

Chương I

ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

Bài giảng Vật lý đại cương

Tác giả: PGS. TS Đỗ Ngọc Uẩn

Viện Vật lý kỹ thuật

Trường ĐH Bách khoa Hà nội

Động học: N/C các đặc trưng của chuyển động và những chuyển động khác nhau (không tính đến lực tác dụng)

Động lực học: N/C mối quan hệ giữa chuyển động với tương tác giữa các vật (có tính đến lực tác dụng)

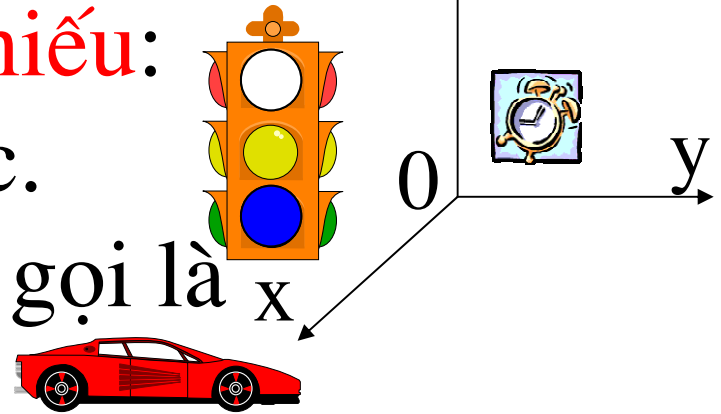
Tĩnh học là một phần của **Động lực học**
N/C trạng thái cân bằng của các vật

1. Những khái niệm mở đầu

1.1 Chuyển động và hệ qui chiếu:

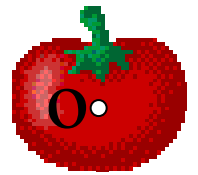
Thay đổi vị trí so với vật khác.

Vật coi là đứng yên làm mốc gọi là x hệ qui chiếu



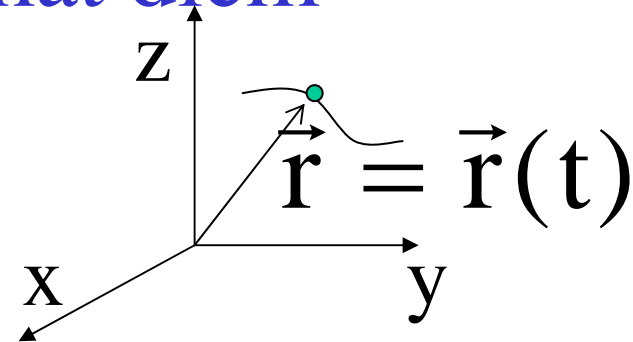
1.2. **Chất điểm:** Vật nhỏ so với khoảng cách nghiên cứu -> **Khối lượng vật tập trung ở khối tâm.** và hệ chất điểm:

Tập hợp nhiều chất điểm = Hệ chất điểm



1.3. Phương trình chuyển động của chất điểm

$$M \begin{cases} x=f_x(t) \\ y=f_y(t) \\ z=f_z(t) \end{cases}$$



1.4. Quỹ đạo: Đường tạo bởi tập hợp các vị trí của chất điểm trong không gian

F/t quỹ đạo: Khử tham số t trong f/t cũ:

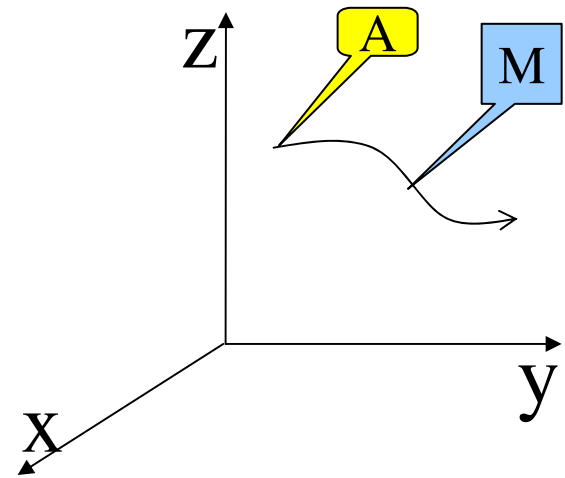
Ví dụ: F/t chuyển động:

$$x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$y = a \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

F/t quỹ đạo:

$$x^2 + y^2 = a^2$$



1.5. Hoàng độ cong:

Vị trí chất điểm xác định bởi cung $AM = s$

Quãng đường s là hàm của thời gian $s = s(t)$

2. Vận tốc

2.1. Định nghĩa vận tốc:

Tại thời điểm t chất điểm tại $A\vec{M} = s$

tại thời điểm $t' = t + \Delta t \rightarrow$

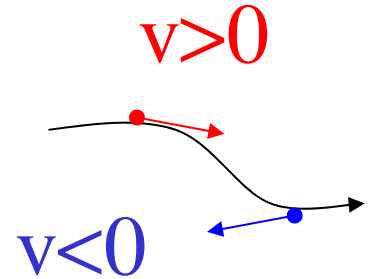
$$A\vec{M}' = s' = s + \Delta s$$

vận tốc trung bình

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

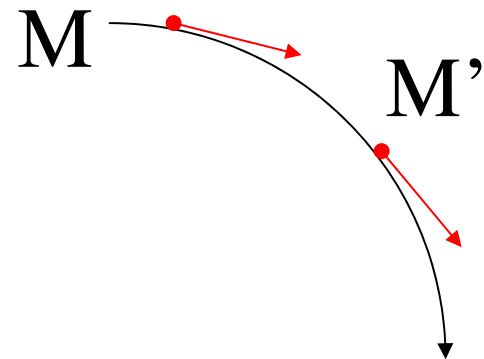
Vận tốc tức thời:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$



2.2. Véc tơ vận tốc

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

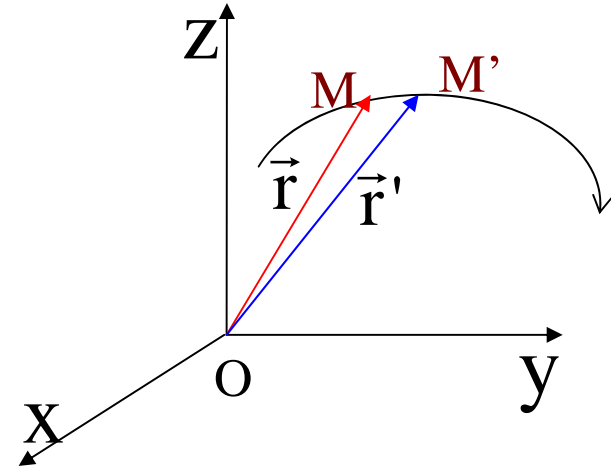


2.2. Véc tơ vận tốc trong hệ tọa độ đề các:

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

$$\overrightarrow{MM'} = d\vec{r} \quad d\vec{s} = d\vec{r}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \text{Đạo hàm vectơ tọa độ theo thời gian}$$



$$\vec{v} = \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = \frac{dz}{dt} \end{cases}$$

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

3. Gia tốc

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

Tại M: t, \vec{v} Tại M': $t' = t + \Delta t, \vec{v}'$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}' - \vec{v}$$

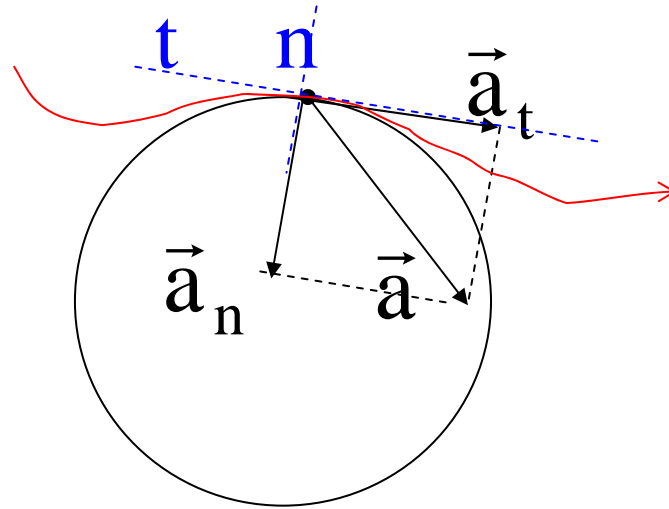
$$\vec{a}_{tb} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

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

$$\vec{a} \left\{ \begin{array}{l} a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} \end{array} \right.$$

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

3.2 Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến



Chiếu véc tơ gia tốc lên tiếp tuyến và pháp tuyến của quỹ đạo

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

\vec{a}_t Gia tốc tiếp tuyến

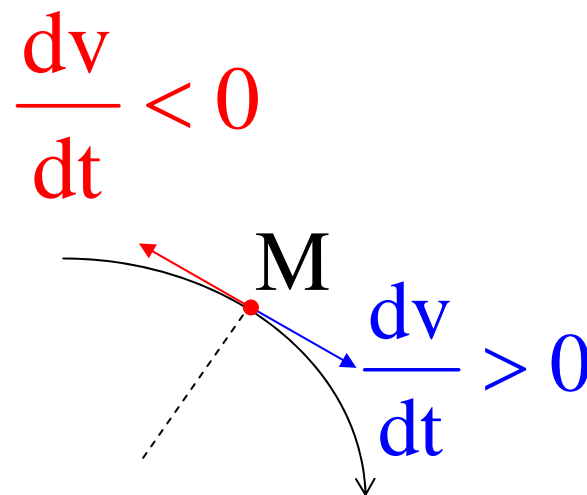
\vec{a}_n gia tốc pháp tuyến

➤ Gia tốc tiếp tuyến

- Có phương tiếp tuyến với quỹ đạo
- Cho thấy sự thay đổi giá trị của vận tốc

- Có giá trị $a_t = \lim_{t' \rightarrow t} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$

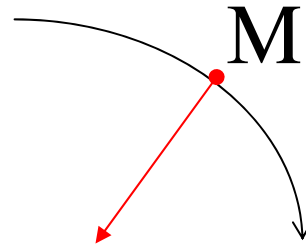
- Có chiều tùy theo giá trị âm, dương của dv/dt



➤ Gia tốc pháp tuyến

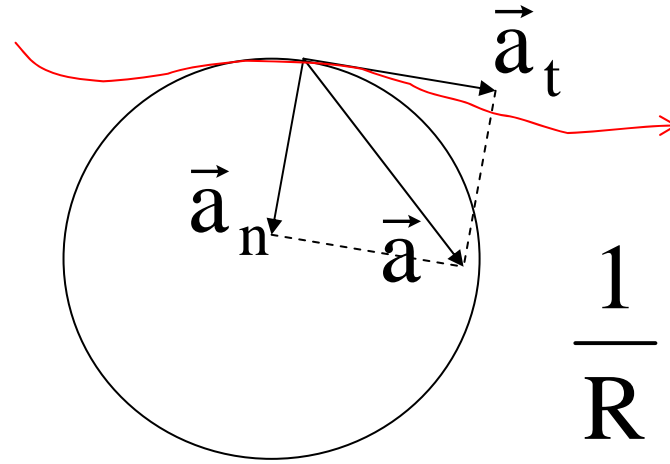
- Mức độ thay đổi phương của vận tốc
- Có phương trùng pháp tuyến của quỹ đạo
- Hướng về phía lõm của quỹ đạo
- Có giá trị

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$



Kết luận

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



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

$\frac{1}{R}$ độ cong
của quỹ
đạo

- $a_n=0$ -> chuyển động thẳng
- $a_t=0$ -> chuyển động cong đều
- $a=0$ -> chuyển động thẳng đều

4. Một số dạng chuyển động cơ đặc biệt

4.1. Chuyển động thẳng biến đổi đều:

$$\vec{a} = \overrightarrow{\text{const}} \quad a_n = 0$$

$$a = a_t = \frac{dv}{dt} = \text{const}$$

$$v = \frac{ds}{dt} = at + v_0 \Rightarrow s = \int (at + v_0) dt = \frac{at^2}{2} + v_0 t$$

$$v^2 - v_0^2 = 2as$$



$$v = \int a dt = at + v_0$$

4.2. Chuyển động tròn

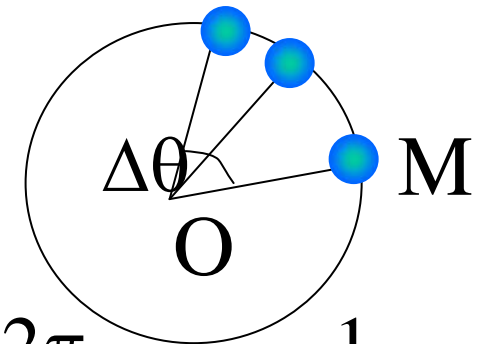
Tại M: t

Tại M': $t' = t + \Delta t \Rightarrow OM$ quét $\Delta\theta$

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

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

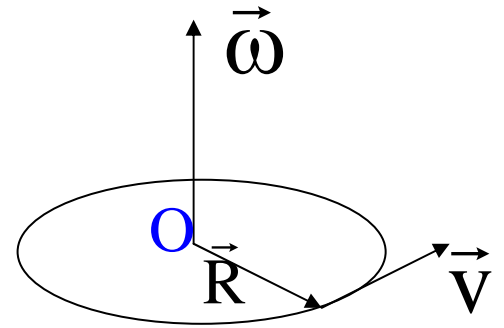
$$T = \frac{2\pi}{\omega}; \quad v = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$



Quan hệ giữa $\vec{\omega}$ và \vec{v}

$$MM' = \Delta s = R \cdot \Delta\theta$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} R \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = R \cdot \omega$$



$$v = R \cdot \omega \Rightarrow \vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{R} \quad \text{Quy tắc tam diện thuận}$$

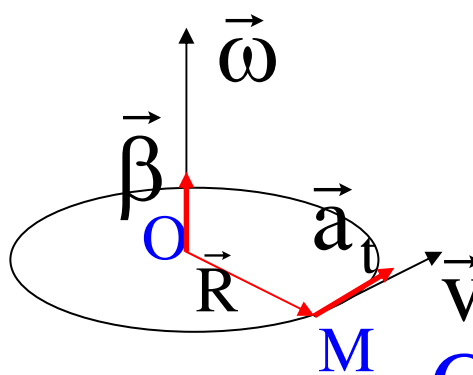
Hệ quả:

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

Gia tốc góc: Tại t , $\vec{\omega}$

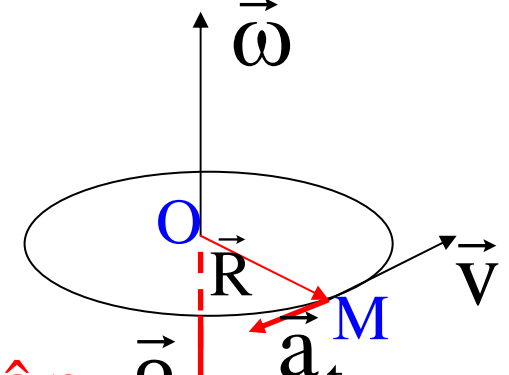
Tại M' : $t' = t + \Delta t$, $\vec{\omega}' = \vec{\omega} + \Delta\vec{\omega}$

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



$$\vec{\beta} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

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



Qui tắc tam diện thuận

Tương tự như trong chuyển động thẳng:

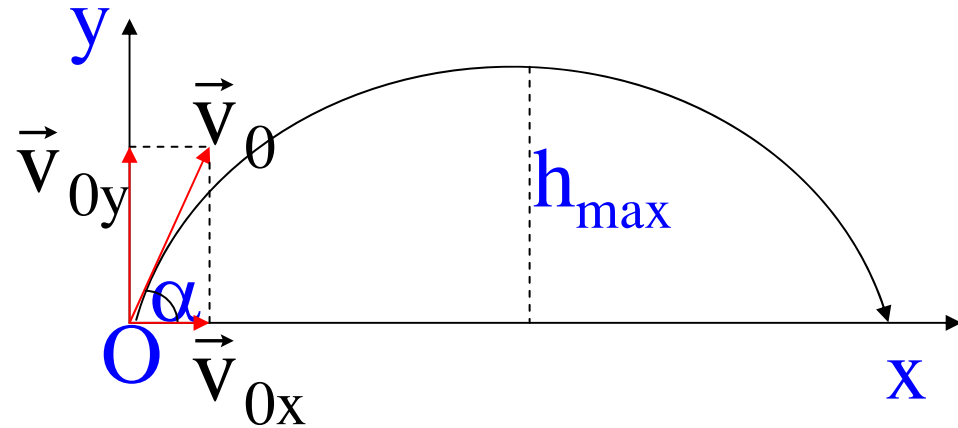
$$\omega = \beta t + \omega_0$$

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

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

4.3. Chuyển động với gia tốc không đổi

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$



$$\frac{dv_x}{dt} = 0$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -g$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

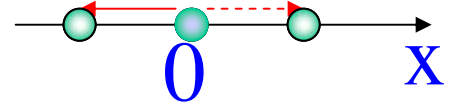
Phương trình chuyển động

$$M \begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

Phương trình quỹ đạo

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

4.4. Dao động thẳng điều hoà phương trình dao động



$$x = A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

Tuần hoàn theo thời gian: $x(t) = x(t + nT)$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

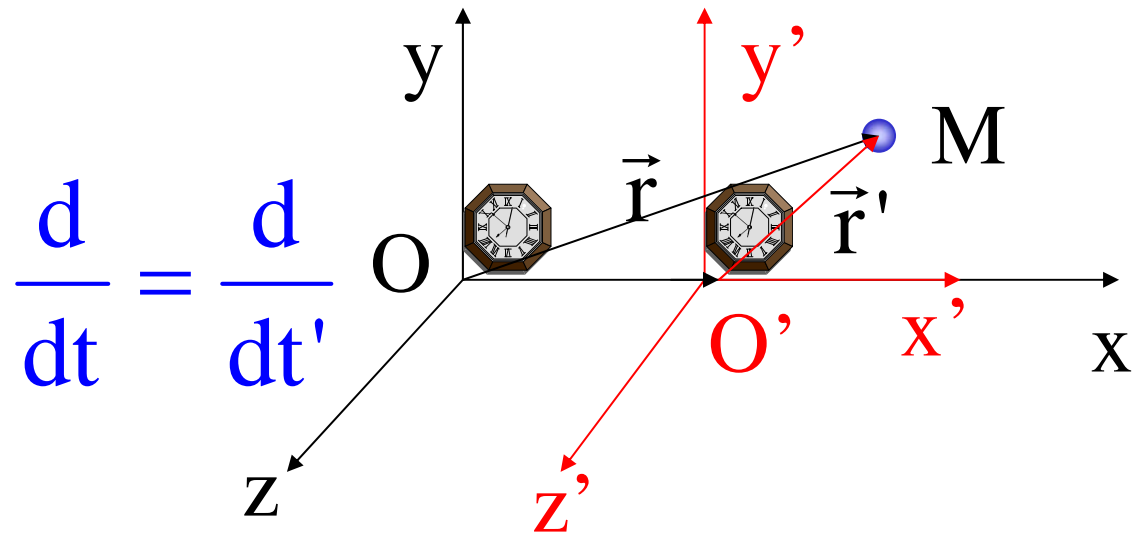
$$v = \frac{dx}{dt} = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

5. Tổng hợp vận tốc và gia tốc

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{OO}'$$

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}'}{dt} + \frac{d\vec{OO}'}{dt}$$



$$\Rightarrow \vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$$

\vec{v}' Vtơ vtốc trong hqc O'

\vec{v} Vtơ vtốc trong hqc O

\vec{V} Vtơ vtốc O' đối với O

Véc tơ vận tốc của chất điểm đối với hệ qchiếu O bằng tổng hợp véc tơ vtốc của chất điểm đó đối với hệ qc O' chđộng tịnh tiến đvới hệ qc O và vtơ vtốc tịnh tiến của hệ qc O' đối với hệ qc O

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}'}{dt} + \frac{d\vec{V}}{dt} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \vec{a}' + \vec{A}$$

\vec{a} Vtơ gia tốc M trong hqc O

\vec{a}' Vtơ gia tốc M trong hqc O'

\vec{A} Vtơ gia tốc O' đối với hqc O

Véc tơ gia tốc của chất điểm đối với một hệ qchiếu O bằng tổng hợp véc tơ gia tốc của chất điểm đó đối với hệ qc O' chuyển động tịnh tiến đối với hệ qc O và vtơ gia tốc tịnh tiến của hệ qc O' đối với hệ qc O