

## II- CONCEITOS BÁSICOS DE CINEMÁTICA

### 2.1- MOVIMENTO, REPOUSO E REFERENCIAL

Um carro passa pela rua. Se nos perguntarem se o carro está em movimento, responderemos que sim. Da mesma forma, para um carro estacionado afirmaremos, sem hesitação, que ele está parado.

Analisemos os mesmos fatos, de outra maneira:

a) Em relação a uma pessoa parada que observa a rua, o carro que passa está em movimento. Mas para duas pessoas que conversam tranqüilamente no banco traseiro do carro, este não se afasta nem se aproxima delas. Portanto, em relação a essas pessoas, o carro está parado.

b) O carro estacionado, parado em relação ao solo, na verdade está se movendo junto com a Terra ao redor do Sol; além disso, move-se junto com nossa galáxia e com o Universo.

Esses e outros fatos semelhantes nos mostram que, antes de iniciar o estudo do movimento de um corpo, é necessário estabelecer *pontos de referência* ou *referenciais* em relação aos quais consideremos os movimentos a serem analisados. Com efeito, um corpo pode estar ao mesmo tempo em repouso em relação a um referencial e em movimento em relação ao outro.

Diremos que um móvel está em movimento em relação a certo referencial quando o móvel sofre um *deslocamento* em relação ao mesmo referencial, isto é, quando há uma variação da posição do móvel em função do tempo decorrido.

É possível haver movimento em relação a certo referencial sem que o móvel se aproxime ou se afaste do mesmo. É o caso de um móvel em movimento circular, quando o referencial adotado é o centro da trajetória. Sua posição (vetor) varia com o tempo, mas a distância do móvel em relação ao centro da trajetória não varia.

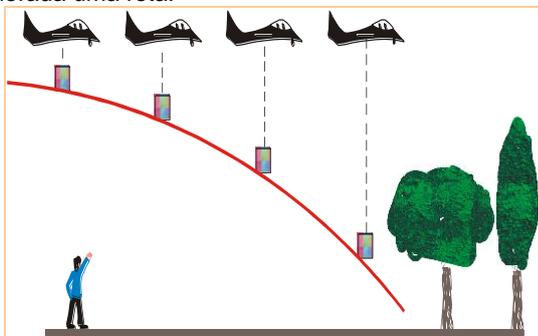
### 2.2- TRAJETÓRIA

**Trajétoria** de um móvel é o conjunto dos pontos ocupados pelo móvel no correr de seu movimento.

Com relação à trajetória você deve saber que:

a) A trajetória determina uma das características do movimento. Poderemos ter movimentos retilíneos, circulares, parabólicos etc., em função da trajetória seguida pelo móvel.

b) A trajetória depende do referencial adotado. No caso de um corpo solto de um avião que se move horizontalmente com velocidade constante, para um observador fixo ao solo, a trajetória é parabólica, ao passo que para o piloto a trajetória é considerada uma reta.



### 2.3- DISTÂNCIA PERCORRIDA

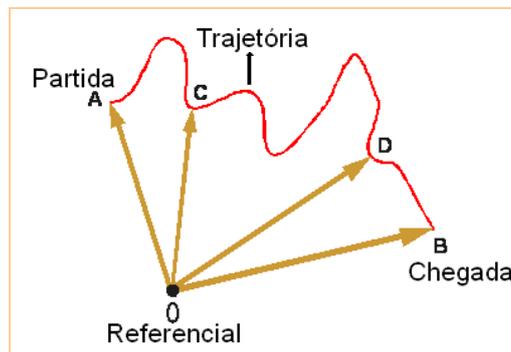
Em nosso estudo de cinemática chamaremos distância percorrida pelo móvel à medida associada à trajetória realmente descrita por ele.

O odômetro colocado junto ao velocímetro do carro mede o caminho percorrido por ele. A indicação do odômetro não depende do tipo de trajetória e nem de sua orientação. Por esse motivo consideramos a grandeza *distância percorrida* como a *grandeza escalar*, a qual indica uma medida associada à trajetória realmente seguida.

### 2.4- POSIÇÃO DE UM MÓVEL

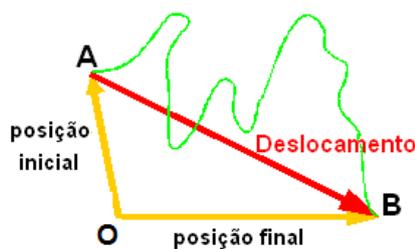
Definimos *vetor posição* (ou apenas *posição*) de um móvel em relação a certo referencial como sendo o vetor que tem origem no referencial e extremidade no ponto onde se encontra o móvel.

No esquema abaixo é apresentado um móvel que sai do ponto **A** e vai até o ponto **B**, descrevendo uma trajetória irregular. O vetor **AO** é o vetor posição inicial ao vetor **OB** é o vetor posição final. Em cada instante do movimento teremos outros vetores (**OC**, **OD**) que indicam a posição do móvel. É importante que fique claro, para você, a característica do vetor posição: tem sua origem no referencial, que pode ou não coincidir com o ponto de partida.



### 2.5- VETOR DESLOCAMENTO

Definimos *vetor deslocamento* (ou apenas *deslocamento*) de um móvel em relação a certo referencial como sendo a variação do vetor posição em relação a esse mesmo referencial.

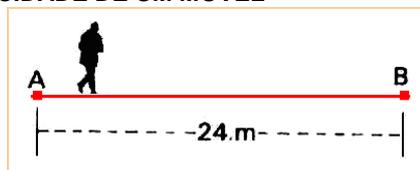


No esquema acima mostramos a trajetória de um móvel que parte do ponto **A** e se desloca até o ponto **B**.

**AO** é o vetor posição inicial, **OB** o final de **AB** o vetor deslocamento desse móvel.

O vetor deslocamento tem sua origem no ponto onde o móvel inicia seu movimento e sua extremidade onde termina o mesmo movimento. Quando o ponto de partida coincide com o referencial, o vetor deslocamento coincide com o vetor posição.

### 2.6- VELOCIDADE DE UM MÓVEL



Um móvel deve deslocar-se de um ponto **A** até um ponto **B**, em linha reta. Os pontos distam 24 m um do outro. O trajeto pode ser feito em 2, 3, 4, 6, 12, 24 ou mais segundos. Dependendo do tempo de percurso, teremos maior ou menor “rapidez” no deslocamento do móvel. Estas considerações nos permitem chegar ao conceito de uma grandeza física que relaciona o *deslocamento* com o *tempo* decorrido. Esta grandeza física chama-se *velocidade*.

**OBS:** Usaremos termo velocidade escalar apesar de considerá-lo inadequado. O seu uso foi mantido em função dos processos seletivos para ingresso nas instituições superiores e da prova do ENEM. A velocidade é uma grandeza vetorial, logo tem módulo, direção e sentido, e não tem significado físico chamar uma grandeza vetorial de escalar. O termo velocidade escalar média (que consideramos inadequado) deveria ser substituído por rapidez.

Lembrando que entre **A** e **B** podemos considerar a grandeza escalar distância percorrida e a grandeza vetorial deslocamento, apresentamos duas considerações para velocidade:

**1º. Velocidade escalar média (Rapidez média)**

A rapidez (velocidade escalar) é uma medida da rapidez do movimento de um objeto e é medida por uma unidade de distância dividida por uma unidade de tempo (rapidez = distância / tempo).

Chamamos velocidade *escalar* média – rapidez média – ( $V_m$ ) à razão entre a distância total percorrida (d) e o tempo gasto ( $\Delta t$ ) para percorrê-lo.

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

**2º. Velocidade média**

Chamamos *vetor* velocidade média ou simplesmente velocidade média ( $V_m$ ) à razão entre o deslocamento ( $\Delta x$ ) do móvel e o tempo decorrido ( $\Delta t$ ) nesse deslocamento.

$$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

No SI (sistema internacional) consideramos o metro por segundo (m/s) a unidade da velocidade. Usam-se, na prática, outras unidades de velocidade: Km/min, Km/s, m/s, m/min, m/h, etc.

Para transformar uma velocidade em km/h para m/s, devemos dividir a velocidade por 3,6. Para transformar uma velocidade em m/s para km/h, devemos multiplicar a velocidade por 3,6.

**2.7- RAPIDEZ (VELOCIDADE ESCALAR) INSTANTÂNEA**

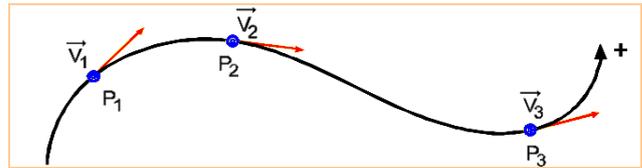
É a grandeza cujo valor absoluto indica a rapidez de um corpo num determinado instante.

**Movimento:**

- no sentido da trajetória ( $v > 0$ ) = *progressivo*
- no sentido oposto ao da trajetória ( $v < 0$ ) = *retrogrado*
- Quando a velocidade escalar instantânea é nula, não significa, obrigatoriamente, que o móvel está em repouso – pode estar ocorrendo, naquele instante, uma inversão no sentido do movimento, situação em que o móvel pára momentaneamente e retorna em sentido contrário ao inicial.

**2.8- VELOCIDADE VETORIAL INSTANTÂNEA**

O vetor velocidade instantânea ou simplesmente velocidade instantânea  $\vec{V}$  de um corpo indica com que rapidez, em que direção e em que sentido ele se move num instante t qualquer. Tem direção tangente à trajetória.



**2.9- ACELERAÇÃO DE UM MÓVEL**

A velocidade de um móvel, normalmente, é variável. Esta idéia nos permite estabelecer uma nova grandeza física associada à variação da velocidade e ao tempo decorrido nessa variação. Essa grandeza é a *aceleração*.

**Aceleração** de um movimento é a razão entre a variação da velocidade e o tempo decorrido.

**a) Aceleração escalar média**

A aceleração escalar média é a razão entre a variação da velocidade escalar instantânea (rapidez instantânea) e o correspondente intervalo de tempo.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

**b) Aceleração vetorial:**

Quando um corpo se move, tanto o módulo quanto a direção de sua velocidade podem variar.

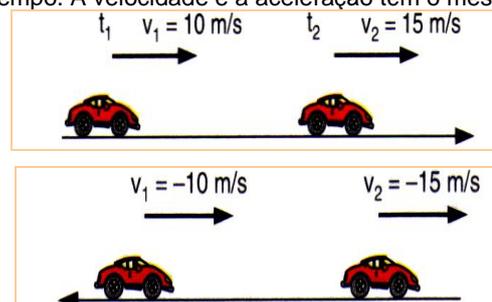
Podemos representar a aceleração através de duas componentes: o vetor aceleração tangencial ( $\vec{a}_t$ ) e o vetor aceleração centrípeta ( $\vec{a}_c$ ).

Aceleração tangencial é sempre tangente à paralela a velocidade instantânea e mede a variação do módulo da velocidade por unidade de tempo. A aceleração centrípeta (ou normal) é sempre perpendicular a velocidade e representa a variação da direção da velocidade instantânea.

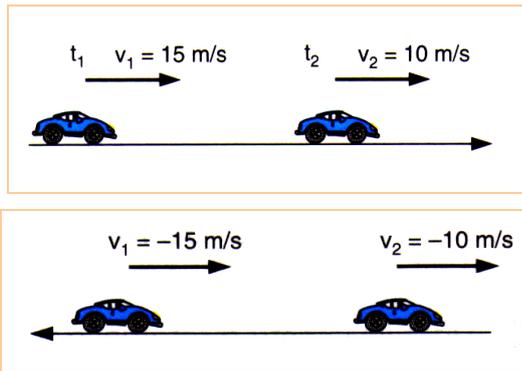
**1ª) Aceleração tangencial** ( $\vec{a}_t$ ) - é responsável pela variação do módulo do vetor velocidade.

- **Módulo:** igual ao módulo da aceleração escalar.
- **Direção:** mesma direção do vetor velocidade.
- **Sentido:** igual ao do vetor velocidade  $\vec{v}$  se o movimento é acelerado, e oposto ao do vetor velocidade  $\vec{v}$  se o movimento é retardado.

- **Movimento acelerado:** o módulo da velocidade aumenta com o tempo. A velocidade e a aceleração têm o mesmo sinal.



- **Movimento desacelerado:** o módulo da velocidade diminui com o tempo. A velocidade e a aceleração têm sentidos opostos.



2º) **Ac. Centrípeta** ( $\vec{a}_c$ ) – é responsável pela variação da direção do vetor velocidade  $\vec{v}$ .

• **Módulo:**  $a_c = \frac{v^2}{R}$

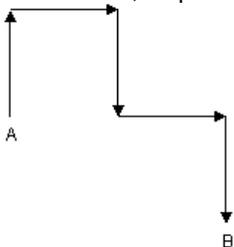
• **Direção:** perpendicular ao vetor velocidade  $\vec{v}$ , isto é, normal à trajetória.

• **Sentido:** orientado para o centro da curva.

3º) **Ac. Vetorial** –  $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_c$

**EXERCÍCIOS DE AULA**

1. (UFRN) A figura abaixo representa os deslocamentos de um móvel em várias etapas. Cada vetor tem módulo igual a 20m. A distância percorrida pelo móvel e o módulo do vetor deslocamento são, respectivamente:



- a)  $20\sqrt{5}$  m e  $20\sqrt{5}$  m
- b) 40m e  $40\sqrt{5}$  m
- c) 100m e  $20\sqrt{5}$  m
- d)  $20\sqrt{5}$  m e 40m
- e) 100m e  $40\sqrt{5}$  m

2. Uma partícula move-se sobre uma superfície plana horizontal. Ela parte de um ponto A, move-se 3,0m para o norte, em trajetória retilínea e, em seguida, move-se 4,0m para o leste, também em trajetória retilínea, gastando 10 segundos nessa viagem. Calcule os módulos:

- a) da variação do espaço;
- b) do vetor deslocamento;
- c) da velocidade escalar média;
- d) da velocidade vetorial média.

3. Um carro percorre 80 km a 40 km/h e em seguida 10 km a 20 km/h. Determine a velocidade média do carro durante todo o percurso.

4. Uma patrulha rodoviária mede o tempo em que cada veículo leva para percorrer um trecho de 400 m de estrada. Um automóvel percorre a primeira metade do trecho com velocidade de 140 km/h. Sendo de 80 km/h a velocidade máxima permitida, qual deve ser a maior velocidade média do carro na segunda metade do trecho para evitar a multa.

5. (UFPEL) Um automóvel que vinha a 72 km/h é freado e pára em 20 s. Qual o valor absoluto da aceleração média do automóvel durante a frenada?

- a) zero
- b)  $3,6 \text{ m/s}^2$
- c)  $72 \text{ m/s}^2$
- d)  $1,0 \text{ m/s}^2$
- e)  $13 \text{ m/s}^2$

6. (FURG) A aceleração é taxa de variação temporal da velocidade, o que pode ser representado como  $a = \Delta V / \Delta t$ , para  $\Delta t$  pequeno. Considere as seguintes afirmações:

- I - Uma partícula pode ter uma velocidade apontando para o norte enquanto sua aceleração aponta para o sul.
- II - Uma partícula com aceleração negativa terá sempre uma velocidade negativa.
- III - Uma partícula sujeita a uma aceleração nula terá uma velocidade aumentando linearmente com o tempo.

Estão corretas:

- a) Apenas a I
- b) Apenas a II
- c) Apenas a III
- d) Apenas a I e II
- e) I, II e III

**EXERCÍCIOS DE PROPOSTOS**

1. (PUC-SP) Considere a seguinte situação:

Um ônibus movendo-se numa estrada e duas pessoas: UMA (A) sentada no ônibus e OUTRA (B) parada na estrada, ambas observando uma lâmpada fixa no teto do ônibus.

“A” diz – A lâmpada não se move em relação a mim uma vez que a distância que nos separa permanece constante.

“B” diz – A lâmpada está se movendo uma vez que ela está se afastando de mim.

- a) “A” está errada “B” está certa.
- b) “A” está certa e “B” está errada.
- c) Ambas estão erradas.
- d) Cada uma, dentro do seu ponto de vista, está certa.
- e) n.d.a.

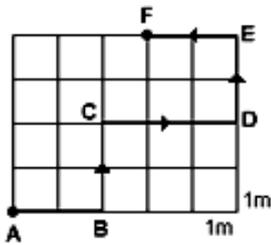
2. Um “calouro” do curso de Física recebeu como tarefa medir o deslocamento de uma formiga que se movimenta em uma parede plana e vertical. A formiga realiza três deslocamentos sucessivos:

- 1- um deslocamento de 20cm na direção vertical, parede abaixo.
- 2- um deslocamento de 30cm na direção horizontal, para a direita.
- 3- um deslocamento de 60cm na direção vertical, parede acima.

No final dos três deslocamentos, podemos afirmar que o deslocamento resultante da formiga tem módulo igual a:

- a) 30 cm
- b) 150 cm
- c) 10 cm
- d) 50 cm
- e) 110 cm

3. (PUC) Uma partícula percorre a trajetória ABCDEF, como mostra a figura. Pode-se concluir que a distância percorrida por essa partícula e seu vetor deslocamento, segundo a trajetória ABCDEF, são, em metros, respectivamente iguais a:

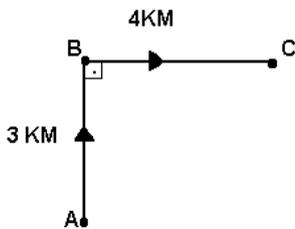


- a) 5 e 11
- b) 16 e 11
- c) 16 e 5
- d) 6 e 5
- e) 11 e 5

4. Um ônibus faz o trajeto entre duas cidades em duas etapas. Na primeira, percorre uma distância de 120km a 60km/h; na segunda, percorre uma distância de 250km em 3h. Qual a velocidade escalar média do veículo em todo o trajeto?

- a) 74km/h
- b) 71km/h
- c) 68km/h
- d) 83km/h
- e) 64km/h

5. (FURG) Um móvel desloca-se de "A" para "B" e, seguida, para "C" conforme mostra a figura abaixo. A distância e o deslocamento percorridos pelo móvel são, respectivamente.



- a) 7 km e 5 km
- b) 1 km e 1 km
- c) 5 km e 7 km
- d) 7 km e 1 km
- e) 7 km e 7 km

6. (UCPEL) Durante um rallye, os motoristas deverão ir de uma cidade A a outra B e retornar a A. Contará maior número de pontos aquele que o fizer no menor tempo, dentro das seguintes alternativas:

- 1º) fizer o percurso de ida com velocidade média de 120 km/h e o percurso de volta com velocidade média de 80 km/h ou 2º) fizer o percurso de ida e volta com velocidade média de 100 km/h.

Os motoristas

- a) poderão escolher qualquer das duas alternativas, pois a velocidade média é a mesma.
- b) deverão escolher a primeira alternativa.
- c) deverão escolher a segunda alternativa.
- d) Não é possível escolher a melhor alternativa sem conhecer a distância entre as cidades A e B.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

7. (UFPEL) Um dos fatos mais significativos nas corridas de automóveis é a tomada de tempos, isto é, a medida do intervalo de tempo gasto para dar uma volta completa no circuito. O melhor tempo obtido no circuito de Susuka, no Japão, pertenceu ao austríaco Gerard Berger, piloto da equipe McLaren, que percorreu os 5874 m da pista em cerca de 1 min. e 42s. Com base nesses dados, responda: (Justifique suas respostas)

- a) Quanto vale o deslocamento do automóvel de Gerard Berger no intervalo de tempo correspondente a uma volta completa no circuito?
- b) Qual a velocidade escalar média desenvolvida pelo carro do piloto austríaco, em sua melhor volta no circuito?

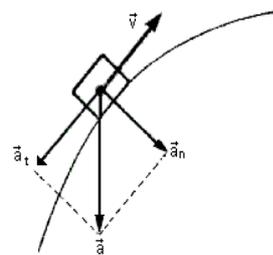
8. (Unifor-CE) Um estudante gasta 20 min. para ir de sua casa à escola, percorrendo uma distância de 2,4 quilômetros. A sua velocidade média, em m/s, é:

- a) 48
- b) 12
- c) 2
- d) 1,2
- e) 0,12

9. (UEL) A velocidade escalar média de um automóvel, num percurso de 300 km, foi de 60 km/h. Então, é válido afirmar que:

- a) em uma hora o automóvel percorreu 60 km;
- b) a velocidade do automóvel, em qualquer instante, não foi, em módulo, inferior a 60 km/h;
- c) a velocidade do automóvel, em qualquer instante, não foi superior a 60 km/h;
- d) se o automóvel manteve durante 2 h. a velocidade média de 50 km/h, deve ter mantido durante mais 2 h. a velocidade média de 100 km/h;
- e) se o automóvel percorreu 150 km com velocidade média de 50 km/h, deve ter percorrido os outros 150 km com velocidade média de 75 km/h.

10. (FATEC) Na figura representa-se um bloco em movimento sobre uma trajetória curva, bem como o vetor velocidade  $\vec{v}$ , o vetor aceleração  $\vec{a}$  e seus componentes intrínsecos, aceleração tangencial  $\vec{a}_t$  e aceleração normal  $\vec{a}_n$ .



Analisando-se a figura, conclui-se que:

- a) o módulo da velocidade está aumentando.
- b) o módulo da velocidade está diminuindo.
- c) o movimento é uniforme.
- d) o movimento é necessariamente circular.
- e) o movimento é retilíneo.

11. (UFRS) Um corpo movimenta-se com uma aceleração constante de  $10 \text{ m/s}^2$ . Isso significa que em cada

- a) segundo ele percorre 10 m.
- b) segundo sua velocidade varia de 10 m/s.
- c) 10 m sua velocidade varia de 1 m/s.
- d) 10 m sua velocidade dobra.
- e) 10 m sua velocidade varia de 10 m/s.

## GABARITO

### EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) D	2) D	3) E	4) A	5) A
6) C	7) a) Zero	b) 57,6m/s	8) C	9) E
10) B	11) B			