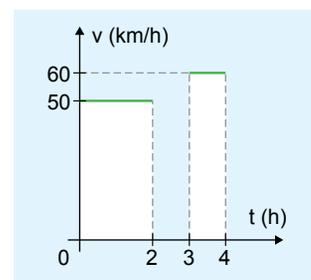
4. (FEI-SP) Em 1946, a distância entre a Terra e a Lua foi determinada pelo radar, cujo sinal viaja a $3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Se o intervalo de tempo entre a emissão do sinal de radar e a recepção do eco foi 2,56 s, qual a distância entre a Terra e a Lua?

- a) $7,68 \cdot 10^8 \text{ m}$
- b) $1,17 \cdot 10^8 \text{ m}$
- c) $2,56 \cdot 10^8 \text{ m}$
- d) $1,17 \cdot 10^8 \text{ m}$
- e) $3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$

5. (Fuvest-SP) Uma composição ferroviária com 19 vagões e uma locomotiva desloca-se a 20 m/s. Sendo o comprimento de cada elemento da composição 10 m, qual é o intervalo de tempo que o trem gasta para ultrapassar completamente:

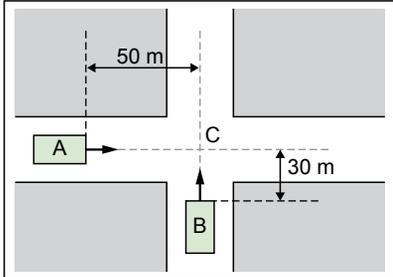
- a) um sinaleiro?
- b) uma ponte de 100 m de comprimento?

6. (ESPM-SP) Considere um automóvel que faz uma viagem em 4 horas e a sua velocidade escalar varia, aproximadamente, segundo o gráfico a seguir. A velocidade escalar média, em km/h, da viagem foi de:



- a) 35
- b) 40
- c) 45
- d) 55
- e) 60

7. (Mackenzie-SP) A figura mostra, em determinado instante, dois carros, A e B, em movimento retilíneo uniforme. O carro A, com velocidade escalar 20 m/s, colide com o B no cruzamento C.



Desprezando-se as dimensões dos automóveis, a velocidade escalar de B é:

- a) 12 m/s
- b) 10 m/s
- c) 8 m/s
- d) 6 m/s
- e) 4 m/s

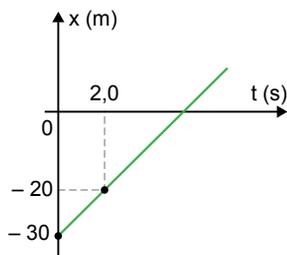
8. (FEI-SP) A posição de uma partícula, ao longo de sua trajetória, varia no tempo conforme a tabela.

s (m)	25	21	17	13	9	5
t (s)	0	1	2	3	4	5

A função horária das posições desse movimento é:

- a) $s = 4 - 25t$
- b) $s = 25 + 4t$
- c) $s = 25 - 4t$
- d) $s = -4 + 25t$
- e) $s = -25 + 4t$

9. (Mackenzie-SP) Um móvel se desloca sobre uma reta conforme o diagrama a seguir.



O instante em que a posição do móvel é definida por $x = 20$ m é:

- a) 6,0 s
- b) 8,0 s
- c) 10 s
- d) 12 s
- e) 14 s

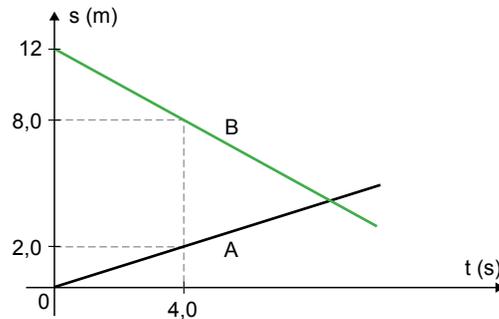
10. (UFSM-RS) Dois ciclistas percorrem, com velocidades constantes, uma pista retilínea. No tempo $t = 0$, o primeiro encontra-se a 10 m da origem e o segundo, a 15 m. Sabendo-se que suas velocidades escalares são, respectivamente, 15 m/s e 10 m/s, o intervalo de tempo decorrido e a distância a partir da origem onde dará o encontro serão:

- a) 1 s e 15 m
- b) 1 s e 25 m
- c) 2 s e 25 m
- d) 2 s e 50 m
- e) 3 s e 25 m

11. (Fuvest-SP) Marta e Pedro combinaram encontrar-se em um certo ponto de uma autoestrada plana, para seguirem viagem juntos. Marta, ao passar pelo marco zero da estrada, constatou que, mantendo uma velocidade média de 80 km/h, chegaria na hora certa ao ponto de encontro combinado. No entanto, quando ela já estava no marco do quilômetro 10, ficou sabendo que Pedro tinha se atrasado e, só então, estava passando pelo marco zero, pretendendo continuar sua viagem a uma velocidade média de 100 km/h. Mantendo essas velocidades, seria previsível que os dois amigos se encontrassem próximos a um marco da estrada com indicação de:

- (a) 20 km
- (b) 30 km
- (c) 40 km
- (d) 50 km
- (e) 60 km

12. (ESPM-SP) Dois móveis, A e B, descrevem movimentos uniformes numa mesma trajetória retilínea e suas posições são representadas a seguir:



O encontro entre os móveis ocorrerá no instante:

- a) 4,0 s
- b) 6,0 s
- c) 8,0 s
- d) 10 s
- e) 12 s

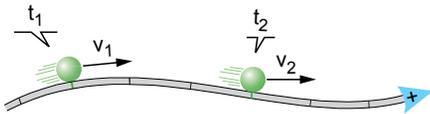
Módulo 3 · Aceleração escalar

1. Aceleração escalar média

A aceleração escalar é a grandeza física que nos indica o **ritmo** com que a velocidade escalar de um móvel varia.

A aceleração escalar média corresponde à aceleração escalar que o móvel poderia ter mantido constante num certo intervalo de tempo. Por definição, ela é calculada assim:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$



No Sistema Internacional (SI), a unidade para a aceleração escalar média é o metro por segundo por segundo (m/s^2), que abreviamos por m/s^2 . Outras unidades podem ser utilizadas, tais como cm/s^2 e km/h^2 .

A aceleração escalar média apresenta o mesmo sinal da variação de velocidade escalar instantânea (Δv), pois o intervalo de tempo (Δt) é sempre positivo.

Quando informamos que num certo intervalo de tempo o móvel teve uma aceleração escalar média de 2 m/s^2 , isto significa que em média a sua velocidade escalar esteve aumentando de 2 m/s a cada segundo. Em contrapartida, se ela fosse de -2 m/s^2 , isso indicaria que a velocidade escalar do móvel esteve diminuindo em média de 2 m/s a cada segundo.

2. Aceleração escalar instantânea

É a aceleração que um móvel possui em cada instante de movimento.

Tomemos a definição da aceleração escalar média $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ e consideremos um intervalo de tempo muito pequeno, próximo de zero. Nessas condições, quanto mais próximo de zero for o intervalo de tempo, mais a aceleração escalar média aproxima-se da instantânea.

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \text{ com } \Delta t \text{ próximo de zero.}$$

Em movimentos nos quais a velocidade escalar instantânea varia de quantidades iguais em intervalos de tempo iguais, a aceleração escalar é uma **constante** e, portanto, as

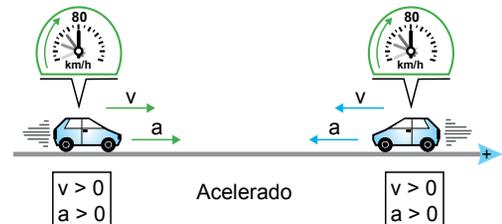
acelerações escalares instantânea e média apresentam o mesmo valor. Nestes casos, usamos o termo **aceleração escalar** sem necessidade de especificar se é média ou instantânea.

3. Classificação

De modo geral, podemos detalhar esses casos assim:

3.1. Movimento acelerado

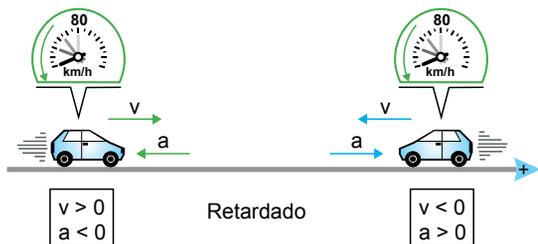
É aquele em que o **módulo** da velocidade escalar instantânea **aumenta** no decorrer do tempo.



Para que isto ocorra, a aceleração e a velocidade devem ter o mesmo sentido, ou seja, os valores escalares de v e a possuem o **mesmo sinal**.

3.2. Movimento retardado

É aquele em que o **módulo** da velocidade escalar instantânea **diminui** no decorrer do tempo.



Para que isto ocorra, a aceleração e a velocidade devem ter sentidos opostos, ou seja, os valores escalares de v e a possuem o **sinais opostos**.

3.3. Movimento uniforme

É o movimento em que o valor da velocidade escalar (não nula) se mantém **constante** e isso ocorre quando a aceleração escalar for **nula** ($a = 0$).

Exercícios Resolvidos

1. Uma motocicleta parte do repouso e em 5 s sua a velocidade escalar atinge 72 km/h . Calcule, nessa arrancada, a aceleração escalar média do móvel com unidades no SI.

Resposta:

Antes de substituir na fórmula da aceleração, devemos converter a velocidade da moto para m/s . Ou seja:

$$v_0 = 0$$

$$v = 72 \text{ km/h} = \frac{72}{3,6} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 5 \text{ s}$$

$$a_m = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{20 - 0}{5} \Rightarrow a_m = 4 \text{ m/s}^2$$

2. Dada a equação da velocidade de um móvel em função do tempo $v = 12 - 3 \cdot t$, com unidades no SI, responda se o movimento é acelerado ou retardado, nos seguintes intervalos de tempo:

- a) entre os instantes 1 s e 3 s;
b) entre os instantes 4 s e 6 s.

Resposta:

- a) • $t_1 = 1 \text{ s} \Rightarrow v_1 = 12 - 3 \cdot 1 = 9 \text{ m/s}$
• $t_2 = 3 \text{ s} \Rightarrow v_2 = 12 - 3 \cdot 3 = 3 \text{ m/s}$

Exercícios de Aplicação

1. Numa pista de prova, um carro parte do repouso e atinge a velocidade escalar de 108 km/h (30 m/s) após 6 segundos. Imediatamente, o motorista freia de modo que o carro pare num intervalo de 5 segundos.

- a) Determine a aceleração escalar média do carro em cada etapa de movimento: na arrancada (primeiros 6 s) e na frenada (últimos 5 s).
b) Complete a tabela a seguir, imaginando serem constantes suas acelerações escalares em cada etapa.

v(m/s)	0					30					0	
t(s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Resposta:

- a) • Na arrancada:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{30 - 0}{6} = 5 \text{ m/s}^2$$

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 30}{5} = -6 \text{ m/s}^2$$

b)

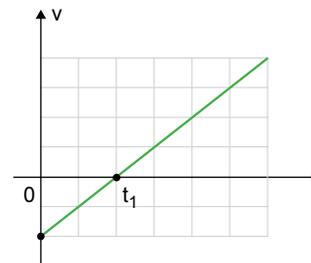
v (m/s)	0	5	10	15	20	25	30	24	18	12	6	0
t (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Nesse intervalo de tempo, a velocidade é positiva e **diminui** seu valor em módulo, portanto o movimento é **progressivo** e **retardado**.

- b) • $t_3 = 4 \text{ s} \Rightarrow v_3 = 12 - 3 \cdot 4 = 0 \text{ m/s}$
• $t_4 = 6 \text{ s} \Rightarrow v_4 = 12 - 3 \cdot 6 = -6 \text{ m/s}$

Nesse intervalo de tempo, a velocidade torna-se negativa e **aumenta** seu valor em módulo, portanto o movimento é **retrógrado** e **acelerado**.

2. (UEL-PR) A seguir está representado o gráfico da velocidade escalar (v) de um ponto material em função do tempo (t).



Sobre esse movimento, é correto afirmar que:

- a) é sempre acelerado.
b) é sempre retardado.
c) não muda de sentido.
d) no início é retardado e após t_1 é acelerado.
e) no início é acelerado e após t_1 é retardado.

Resposta: D

Nota-se, pelo gráfico, que a velocidade escalar do ponto material é crescente, isto é, sua aceleração escalar é sempre positiva ($a > 0$). Comparando os sinais de v e a , temos:

- no início $\rightarrow v < 0$ e $a > 0$ retardado
- após $t_1 \rightarrow v > 0$ e $a > 0$ acelerado

3. (Mackenzie-SP) Ao abandonarmos uma pequena esfera de aço do telhado de um prédio localizado no centro da cidade de São Paulo, ela passa a ter uma aceleração de módulo $9,78 \text{ m/s}^2$. Desprezando-se a resistência do ar, o módulo da velocidade da esfera:

- a) passará a ser constante após atingir o valor de $9,78 \text{ m/s}$.
b) diminui de $9,78 \text{ m/s}$ a cada segundo de queda.
c) aumenta de $9,78 \text{ m/s}$ a cada segundo de queda.
d) é de $9,78 \text{ m/s}$ ao chegar ao solo.
e) aumenta à razão de $9,78 \text{ m/s}$ a cada metro de queda.

Resposta: C

A aceleração constante de $9,78 \text{ m/s}^2$ significa que a velocidade da esfera aumenta de $9,78 \text{ m/s}$ a cada 1 s de queda. Essa aceleração é denominada gravidade.

Exercícios Propostos

4. (Unirio-RJ) Caçador nato, o guepardo é uma espécie de mamífero que reforça a tese de que os animais predadores estão entre os bichos mais velozes da natureza. Afinal, a velocidade é essencial para os que caçam outras espécies em busca de alimentação. O guepardo é capaz de, saindo do repouso e correndo em linha reta, chegar à velocidade de 72 km/h em apenas 2,0 segundos, o que nos permite concluir, em tal situação, ser o módulo de sua aceleração média, em m/s^2 , igual a:

- a) 10
- b) 15
- c) 18
- d) 36
- e) 50

5. (FEI-SP) Uma motocicleta, com velocidade escalar de 90 km/h, tem seus freios acionados bruscamente e para após 25 s. Qual é o módulo da aceleração que os freios aplicaram na motocicleta?

- a) $1 m/s^2$
- b) $25 m/s^2$
- c) $90 m/s^2$
- d) $2.250 m/s^2$
- e) $3,6 m/s^2$

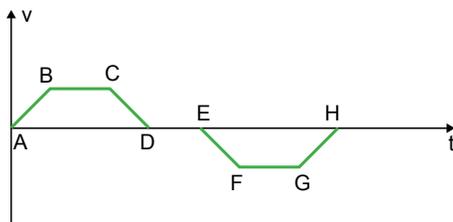
6. (UFPE) Um carro está viajando numa estrada retilínea com a velocidade de 72 km/h. Vendo adiante um congestionamento no trânsito, o motorista aplica os freios durante 2,5 s e reduz a velocidade para 54 km/h. Supondo que a aceleração é constante durante o período de aplicação dos freios, calcule o seu módulo em m/s^2 .

- a) 1,0
- b) 1,5
- c) 2,0
- d) 2,5
- e) 3,0

7. (Unirio-RJ) Numa rodovia, um motorista dirige com velocidade $v = 20 m/s$, quando avista um animal atravessando a pista. Assustado, o motorista freia bruscamente e consegue parar 5,0 segundos após e a tempo de evitar o choque. A aceleração média de frenagem foi, em m/s^2 , de:

- a) 2,0
- b) 4,0
- c) 8,0
- d) 10
- e) 20

8. (Mackenzie-SP) O gráfico a seguir indica a velocidade, em função do tempo, de um corpo que se movimenta sobre uma trajetória retilínea. Assinale a alternativa correta.



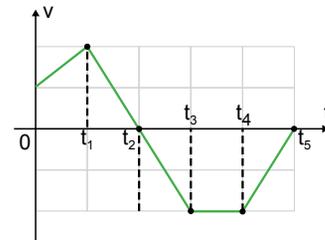
(Obs. - O ponto A é a origem dos eixos.)

- a) O movimento é acelerado nos trechos AB e GH.
- b) O movimento é acelerado nos trechos AB e CD.
- c) O movimento é acelerado o tempo todo.
- d) O movimento é retardado nos trechos CD e GH.
- e) O móvel está parado nos trechos BC, DE e FG.

9. (UCG-GO) Se o movimento de uma partícula é retrógrado e retardado, então a aceleração escalar da partícula é:

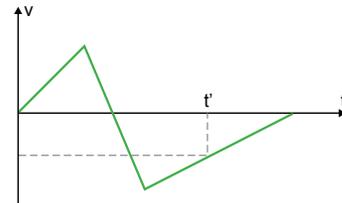
- a) nula.
- b) constante
- c) variável.
- d) positiva.
- e) negativa.

10. (UFRJ) Um móvel, em movimento retilíneo, tem velocidade escalar v variando com o tempo t , de acordo com o gráfico. Podemos afirmar que, entre os instantes:



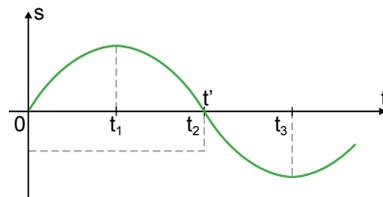
- a) 0 e t_1 , o movimento é retrógrado acelerado.
- b) t_1 e t_2 , o movimento é progressivo acelerado.
- c) t_2 e t_3 , o movimento é retrógrado acelerado.
- d) t_3 e t_4 , o móvel está parado.
- e) t_4 e t_5 , o movimento é progressivo retardado.

11. (FEI-SP) Dado o gráfico da velocidade v em função do tempo t , no instante t' , podemos afirmar que o movimento é:



- a) uniforme.
- b) progressivo acelerado.
- c) retrógrado acelerado.
- d) retrógrado retardado.
- e) progressivo retardado.

12. (Ufal) Analise as afirmações sobre o movimento, cujo gráfico da posição x tempo é representado abaixo, indicando se são verdadeiras (V) ou falsas (F).



- () O movimento é acelerado de 0 a t_1 .
- () O movimento é acelerado de t_1 a t_2 .
- () O movimento é retardado de t_2 a t_3 .
- () A velocidade escalar é positiva de 0 a t_2 .
- () A velocidade escalar é negativa de t_1 a t_3 .

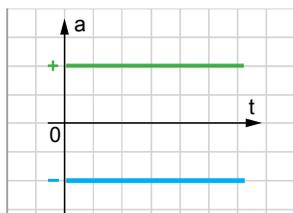
Módulo 4 · Movimento uniformemente variado

1. Aceleração escalar constante

Um objeto encontra-se em movimento uniformemente variado (MUV) quando a sua velocidade escalar varia de quantidades iguais em intervalos de tempo iguais. Nestas condições, podemos dizer que a aceleração escalar média coincide com o valor da aceleração escalar instantânea e podemos chamá-la simplesmente de **aceleração escalar (a)**.

$$a = a_m \Rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ (cte } \neq 0 \text{)}$$

Como no movimento uniformemente variado a aceleração escalar é constante positiva ou negativa, podemos representá-la através do diagrama horário abaixo:

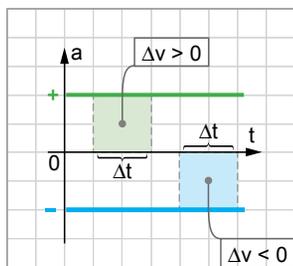


Propriedade

A variação de velocidade (Δv) de um MUV, num intervalo de tempo (Δt), é dada por:

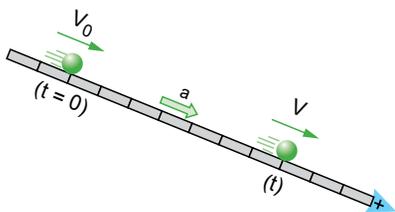
$$\Delta v = a \cdot \Delta t$$

Geometricamente, isto corresponde à **área** sob o gráfico $a \times t$.



2. Função horária da velocidade

Considere um móvel trafegando em movimento uniformemente variado, com aceleração escalar a .



Em destaque na figura acima, observamos que o móvel no instante $t = 0$ possui velocidade escalar inicial v_0 . Após um tempo t , ele atinge a velocidade escalar v .

Lembrando que $\Delta v = a \cdot \Delta t$, podemos deduzir a função horária de sua velocidade assim:

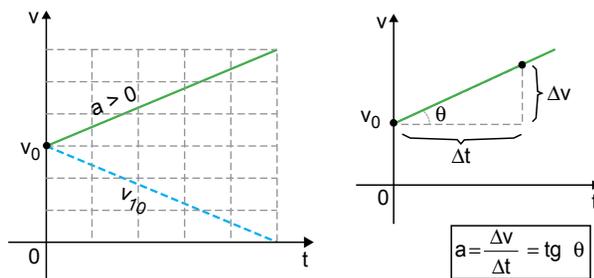
$$\Delta v = a \cdot \Delta t$$

$$v - v_0 = a \cdot (t - 0) \Rightarrow v = v_0 + a \cdot t$$

Observe que todo MUV terá esse tipo de função, isto é, trata-se de uma função matemática do 1º grau, sendo que v_0 e a correspondem aos seus coeficientes linear e angular, respectivamente.

3. Diagrama horário da velocidade

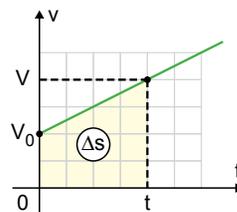
Já que a função horária da velocidade de todo MUV é do primeiro grau, o gráfico velocidade \times tempo terá a forma de uma **reta inclinada**, a partir da velocidade inicial v_0 .



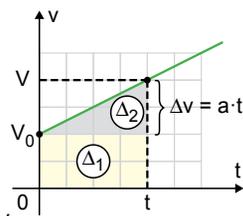
Observe no gráfico que: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{tg } \theta$

4. Deslocamento escalar

Analogamente ao que ocorreu no estudo de movimento uniforme, a **área** compreendida entre o gráfico $v \times t$ e o eixo dos tempos expressa o deslocamento **escalar** ocorrido no intervalo de tempo escolhido.



Entre os instantes 0 e t , a área do trapézio destacado no gráfico acima representa o deslocamento escalar efetuado pelo MUV. Podemos, para facilitar o cálculo, dividir o trapézio em um retângulo e um triângulo, de forma que, somando-se suas respectivas áreas, teremos o deslocamento (Δs).



$$A_1 = v_0 \cdot t$$

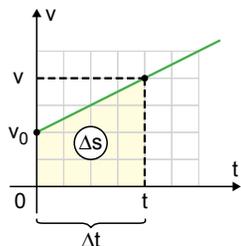
$$A_2 = \frac{a}{2} \cdot t^2$$

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Essa expressão horária do 2º grau, denominada função horária do deslocamento, permite calcular o deslocamento escalar ocorrido entre o instante inicial ($t = 0$) e um instante final (t) qualquer, bastando que se conheça a velocidade escalar inicial (v_0) do móvel e a sua aceleração escalar (a).

5. Velocidade escalar média

Sabemos que a razão $\Delta s/\Delta t$ fornece a velocidade escalar média de qualquer movimento. Entretanto, no MUV, ela também pode ser calculada por meio da média aritmética das velocidades instantâneas inicial (v_0) e final (v). Observe a demonstração a seguir:



$\Delta s = \text{área do trapézio}$

$$\Delta s = \left(\frac{v_0 + v}{2} \right) \cdot \Delta t$$

$$v_m = \frac{v_0 + v}{2}$$

Por meio da velocidade escalar média calculada, podemos também determinar o deslocamento escalar acontecido. Por exemplo, um carro em MUV que varia sua velocidade escalar de 15 m/s para 25 m/s, num prazo de 4,0 segundos, desloca:

$$\Delta s = v_m \cdot \Delta t$$

$$\Delta s = \left(\frac{v_0 + v}{2} \right) \cdot \Delta t = \left(\frac{15 + 25}{2} \right) \cdot 4,0 \Rightarrow \Delta s = 80 \text{ m}$$

6. Equação de Torricelli

A equação de Torricelli é uma expressão que relaciona as três grandezas fundamentais do MUV: velocidade, aceleração e variação de espaço, independentemente do tempo.

A determinação da equação de Torricelli é feita a partir da fusão das funções horárias da velocidade e do deslocamento, com a eliminação da grandeza tempo. Observe:

$$v = v_0 + a \cdot t \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$$

Substituindo esse valor de t na função horária do deslocamento, temos:

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

$$\Delta s = v_0 \cdot \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2$$

Desenvolvendo a expressão acima, vem:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

7. Função horária do espaço

Podemos obter a relação espaço-tempo do MUV por meio da função horária do deslocamento, já demonstrada. Observe:

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

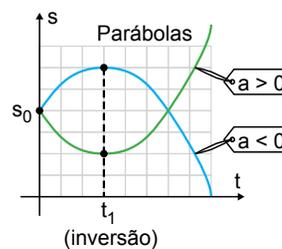
$$s - s_0 = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Portanto, todo movimento uniformemente variado possui função horária do espaço do segundo grau, sendo s_0 , v_0 e $a/2$ os coeficientes da função.

8. Diagrama horário do espaço

A representação gráfica de toda função matemática do segundo grau é uma parábola. Como a função horária do espaço do MUV é do 2º grau, o gráfico $s \times t$ será parabólico.



A concavidade da parábola do gráfico $s \times t$ será voltada **para cima** quando a aceleração escalar do MUV for **positiva**. Se a aceleração escalar for **negativa**, a concavidade da parábola será voltada para baixo.

Repare que o vértice da parábola, do gráfico $s \times t$ acima, ocorre no instante (t_i) de inversão do sentido de movimento (o móvel deixa de ser progressivo para ser retrógrado, ou vice-versa). Dessa forma, o instante do vértice da parábola, no gráfico $s \times t$, sempre representa o momento em que a velocidade do móvel é **nula**.

Exercícios Resolvidos

1. Um automóvel com velocidade escalar de 90 km/h (ou seja, 25 m/s) é freado uniformemente e vem a parar após 10 s. Analisando esta frenagem, calcule:

- a) a aceleração escalar do carro;
b) seu deslocamento escalar até parar.

Resposta:

a) $v = v_0 + a \cdot t$
 $0 = 25 + a \cdot 10 \Rightarrow a = -2,5 \text{ m/s}^2$

b) $\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$

$$\Delta s = 25 \cdot 10 + \frac{-2,5}{2} \cdot 10^2 \Rightarrow \Delta s = 125 \text{ m}$$

Podemos também calcular o deslocamento escalar sem utilizar a aceleração escalar. Observe:

$$\Delta s = v_m \cdot \Delta t = \left(\frac{v_0 + v}{2} \right) \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta s = \left(\frac{25 + 0}{2} \right) \cdot 10$$

$$\Delta s = 125 \text{ m}$$

2. Um carro parte do repouso com uma aceleração escalar constante de 2,0 m/s² e percorre 25 m. Nesse percurso:

- a) Qual a velocidade escalar final atingida pelo carro?
b) Qual a sua velocidade escalar média?

Resposta:

a) Nota-se pelos dados a ausência da grandeza tempo. Logo, devemos determinar a velocidade atingida através de uma equação não horária. Usando a equação de Torricelli, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

$$v^2 = 0^2 + 2 \cdot 2 \cdot 25 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$

b) $v_m = \frac{v_0 + v}{2} \Rightarrow$

$$v_m = \frac{0 + 10}{2} \Rightarrow v_m = 5,0 \text{ m/s}$$

Exercícios de Aplicação

1. (Fuvest-SP) Um veículo parte do repouso, em movimento retilíneo, e acelera à razão constante de 2 m/s². Pode-se dizer que sua velocidade e a distância percorrida, após 3 s, valem, respectivamente:

- a) 6 m/s e 9 m
b) 6 m/s e 18 m
c) 3 m/s e 12 m
d) 12 m/s e 36 m
e) 2 m/s e 2 m

Resposta: A

1. $v = v_0 + a \cdot t$
 $v = 0 + 2 \cdot 3 \Rightarrow v = 6 \text{ m/s}$

2. $\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$

$$d = 0 \cdot 3 + \frac{2}{2} \cdot 3^2 \Rightarrow d = 9 \text{ m}$$

2. (Vunesp) Durante uma viagem pelo interior de São Paulo, um motorista de carro desloca-se retilineamente com velocidade escalar constante de 72 km/h, quando vê uma vaca parada no meio da pista, a 100 m de distância. Imediatamente ele aciona os freios, adquirindo uma aceleração escalar constante de módulo 5,0 m/s². Pode-se afirmar que o motorista:

- a) não conseguirá evitar a colisão com o animal.
b) conseguirá parar o carro exatamente na frente do animal.
c) conseguirá parar o carro a 60 m do animal.
d) conseguirá parar o carro a 50 m do animal.
e) conseguirá parar o carro a 40 m do animal.

Resposta: C

- $v_0 = \frac{72}{3,6} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$

- $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$

$$0^2 = 20^2 + 2 \cdot (-5) \cdot \Delta s \Rightarrow \Delta s = 40 \text{ m}$$

- Logo, o carro para a uma distância da vaca igual a $d = 100 \text{ m} - 40 \text{ m} \Rightarrow d = 60 \text{ m}$.

3. (UFRJ) Um ponto material descreve uma trajetória retilínea em relação a um sistema de referência e sua função horária do espaço é dada por:

$$s = 3 + 5t + t^2 \text{ (s em metros e t em segundos)}$$

Podemos afirmar que a sua velocidade inicial e a sua aceleração escalar são, respectivamente:

- a) 3 m/s e 5 m/s² d) 3 m/s e 10 m/s²
b) 5 m/s e 2 m/s² e) 5 m/s e 0,5 m/s²
c) 5 m/s e 1 m/s²

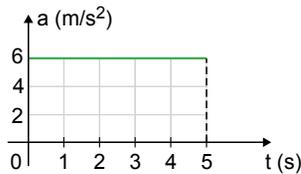
Resposta: B

Por comparação, temos:

$$\begin{cases} s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2 \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\ s = 3 + 5 \cdot t + 1 \cdot t^2 \end{cases} \therefore v = 5 \text{ m/s e } a = 2 \text{ m/s}^2$$

Exercícios Propostos

4. (Cefet-MG) Um móvel parte do repouso, desloca-se em movimento retilíneo sobre um plano horizontal e tem sua aceleração (a) em função do tempo (t) descrita pelo gráfico.



A velocidade, em m/s, e a distância percorrida, em m, até o instante $t = 5$ s são, respectivamente:

- a) 6 e 75. c) 15 e 150. e) 30 e 150.
b) 6 e 150. d) 30 e 75.

5. (UFSCar-SP) Em um piso horizontal um menino dá um empurrão em seu caminhãozinho de plástico. Assim que o contato entre o caminhãozinho e a mão do menino é desfeito, observa-se que em um tempo de 6,0 s o brinquedo foi capaz de percorrer uma distância de 9,0 m até cessar o movimento. Se a desaceleração do caminhãozinho se manteve constante, a velocidade inicial obtida após o empurrão, em m/s, foi de

- a) 1,5. c) 4,5. e) 9,0.
b) 3,0. d) 6,0.

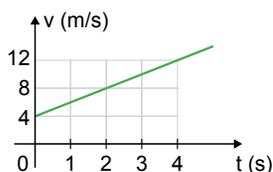
6. (Unicamp-SP) Um corredor de 100 metros rasos percorre os 20 primeiros metros da corrida em 4,0 s com aceleração constante. A velocidade atingida ao final dos 4,0 s é então mantida constante até o final da corrida.

- a) Qual é a aceleração do corredor nos primeiros 20 m da corrida?
b) Qual é a velocidade atingida ao final dos primeiros 20 m?
c) Qual é o tempo total gasto pelo corredor em toda a prova?

7. (PUCCamp-SP) Um automóvel parte do repouso no instante $t = 0$ e acelera uniformemente com $5,0 \text{ m/s}^2$, durante 10 s. A velocidade escalar média do automóvel entre os instantes $t = 6,0$ s e $t = 10$ s, em m/s, foi de:

- a) 40 c) 30 e) 20
b) 35 d) 25

8. (UFPE) O gráfico da velocidade em função do tempo de um ciclista, que se move ao longo de uma pista retilínea, é mostrado abaixo.

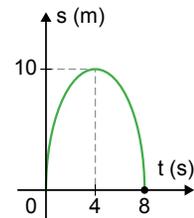


Considerando que ele mantém a mesma aceleração entre os instantes $t = 0$ e $t = 7$ segundos, determine a distância percorrida neste intervalo de tempo. Expresse sua resposta em metros.

9. (Mackenzie-SP) Um trem de 100 m de comprimento, com velocidade escalar de 30 m/s, começa a frear com aceleração escalar constante de módulo $2,0 \text{ m/s}^2$, no instante em que inicia a ultrapassagem de um túnel. Esse trem para no momento em que seu último vagão está saindo do túnel. O comprimento do túnel é:

- a) 25 m
b) 50 m
c) 75 m
d) 100 m
e) 125 m

10. (ESPM-SP) O movimento uniformemente variado de uma partícula é representado pelo gráfico posição x tempo adiante:



Podemos afirmar que a velocidade escalar inicial vale:

- a) 1,25 m/s
b) 2,5 m/s
c) 5,0 m/s
d) 10 m/s
e) 40 m/s

11. (PUC-SP) Duas partículas, A e B, movem-se numa mesma trajetória retilínea, de modo que suas posições obedecem às equações: $s_A = 10 + 4t$ e $s_B = 2t^2$, em que s_A e s_B são medidos em metros e t em segundos. Pode-se afirmar que:

- a) o movimento de A é acelerado.
b) o movimento de B é uniforme.
c) a aceleração de A é de 4 m/s^2 .
d) a aceleração de B é de 4 m/s^2 .
e) os móveis estarão juntos no instante $t = 2$ s.

12. (UFPE) A equação horária, durante os primeiros 8 segundos, de um ciclista que se move ao longo de uma pista reta é dada por $x = 4t + t^2$, com x medido em metros e t , em segundos. Qual a sua velocidade no instante $t = 8,0$ s? Expresse sua resposta em km/h.