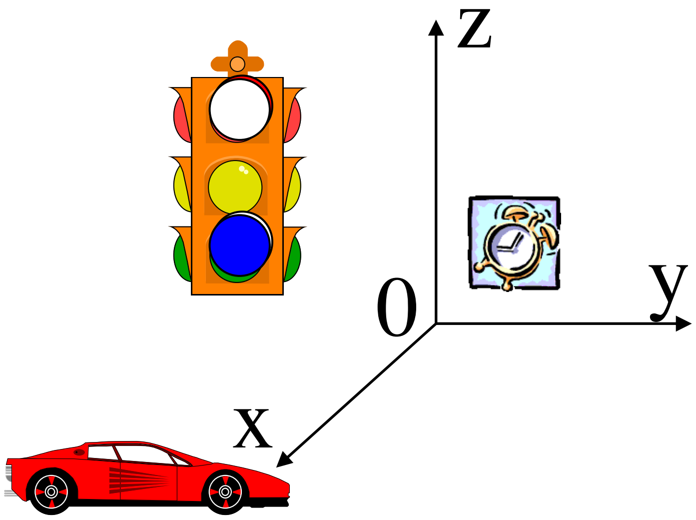
Chương II

ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

§1. Những khái niệm mở đầu



1. Chuyển động và hệ qui chiếu:

Hệ vật mà ta quy ước là đứng yên dùng làm mốc để xác định vị trí của các vật trong không gian gọi là hệ quy chiếu

2. Chất điểm:

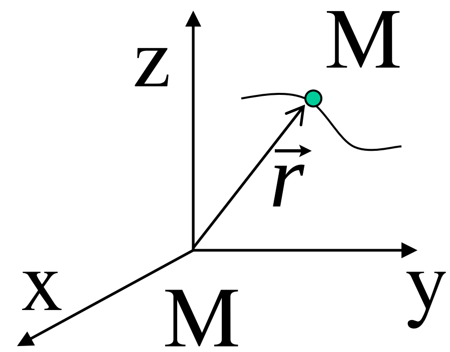
Chất điểm là vật có kích thước không đáng kế với quỹ đạo chuyển động

Hệ chất điểm:

Tập hợp nhiều chất điểm được gọi là Hệ chất điểm

3. Phương trình chuyển động của chất điểm

Khi chất điểm M chuyển động, các tọa độ của nó là hàm thời gian, ta có:



$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1) \qquad \vec{r} = \vec{r}(t) \quad (2)$$

(1) hay (2) được gọi là phương trình chuyển động của chất điểm M

4. Quĩ đạo

Quỹ đạo là đường tạo bởi tập hợp các vị trí của chất điểm trong không gian

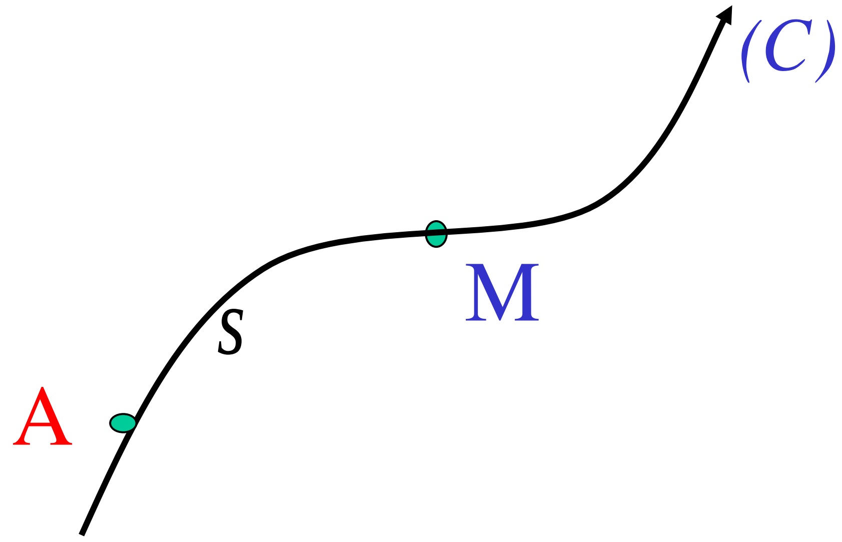
Để tìm quĩ đạo: Khử tham số *t* trong phương trình chuyển động

5. Hoành độ cong:

Vị trí chất điểm M được xác định bởi cung $\breve{AM} = s$

s gọi là hoành độ cong của M

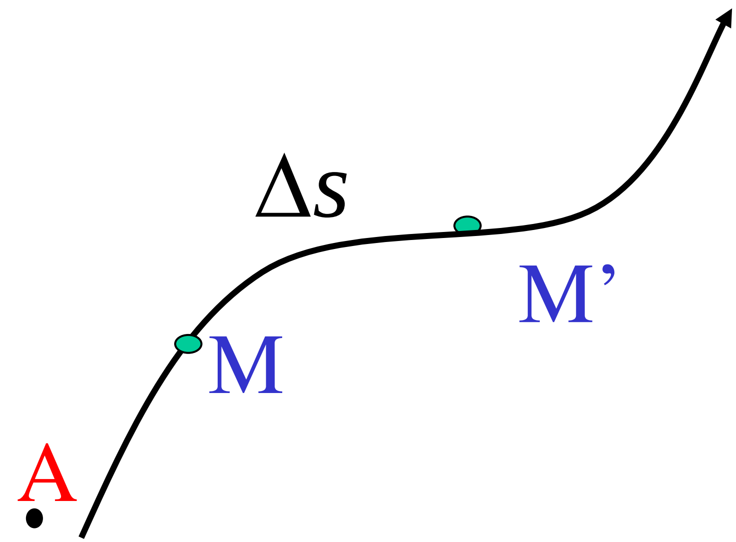
Khi M chuyển động, *s* là hàm của thời gian $s=s(t)$



§ 2. Vận tốc

I. Định nghĩa vận tốc

1. Vận tốc trung bình



Tại thời điểm *t* chất điểm ở vị trí M có $\breve{AM} = s$

Tại thời điểm t'= t+Δt chất điểm ở vị trí M' có

$$\breve{AM'} = s' = s + \Delta s$$

Vận tốc trung bình trong khoảng thời gian Δt được định nghĩa (1):

$$\overline{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \qquad (1)$$

Ý nghĩa $\overline{v}$: *đặc trưng cho độ nhanh chậm trung bình của chuyển động trên quãng đường* $\breve{MM'}$

2. Vận tốc tức thời (vận tốc):

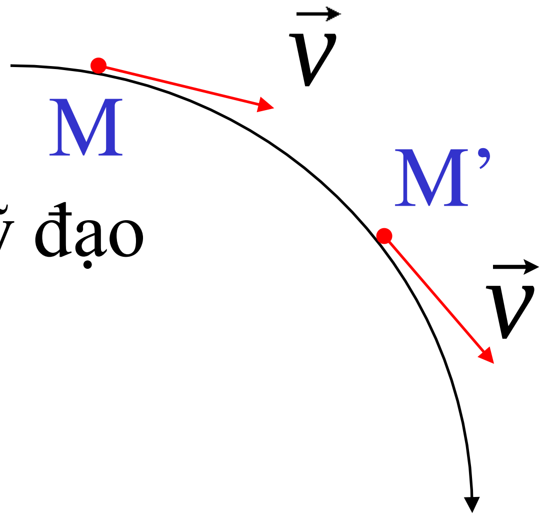
$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \qquad (2)$$

Ý nghĩa vật lý của vận tốc:

- Dấu của vận tốc xác định chiều của chuyển động
  + v>0: chất điểm chuyển động theo chiều dương của quỹ đạo
  + v<0: chất điểm chuyển động theo chiều âm
- $|v|$ xác định độ nhanh chậm của chuyển động

II. Véc tơ vận tốc

Định nghĩa vectơ vận tốc $\vec{v}$



$$\vec{v}\begin{cases} + \text{ Phương: trùng với tiếp tuyến quỹ đạo} \\ + \text{ Chiều: cùng chiều chuyển động} \\ + \ |\vec{v}| = \left|\dfrac{d\vec{s}}{dt}\right| \end{cases}$$

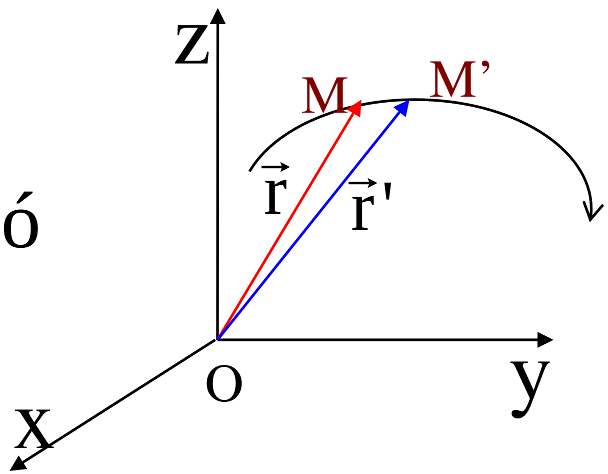
Định nghĩa vectơ vi phân cung $d\vec{s}$

$$d\vec{s}\begin{cases} + \text{ Phương: trùng với tiếp tuyến quỹ đạo} \\ + \text{ Chiều: cùng chiều chuyển động} \\ + \ |d\vec{s}| = |ds| \end{cases}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt} \qquad (3)$$

III.Véc tơ vận tốc trong hệ toạ độ đề các:

Giả sử tại thời điểm t chất điểm ở vị trí M có $\overrightarrow{OM} = \vec{r}$



Tại thời điểm t'=t+dt chất điểm ở M' có

$$\overrightarrow{OM}' = \vec{r}\,' = \vec{r} + d\vec{r}$$

Khi *dt* rất nhỏ ta có: $\left|d\vec{r}\right| = \left|\overrightarrow{MM}'\right| \simeq MM' = \left|d\vec{s}\right|$

Vì $d\vec{r}$ và $d\vec{s}$ cùng chiều $\rightarrow\ d\vec{s} = d\vec{r}$

$$\boxed{\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \qquad (4)}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (4)$$

Các thành phần của vectơ vận tốc:

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \qquad v_y = \frac{dy}{dt}, \qquad v_z = \frac{dz}{dt}$$

Độ lớn vận tốc:

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}$$

Đơn vị vận tốc: m/s

§ 3. Gia tốc

I. Định nghĩa và biểu thức của véc tơ gia tốc:

1. Vectơ gia tốc trung bình

Giả sử trong khoảng thời gian Δt vectơ vận tốc biến thiên một lượng $\Delta\vec{v}$

Vectơ gia tốc trung bình trong khoảng thời gian Δt được định nghĩa (1):

$$\vec{a}_{tb} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \quad (1)$$

2. Vectơ gia tốc tức thời (vectơ gia tốc)

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

Ý nghĩa vật lý: $\vec{a}$ đặc trưng cho sự biến thiên của vectơ vận tốc

3. Các tọa độ của Véc tơ gia tốc trong hệ toạ độ Đề các

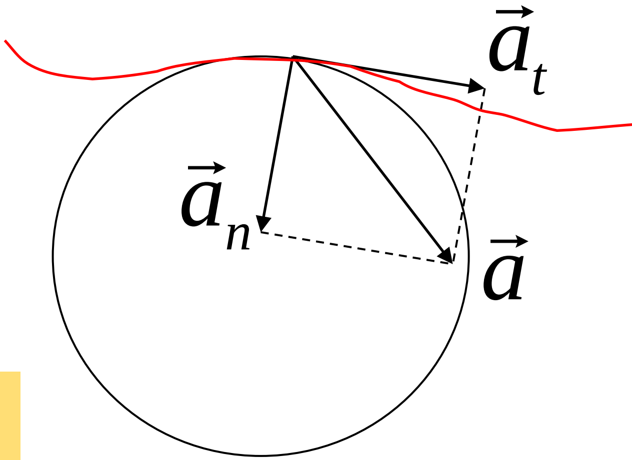
$$\vec{a}\begin{cases} a_x = \dfrac{dv_x}{dt} = \dfrac{d^2x}{dt^2} \\ a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = \dfrac{d^2y}{dt^2} \\ a_z = \dfrac{dv_z}{dt} = \dfrac{d^2z}{dt^2} \end{cases}$$

Độ lớn của vectơ gia tốc:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2}$$

II. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

Xét chất điểm chuyển động trên đường tròn tâm O, bán kính R. Chiếu véc tơ gia tốc lên tiếp tuyến và pháp tuyến của quỹ đạo:



$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

1. Gia tốc pháp tuyến

$\vec{a}_n$
- Có phương trùng pháp tuyến của quỹ đạo
- Hướng về phía lõm của quỹ đạo
- Độ lớn: $a_n = \dfrac{v^2}{R}$

Ý nghĩa của gia tốc pháp tuyến: *đặc trưng cho sự biến thiên về phương của vectơ vận tốc*

2. Gia tốc tiếp tuyến

$$\vec{a}_t \begin{cases} \text{- Có phương tiếp tuyến với quĩ đạo} \\ \text{- Cùng chiều chuyển động khi cđ là nhanh dần} \\ \text{- Ngược chiều chuyển động khi cđ là chậm dần} \\ \text{- Độ lớn: } a_t = \dfrac{dv}{dt} \end{cases}$$

Ý nghĩa của gia tốc tiếp tuyến: *Đặc trưng cho sự biến thiên vận tốc về mặt giá trị*

Tổng quát: Nếu quỹ đạo là cong bất kỳ, ta vẫn có:

$$\boxed{\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n} \qquad a_n = \frac{v^2}{R} \qquad a_t = \frac{dv}{dt}$$

$$\boxed{a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}}$$

Với R là bán kính của đường tròn nội tiếp với quỹ đạo tại M (bán kính chính khúc).

§ 4. Một số dạng chuyển động cơ đặc biệt

A. Chuyển động thẳng biến đổi đều:

$$\vec{a} = \overrightarrow{const}$$

Vì là đường thẳng $\rightarrow \vec{a}_n = 0$

$$a = a_t = \frac{dv}{dt} = const \rightarrow \int_{v_0}^{v} dv = \int_0^t a dt$$

$$\boxed{v = v_0 + at \quad (1)}$$

$$v = \frac{ds}{dt} = at + v_0 \Rightarrow \int_0^s ds = \int_0^t (at + v_0) dt$$

$$\boxed{s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2)}$$

Từ (1) và (2), có:

$$\boxed{v^2 - v_0^2 = 2as \quad (3)}$$

B. Chuyển động tròn

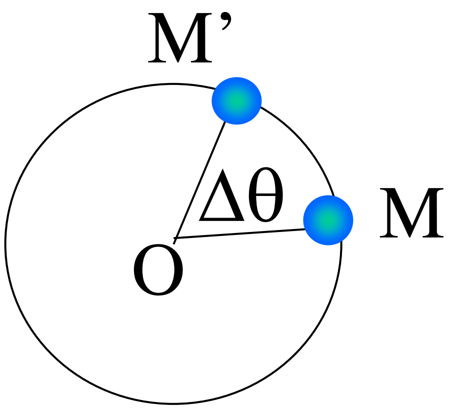
I. Vận tốc góc

1. Vận tốc góc trung bình

Xét chuyển động của chất điểm trên đường tròn tâm O bán kính R. Trong khoảng thời gian Δt chất điểm đi được quãng đường $\Delta s = \breve{MM'}$ ứng với góc $\Delta\theta$

Vận tốc góc trung bình trong khoảng thời gian Δt được định nghĩa:

$$\overline{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$



Ý nghĩa: *Vận tốc góc trung bình cho biết góc quay trung bình trong 1 đơn vị thời gian*

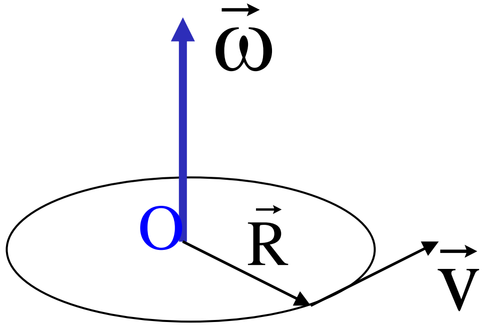
2. Vận tốc góc tức thời

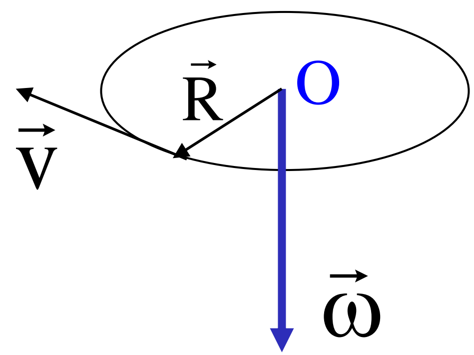
$$\omega = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

Đơn vị ω : rad/s

3. Vectơ vận tốc góc $\vec{\omega}$

$\vec{\omega}$
- Nằm trên trục của vòng tròn quỹ đạo
- Thuận chiều đối với chiều quay của chuyển động
- Độ lớn: $\left|\frac{d\theta}{dt}\right|$





II. Chuyển động tròn đều

1. Chu kỳ, tần số

$$T = \frac{2\pi}{\omega}; \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

2. Hệ quả

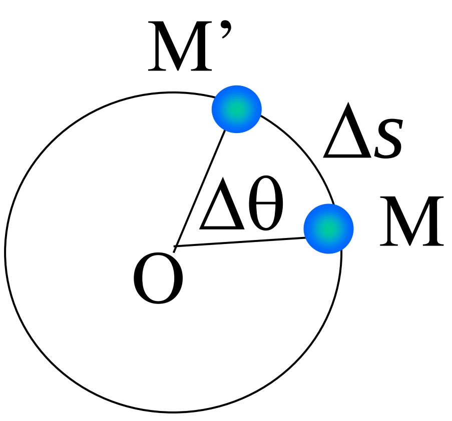
a) Hệ quả 1: Liên hệ giữa $\vec{\omega}$ và $\vec{v}$

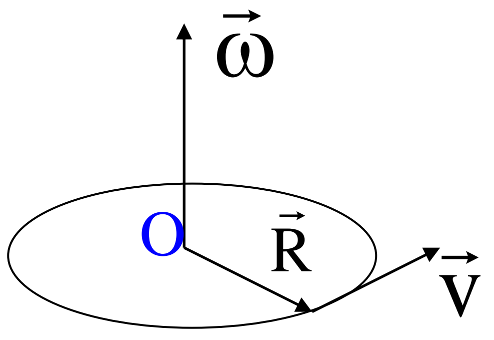
$$M\breve{M} = \Delta s = R.\Delta\theta$$

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = R.\frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

Cho $\Delta t \to 0$ ta có:

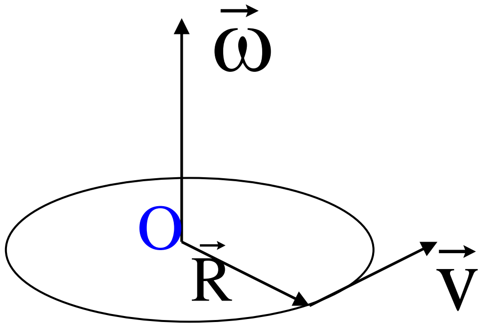
$$v = R.\omega$$





Ba vectơ $\vec{R}, \vec{v}, \vec{\omega}$ theo thứ tự đó tạo thành tam diện thuận → $\boxed{\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R}}$

b) Hệ quả 2: Liên hệ giữa a_n và ω



$$\boxed{a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(R\omega)^2}{R} = R\omega^2}$$

III. Gia tốc góc

1. Gia tốc góc trung bình

Giả sử trong khoảng thời gian Δt vận tốc góc của chất điểm chuyển động tròn biến thiên một lượng $\Delta\omega$. Gia tốc góc trung bình trong khoảng thời gian Δt được định nghĩa:

$$\bar{\beta} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

2. Gia tốc góc tức thời (gia tốc góc)

$$\beta = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

Đơn vị $\beta : rad/s^2$

3. Các hệ thức giữa ω, β của chuyển động tròn thay đổi đều

$$\omega = \omega_0 + \beta t$$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{\beta t^2}{2}$$

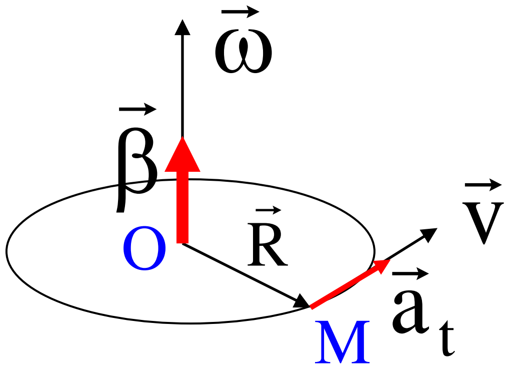
$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta\theta$$

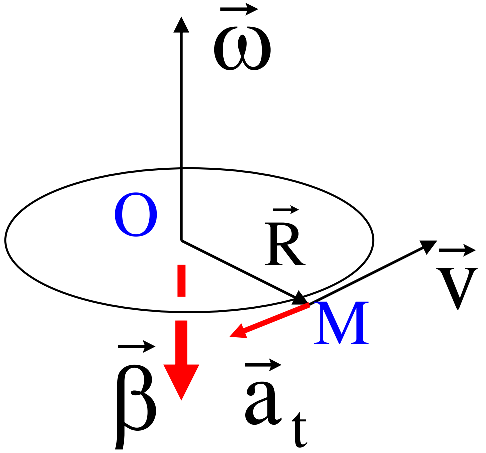
4. Vectơ gia tốc góc

$\vec{\beta}$
- Nằm trên trục của vòng tròn quỹ đạo
- Cùng chiều với $\vec{\omega}$ khi $\beta > 0$
- Ngược chiều với $\vec{\omega}$ khi $\beta < 0$
- Độ lớn: $\left|\dfrac{d\omega}{dt}\right|$

Biểu thức của Vectơ gia tốc góc

$$\boxed{\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}}$$





5. Hệ quả

Liên hệ giữa $\vec{\beta}$ và $\vec{a}_t$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(R\omega)}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} = R\beta$$

Ba vectơ $\vec{a}_t, \vec{\beta}, \vec{R}$ theo thứ tự đó tạo thành tam diện thuận

$$\vec{a}_t = \vec{\beta} \times \vec{R}$$