

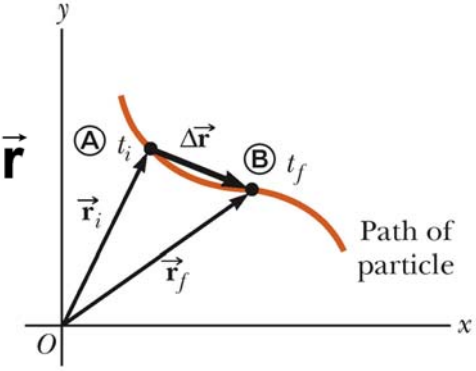


## Cinemática

- Descreve o movimento ignorando as causas que o provoca.
- Por agora, consideramos o movimento apenas numa dimensão.
- Iremos usar um modelo de uma partícula material (ou seja um ponto sem dimensões).

### POSIÇÃO E DESLOCAMENTO

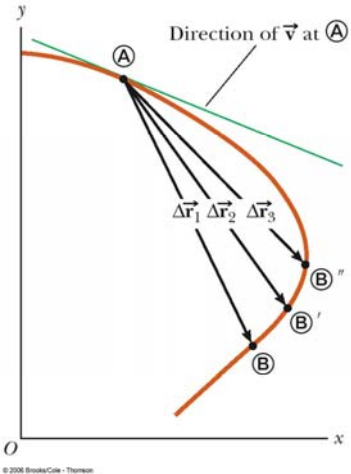
- A posição de um objeto é descrita pelo vetor posição  $\vec{r}$
- O deslocamento do objeto é definido pela mudança da sua posição
 
$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i$$



3

### VELOCIDADE MÉDIA

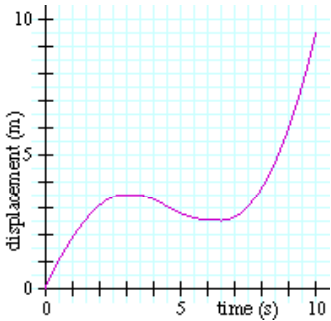
- A velocidade média é a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo respetivo.
 
$$\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$
- A direção da velocidade é a do vetor deslocamento.



4

### VELOCIDADE INSTANTÂNEA

- A velocidade instantânea é o limite da velocidade média quando  $\Delta t$  se aproxima de zero.



$$\vec{v} \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

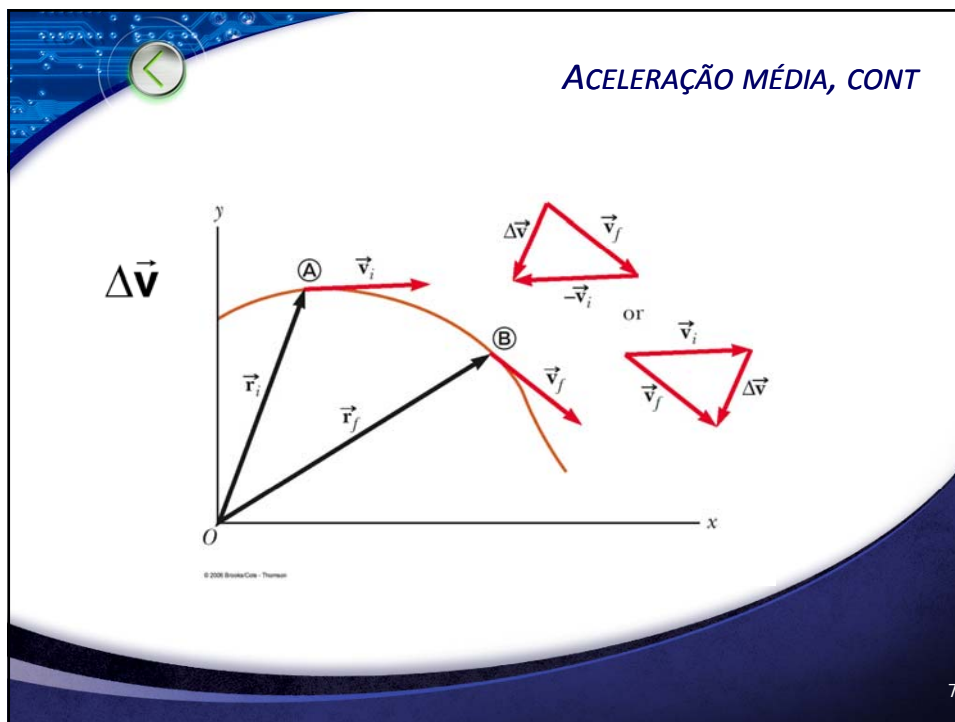
5

### ACELERAÇÃO MÉDIA

- A aceleração média de uma partícula é definida com a variação do vetor velocidade instantânea dividida pelo intervalo de tempo em que essa mudança ocorre.

$$\vec{a}_{avg} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

6



*ACELERAÇÃO INSTANTÂNEA*

- A aceleração instantânea é o limite da aceleração média quando  $\Delta\vec{v}/\Delta t$  se aproxima para zero.

$$\vec{a} \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

8

**ACELERAÇÃO E VELOCIDADE**

**Movimento retilíneo uniforme**

Velocidade constante e aceleração nula

Position-Time Graph

Velocity-Time Graph

Acceleration-Time Graph

Fonte: <http://www.physicsclassroom.com/mmedia/kinema/cpv.html>

Marília Peres

**ACELERAÇÃO E VELOCIDADE**

**Movimento retilíneo uniformemente acelerado**

Position-Time Graph

Velocity-Time Graph

Acceleration-Time Graph

Fonte: <http://www.physicsclassroom.com/mmedia/kinema/pvpa.html>

Marília Peres

## ACELERAÇÃO E VELOCIDADE

### Movimento rectilíneo uniformemente retardado



Position-Time Graph



Velocity-Time Graph



Acceleration-Time Graph



Fonte: <http://www.physicsclassroom.com/mmedia/kinema/pvna.html>

## EQUAÇÕES DA CINEMÁTICA

- Vetor posição
 
$$\vec{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z$$
- Velocidade
 
$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{e}_x + \frac{dy}{dt}\vec{e}_y + \frac{dz}{dt}\vec{e}_z = v_x\vec{e}_x + v_y\vec{e}_y + v_z\vec{e}_z$$
  - Se a aceleração for constante também podemos expressar a velocidade em função do tempo.
 
$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{a}t$$

12

*EQUAÇÕES DA CINEMÁTICA, CONT.*

- O vetor posição também pode ser expresso em função do tempo:

$$\vec{r}_f = \vec{r}_i + \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$$

- O que indica que pode ser expresso pela soma de outros vetores:

$$\vec{r}_i \quad \vec{v}_i t \quad \frac{1}{2} \vec{a} t^2$$

Marília Peres 13

*MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME*

- O movimento circular uniforme ocorre quando o objeto descreve um percurso circular com velocidade constante em módulo.
- Existe aceleração sempre que a direção do movimento muda.
- O vetor velocidade é sempre tangente à trajetória.

14

### Variação da Velocidade no MCU

- A mudança da velocidade deve-se à mudança de direção

$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_f - \vec{V}_i$$

Marília Peres

15

### Aceleração centrípeta ou normal

- Esta aceleração é sempre perpendicular à direção do movimento
- A sua direção é radial e o é sempre centrípeta
- O valor do seu módulo pode ser calculado por:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

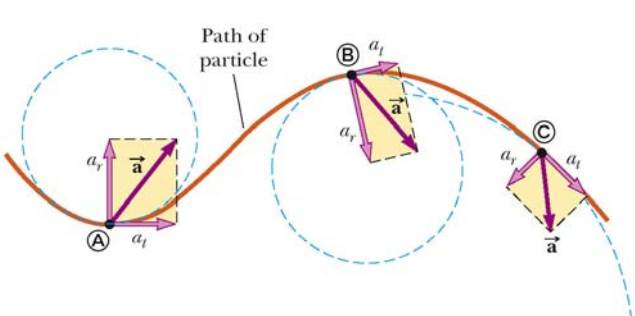
Marília Peres

16



## Aceleração Tangencial

- Quando o valor do módulo da velocidade varia
  - Bem como a sua direção
- Neste caso existe uma aceleração tangencial



Movimento  
Curvilíneo  
Uniformemente  
variado

© 2008 Brooks/Cole - Thomson

Marília Peres 17

## Aceleração Total

- A Aceleração Tangencial:  $a_t = \frac{d|\vec{v}|}{dt}$
- A Aceleração Centrípeta ou normal:  $a_n = \frac{v^2}{R}$
- A Aceleração total:

$$\vec{a} = a_t \vec{e}_t + a_n \vec{e}_n = \frac{d|\vec{v}|}{dt} \vec{e}_t + \frac{v^2}{R} \vec{e}_n$$

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

Marília Peres 18