

## CHƯƠNG 1. ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

### *Nội dung giảng dạy*

#### *1.1. Những khái niệm mở đầu.*

#### *1.2. Vận tốc.*

#### *1.3. Gia tốc.*

#### *1.4. Một số dạng chuyển động cơ đặc biệt. Bài toán ứng dụng.*

### 1.1. Những khái niệm mở đầu

#### 1.1.1. Chuyển động và hệ quy chiếu

Chuyển động cơ học của một vật là sự chuyển dời vị trí của vật đó đối với các vật khác trong không gian và theo thời gian.

Khái niệm chuyển động chỉ có tính chất tương đối, phụ thuộc vào hệ quy chiếu ta chọn. Một vật có thể đứng yên trong hệ quy chiếu này nhưng lại có thể chuyển động trong hệ quy chiếu khác. Thí dụ: ta ngồi yên trong ô tô đang chạy, so với cây bên đường thì ta chuyển động, còn so với chính ô tô đó thì ta đang đứng yên.



Để xác định vị trí của vật trong không gian, ta cần có vật mốc (vật được quy ước là đứng yên) và các trục tọa độ gắn với vật mốc. Để xác định thời gian chuyển động của vật, ta cần có một mốc thời gian và một đồng hồ đo. Hệ gồm: vật mốc + các trục tọa độ + gốc thời gian + đồng hồ đo được gọi là hệ quy chiếu. Với một chuyển động thẳng, hệ quy chiếu thường được chọn như sau:

- Trục tọa độ Ox trùng với quỹ đạo chuyển động.
- Gốc tọa độ gắn với vị trí ban đầu của vật.
- Gốc thời gian là lúc vật bắt đầu chuyển động.
- Chiều dương là chiều chuyển động của vật.

#### 1.1.2. Chất điểm và hệ chất điểm

Chất điểm là một vật có kích thước nhỏ không đáng kể so với những khoảng cách, kích thước mà ta đang khảo sát. Thí dụ như viên đạn bay trong không khí hay Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời.

Khái niệm chất điểm cũng chỉ có tính chất tương đối. Thí dụ khi xét chuyển động của Trái Đất xung quanh Mặt Trời, có thể coi Trái Đất là chất điểm, nhưng khi xét chuyển động của đoàn tàu thì không thể coi Trái Đất là chất điểm.

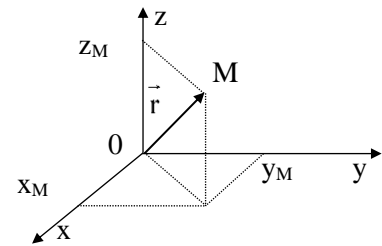
Hệ chất điểm là tập hợp các chất điểm. Thí dụ như hệ các hành tinh xung quanh Mặt Trời là một hệ chất điểm.

### 1.1.3. Quỹ đạo

Quỹ đạo của chất điểm chuyển động là đường tạo bởi tập hợp tất cả các vị trí của chất điểm trong không gian, trong suốt quá trình chuyển động.

### 1.1.4. Phương trình chuyển động của chất điểm

Trong hệ quy chiếu với gốc O làm vật mốc, vị trí M của chất điểm ở thời điểm nào đó sẽ được xác định bởi vector  $\vec{r} = \overrightarrow{OM}$ , vector này được gọi là vector toạ độ của chất điểm.



Khi chất điểm chuyển động, vị trí của nó trong hệ quy chiếu sẽ thay đổi, vì thế vector toạ độ của chất điểm thay đổi theo thời gian. Phương trình nêu lên sự phụ thuộc của vector toạ độ hay các toạ độ không gian vào thời gian được gọi là phương trình chuyển động.

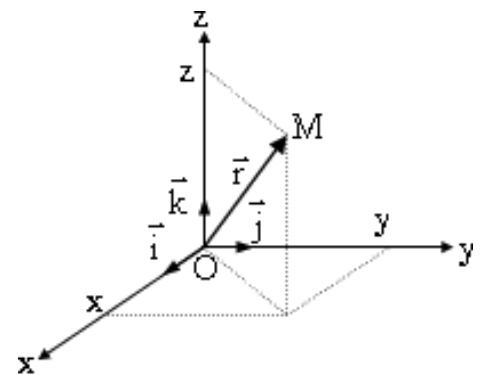
$$\vec{r} = \vec{r}(t) \text{ hay } x = f(t), y = g(t), z = h(t). \quad (1.1)$$

Ví dụ:  $y = 5t$  hay  $x = 10\cos(2\pi t + \pi/2)$ .

### 1.15. Phương trình quỹ đạo của chất điểm

Để tìm dạng quỹ đạo chuyển động, ta phải tìm mối liên hệ giữa các toạ độ không gian của chất điểm. Phương trình nêu lên mối liên hệ giữa các toạ độ không gian như thế được gọi là phương trình quỹ đạo.

$$f(x, y, z) = \text{const}. \quad (1.2)$$



### 1.1.6. Một số hệ toạ độ thường gặp

#### a. Hệ toạ độ Đề-các vuông góc (Oxyz)

Vector toạ độ xác định vị trí của chất điểm M:

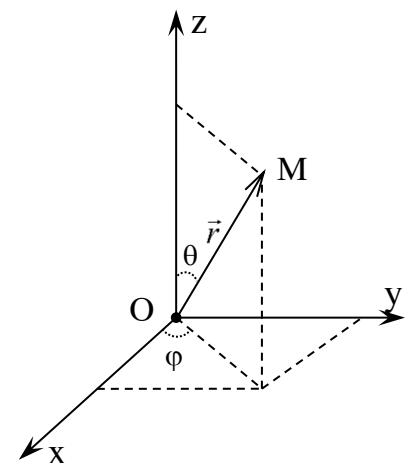
$$\vec{r} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}, \quad (1.3)$$

trong đó  $\vec{i}$ ,  $\vec{j}$ ,  $\vec{k}$  là ba vector đơn vị chỉ phương.

#### b. Hệ toạ độ cầu

Hệ toạ độ cầu sử dụng các toạ độ  $r$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$ .

Các toạ độ của hệ toạ độ cầu và hệ toạ độ vuông góc Đề-các liên hệ với nhau theo công thức:

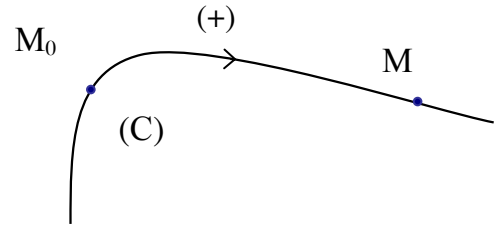


$$\begin{cases} x = r \cos \varphi \sin \theta \\ y = r \sin \varphi \sin \theta \\ z = r \cos \theta \end{cases} \quad (1.4)$$

c. Toạ độ cong

Khi chất điểm chuyển động trên một đường cong quỹ đạo (C), trên (C) ta chọn một điểm  $M_0$  làm mốc và chọn một chiều dương. Khi đó, ở mỗi thời điểm  $t$ , vị trí  $M$  của chất điểm trên đường cong được xác định bởi độ dài đại số của cung  $M_0M$ .

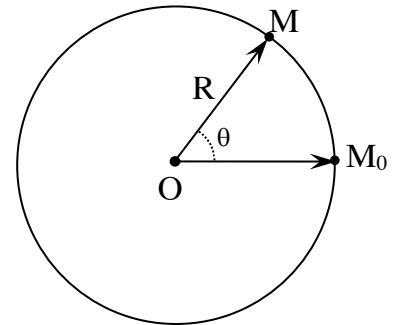
$s = M_0M$  gọi là hoành độ cong của  $M$ .



d. Hệ toạ độ góc

Khi chất điểm  $M$  chuyển động theo một đường tròn tâm  $O$  bán kính không đổi thì chỉ có góc mà bán kính  $OM$  quét được thay đổi theo thời gian, người ta chọn đại lượng góc đó để làm toạ độ của  $M$  và được gọi là toạ độ góc.

Toạ độ góc và toạ độ cong liên hệ với nhau theo công thức:  $s = R \cdot \theta$ , ở đây  $\theta$  tính theo đơn vị radian.



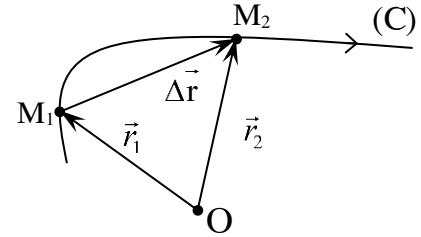
## 1.2. Vận tốc (vận tốc dài)

Vận tốc là đại lượng vật lý đặc trưng cho phương, chiều và sự nhanh chậm của chuyển động. Vận tốc là một đại lượng vector. Vận tốc tương đương với tốc độ và hướng. Thí dụ: 80 km/h về hướng bắc.

### 1.2.1. Vận tốc trung bình và vận tốc tức thời

#### a. Vận tốc trung bình

Xét chuyển động của chất điểm trên đường cong (C). Giả sử tại thời điểm  $t_1$  chất điểm ở vị trí  $M_1$  có vector toạ độ  $\vec{r}_1$ , ở thời điểm  $t_2$  chất điểm ở vị trí  $M_2$  có vector toạ độ  $\vec{r}_2$ . Sau khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$ , vector toạ độ chất điểm biến đổi một lượng  $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \equiv \overrightarrow{M_1 M_2}$  gọi là vector độ dời.



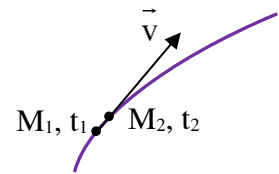
Vận tốc trung bình trong một khoảng thời gian nhất định là độ biến đổi của vector toạ độ trong khoảng thời gian đó:

$$\vec{v}_{tb} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}. \quad (1.5)$$

#### b. Vận tốc tức thời (gọi tắt là vận tốc)

Để tìm vận tốc tại một thời điểm, người ta có thể xem xét khoảng thời gian biến đổi  $\Delta t$  rất nhỏ. Khi đó, vận tốc trung bình sẽ tiến đến một giới hạn xác định, đặc trưng cho sự biến đổi của vector toạ độ tại thời điểm đang xét. Giới hạn đó được gọi là vận tốc tức thời hay gọi tắt là vận tốc.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (1.6)$$



Vậy vận tốc được xác định bởi đạo hàm của vector toạ độ theo thời gian. Vận tốc đặc trưng cho hướng và mức độ nhanh chậm của chuyển động tại từng thời điểm. Phương của vận tốc luôn trùng với phương của tiếp tuyến quỹ đạo chuyển động. Đơn vị vận tốc trong hệ SI là mét trên giây (m/s).

$$\text{Xét trong hệ toạ độ Đề-các: } \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}. \quad (1.7)$$

Đặt:  $v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$ .  $v_x, v_y, v_z$  chính là hình chiếu của vector vận tốc

lên các trục toạ độ  $Ox, Oy, Oz$  tương ứng. Do đó, có thể viết lại  $\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$ .

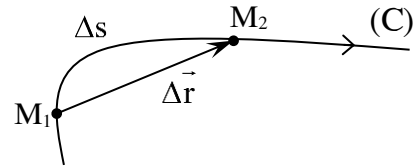
Về độ lớn,  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ .

### 1.2.2. Tốc độ trung bình và tốc độ tức thời

a. Tốc độ trung bình:  $v_{tb} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ , với  $\Delta s$  là quãng đường đi được trong thời gian  $\Delta t$ .

Tốc độ trung bình là một vô hướng, đặc trưng cho mức độ nhanh chậm của chuyển động trên cả quãng đường  $\Delta s$ .

Vật chuyển động thẳng, một chiều, dọc theo trục tọa độ thì tốc độ trung bình bằng độ lớn vận tốc trung bình.



b. Tốc độ tức thời (gọi tắt là tốc độ)

Để tìm tốc độ tại một thời điểm, người ta có thể xem xét khoảng thời gian biến đổi  $\Delta t$  rất nhỏ. Khi đó,

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ hay } v = \frac{ds}{dt}. \quad (1.8)$$

Tốc độ tức thời đặc trưng cho mức độ nhanh chậm của chuyển động tại một thời điểm. Độ lớn của vector vận tốc tức thời luôn luôn bằng tốc độ tức thời.

**Đơn vị vận tốc và tốc độ (SI):** m/s.

Ngoài ra: 1 km/h = 1/3,6 m/s.

dặm/giờ: 1 mph = 0,44704 m/s;

hải lý/giờ: 1 nút = 0,51444 m/s;

feet/giây: 1 ft/s = 0,30480 m/s;

tốc độ âm thanh = 343 m/s;

tốc độ ánh sáng = 299792458 m/s.

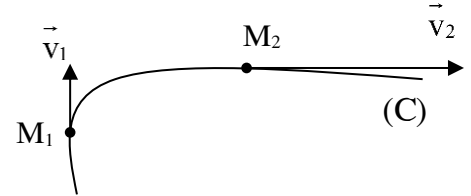
### 1.3. Gia tốc (gia tốc dài)

#### 1.3.1. Gia tốc

Vận tốc có thể thay đổi cả phương, chiều, và độ lớn. Để đặc trưng cho sự thay đổi đó, người ta đưa ra đại lượng gia tốc.

##### a. Gia tốc trung bình

Giả sử tại thời điểm  $t_1$  chất điểm có vận tốc  $\vec{v}_1$ , ở thời điểm  $t_2$  chất điểm có vận tốc  $\vec{v}_2$ . Sau khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$ , vận tốc chất điểm biến đổi một lượng  $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ .



Gia tốc trung bình trong một khoảng thời gian nhất định là độ biến đổi của vận tốc trong khoảng thời gian đó.

$$\vec{a}_{tb} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}. \quad (1.9)$$

- ✓ Gia tốc trung bình là một đại lượng vector.
- ✓ Nếu chuyển động là thẳng và một chiều  $\Rightarrow a_{tb} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ .
- ✓ Đơn vị của gia tốc trong hệ SI là mét trên giây<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>).

##### b. Gia tốc tức thời (gọi tắt là gia tốc)

Để tìm gia tốc tại một thời điểm bất kỳ, ta có thể xem xét khoảng thời gian biến đổi  $\Delta t$  rất nhỏ. Khi đó, gia tốc trung bình sẽ dần tiến đến một giới hạn xác định đặc trưng cho sự thay đổi của vận tốc tại thời điểm đang xét. Giới hạn đó được gọi là gia tốc tức thời hay gọi tắt là gia tốc.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (1.10)$$

Trong hệ Đề-các:  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k}$ .

Đặt  $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$ ,  $a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$ ,  $a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$ .  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  chính là hình chiếu của gia tốc lên các trục tọa độ  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  tương ứng. Ta có thể viết lại:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}.$$

Và độ lớn:  $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ .

### 1.3.2. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

Để đơn giản, ta xét chất điểm chuyển động với quỹ đạo là một cung tròn. Trên hình vẽ, lưu ý rằng

$$\vec{v}_1 = \overrightarrow{M_1 A_1}; \vec{v}_2 = \overrightarrow{M_2 A_2} = \overrightarrow{M_1 B}; M_2 A_2 = M_1 C. \text{ Nên}$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \overrightarrow{M_1 B} - \overrightarrow{M_1 A_1} = \overrightarrow{A_1 B} = \overrightarrow{A_1 C} + \overrightarrow{CB},$$

$$\text{Vì vậy } \vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{A_1 C}}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{CB}}{\Delta t}.$$

$$\text{a. Gia tốc tiếp tuyến: } \vec{a}_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{A_1 C}}{\Delta t} \text{ s}$$

- ✓ Phương là phương tiếp tuyến với quỹ đạo tại  $M_1$ .
- ✓ Chiều là chiều chuyển động nếu vận tốc tăng, và ngược lại.
- ✓ Độ lớn:  $a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{A_1 C}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M_1 C - M_1 A_1}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$  hay

$$a_t = \frac{dv}{dt}. \quad (1.11)$$

Vậy độ lớn của gia tốc tiếp tuyến bằng đạo hàm độ lớn vận tốc theo thời gian. Gia tốc tiếp tuyến đặc trưng cho sự thay đổi của vận tốc về giá trị.

$$\text{b. Gia tốc pháp tuyến: } \vec{a}_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{CB}}{\Delta t}$$

- ✓ Phương: Vì  $\triangle BM_1 C$  cân đỉnh  $M_1$ ,  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \hat{C} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\pi - \Delta \theta}{2} = \frac{\pi}{2}$ , nên phương gia tốc pháp tuyến là phương pháp tuyến của quỹ đạo tại  $M_1$ .
- ✓ Chiều: hướng về tâm của đường tròn hay tổng quát là bề lõm của quỹ đạo.
- ✓ Độ lớn: Có  $CB = 2 \cdot M_1 C \cdot \sin(\Delta \theta / 2) = 2 \cdot v_2 \cdot \sin(\Delta \theta / 2) \approx v_2 \cdot \Delta \theta = v_2 \cdot \Delta s / R$

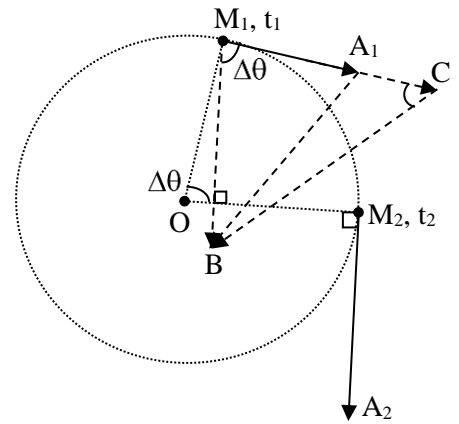
$$\text{nên } a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v_2 \cdot \Delta s}{\Delta t \cdot R} = \frac{1}{R} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_2 \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1}{R} v_1 \cdot v_1 \text{ hay}$$

$$a_n = \frac{v_1^2}{R}. \quad (1.12)$$

Ta thấy nếu  $R$  càng lớn (quỹ đạo càng ít cong) thì  $a_n$  càng nhỏ và ngược lại. Vậy gia tốc pháp tuyến đặc trưng cho sự thay đổi của vận tốc về hướng.

\* Tóm lại:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t, \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}. \quad (1.13)$$



Nếu  $a_n = 0$ , vector vận tốc không thay đổi phương, chất điểm chuyển động thẳng.

Nếu  $a_t = 0$ , vector vận tốc không thay đổi độ lớn, chất điểm chuyển động cong đều.

Nếu  $a = 0$ , vector vận tốc không thay đổi cả phương và độ lớn, chất điểm chuyển động thẳng đều.



## 1.5. Một số chuyển động cơ đặc biệt

### 1.5.1. Chuyển động thẳng

Chuyển động thẳng là chuyển động có quỹ đạo là đường thẳng, tức là vận tốc không thay đổi phương. Trong chuyển động thẳng ta có:

$$\vec{a}_n = 0; \quad \vec{a} = \vec{a}_t. \quad (1.14)$$

#### a. Chuyển động thẳng đều

Chuyển động thẳng đều là chuyển động có quỹ đạo là đường thẳng và vận tốc không thay đổi theo thời gian,  $\vec{a} = 0$ .

Để thu được phương trình chuyển động, ta lấy tích phân  $\int_{s_0}^s ds = \int_{t_0}^t v \cdot dt$ , ta được

$$s = s_0 + v(t - t_0). \quad (1.15)$$

với  $s_0$ ,  $s$  là tọa độ độ cong ứng với các thời điểm  $t_0$ ,  $t$ . Tương tự, ta có thể thu được phương trình chuyển động viết theo tọa độ  $x$ ,

$$x = x_0 + v(t - t_0). \quad (1.16)$$

#### b. Chuyển động thẳng biến đổi đều

Chuyển động thẳng biến đổi đều là chuyển động có quỹ đạo thẳng và giá trị vận tốc biến đổi đều (tăng đều hoặc giảm đều), tức là gia tốc không đổi theo thời gian:  $a_n = 0$ ,  $a_t = \text{const}$ .

Để thu được phương trình chuyển động, ta lấy tích phân  $\int_{v_0}^v dv = \int_{t_0}^t a \cdot dt$ , ta có

$$v = v_0 + a(t - t_0). \quad (1.17)$$

với  $v_0$ ,  $v$  là vận tốc ứng với các thời điểm  $t_0$ ,  $t$ .

Tiếp tục lấy tích phân  $\int_{s_0}^s ds = \int_{t_0}^t v \cdot dt = \int_{t_0}^t [v_0 + a(t - t_0)] \cdot dt$ , ta thu được

$$s = s_0 + v_0(t - t_0) + \frac{a(t - t_0)^2}{2}. \quad (1.18)$$

Dễ dàng suy ra

$$v^2 - v_0^2 = 2a(s - s_0). \quad (1.19)$$

Các phương trình viết theo tọa độ  $x$ :

$$x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2; \quad v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0). \quad (1.20)$$

Trong chuyển động thẳng nhanh dần đều thì  $\vec{a}$  và  $\vec{v}$  cùng chiều, hay  $\vec{a} \cdot \vec{v} > 0$ , tức là  $a$  và  $v$  cùng dấu. Trái lại, với chuyển động thẳng chậm dần đều:  $\vec{a}$  và  $\vec{v}$  ngược chiều, hay  $\vec{a} \cdot \vec{v} < 0$ ,  $a$  và  $v$  trái dấu.

**\* Rơi tự do**

Rơi tự do là sự rơi của một vật chỉ chịu sự tác động của trọng lực.

Khi một vật rơi tự do, quỹ đạo là một đường thẳng, chuyển động là một chiều từ trên xuống dưới, không vận tốc ban đầu, rồi tăng dần với gia tốc bằng gia tốc trọng trường  $\vec{g}$ . Gia tốc trọng trường  $\vec{g}$  hướng thẳng đứng từ trên xuống dưới, với giá trị phụ thuộc vào độ cao và vị trí khác nhau trên Trái Đất:  $g \approx 9,78 \div 9,83 \text{ m/s}^2$ .

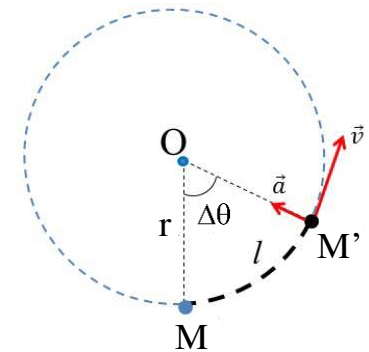
Ta có các phương trình:

$$v = g(t - t_0); s = g(t - t_0)^2 / 2. \quad (1.21)$$

**\* Chuyển động trên mặt phẳng nghiêng  $a_x = \pm g \sin \alpha$**

**1.5.2. Chuyển động tròn**

Chuyển động tròn là chuyển động có quỹ đạo là một đường tròn. Trong chuyển động tròn, vị trí của vật được xác định bởi tọa độ góc  $\theta$  (radian: rad)



**a. Vận tốc góc và gia tốc góc**

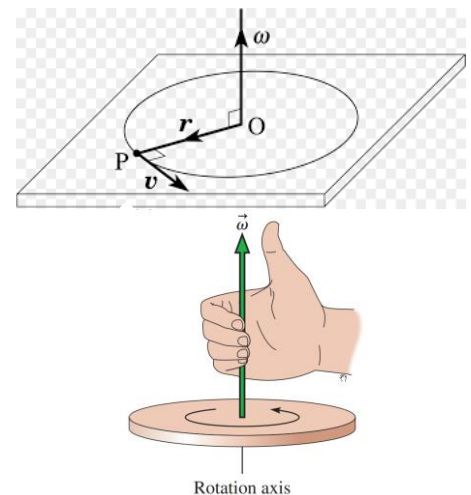
Tương tự như vận tốc trung bình và vận tốc tức thời, để mô tả hướng và mức độ nhanh chậm của một vật chuyển động tròn, người ta định nghĩa vận tốc góc trung bình và vận tốc góc tức thời:

$$\omega_{tb} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}, \quad \omega = \frac{d\theta}{dt}. \quad (1.22)$$

Vận tốc góc có đơn vị theo SI là radian trên giây (rad/s). Vận tốc góc liên hệ với thời gian để vật đi hết một vòng tròn (gọi là chu kỳ T) và số vòng tròn vật đi được trong một đơn vị thời gian (gọi là tần số f) như sau:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \quad f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}. \quad (1.23)$$

Vector vận tốc góc  $\vec{\omega}$  được định nghĩa là vector có gốc tại tâm quỹ đạo tròn, có phương vuông góc với



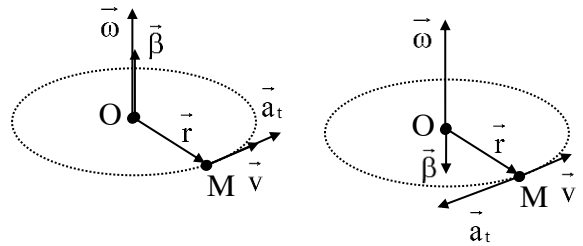
mặt phẳng quỹ đạo, có chiều thuận với chiều chuyển động (quy tắc nắm bàn tay phải) và độ lớn bằng vận tốc góc  $\omega$ .

$$\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r} \text{ và } v = \omega r. \quad (1.24)$$

Để mô tả sự biến đổi của vận tốc góc, người ta định nghĩa gia tốc trung bình  $\beta_{tb}$  và gia tốc góc tức thời  $\beta$  (gọi tắt là gia tốc góc) như sau

$$\beta_{tb} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \quad \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}. \quad (1.25)$$

Vector gia tốc góc  $\vec{\beta}$  được định nghĩa là vector có gốc nằm trên trục của quỹ đạo tròn, có phương vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo, có chiều thuận với chiều chuyển động (quy tắc nắm bàn tay phải) nếu vật chuyển động nhanh dần, và ngược lại, có độ lớn bằng gia tốc góc  $\beta$ .



$$\vec{a}_t = \vec{\beta} \wedge \vec{r} \text{ và } a_t = \beta r. \quad (1.26)$$

## b. Chuyển động tròn đều

Chuyển động tròn đều là chuyển động tròn và vận tốc góc không thay đổi theo thời gian.

Phương trình chuyển động của vật chuyển động tròn đều là  $\theta = \theta_0 + \omega(t - t_0)$ , với  $\theta_0$ ,  $\theta$  là tọa độ góc tương ứng các thời điểm  $t_0$ ,  $t$ .

## c. Chuyển động tròn biến đổi đều

Chuyển động tròn biến đổi đều là chuyển động tròn và vận tốc góc biến đổi đều (tăng đều hoặc giảm đều) theo thời gian.

Các phương trình của vật chuyển động tròn biến đổi đều là

$$\omega = \omega_0 + \beta(t - t_0), \quad (1.28)$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2}\beta(t - t_0)^2, \quad (1.29)$$

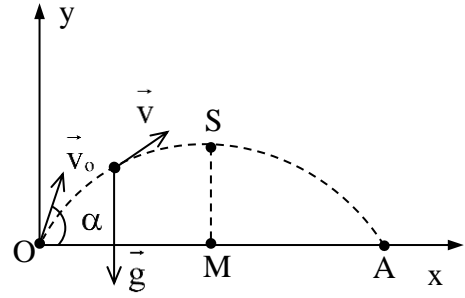
$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta(\theta - \theta_0). \quad (1.30)$$

với  $\omega_0$ ,  $\omega$  là vận tốc góc tương ứng các thời điểm  $t_0$ ,  $t$ .

### 1.5.3. Chuyển động của vật bị ném

Xét chuyển động của một vật bị ném lên từ một điểm trên mặt đất với vận tốc ban đầu  $\vec{v}_0$  hợp với mặt đất góc  $\alpha$ .

Chọn hệ quy chiếu là hệ toạ độ phẳng xOy, gốc O tại vị trí ném vật.



Các giá trị tại thời điểm ban đầu  $t_0 = 0$ :

$$x_0 = 0, y_0 = 0, \quad (1.31)$$

$$a_x = 0, a_y = -g, \quad (1.32)$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha, v_{0y} = v_0 \sin \alpha. \quad (1.33)$$

Các giá trị tại thời điểm t:

$$v_x = v_{0x} + a_x t = v_0 \cos \alpha, \quad (1.34)$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t = v_0 \sin \alpha - gt, \quad (1.35)$$

$$x = x_0 + v_{0x} t = v_0 \cos \alpha \cdot t, \quad (1.36)$$

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} gt^2, \quad (1.37)$$

Phương trình quỹ đạo:

$$y = -\frac{1}{2} \frac{gx^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha. \quad (1.38)$$

Vậy quỹ đạo là một parabol quay bề lõm xuống dưới. Hơn nữa, tại điểm cao nhất,  $v_y = 0$  nên ta suy ra thời điểm và các tọa độ tương ứng là

$$t_s = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}; \quad x_s = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}; \quad y_s = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}. \quad (1.39)$$

Từ tính đối xứng của quỹ đạo, ta suy ra điểm xa nhất:  $OA = 2x_s$ .

### 1.5.4. Dao động điều hòa thẳng

Dao động điều hòa là một dạng chuyển động mà ly độ của vật có dạng hằng số nhân với hàm sin hoặc hàm cosin theo thời gian.

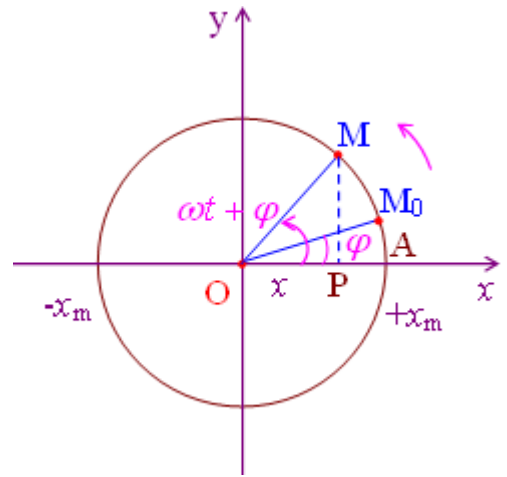
Phương trình chuyển động

$$x = A \cos(\omega t + \varphi), \quad (1.40)$$

với A là biên độ dao động,  $\omega$  là tần số góc,  $\varphi$  là pha ban đầu.

- ✓ Tốc độ:  $v = x' = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$ .
- ✓ Gia tốc:  $a = v' = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$ .
- ✓ Chu kỳ:  $T = 2\pi / \omega$ ,  $f = \omega / 2\pi$ .

Sự liên hệ giữa dao động điều hòa và chuyển động tròn đều: Hình chiếu của vật chuyển động tròn đều lên đường kính quỹ đạo thực hiện chuyển động dao động điều hòa.



## BÀI TẬP CHƯƠNG 1

1. Bạn A rời Hà Nội lúc 8h sáng để đi đến Đà Nẵng cách đó 400 km. Bạn A đi với tốc độ không đổi 50 km/h. Bạn B cũng tới Đà Nẵng từ Hà Nội lúc 9h sáng và đi với tốc độ ổn định 60 km/h.

a. Ai đến Đà Nẵng trước?

b. Người đến trước phải đợi người đến sau bao lâu?

Đáp án: a. Bạn B    b. 20 phút

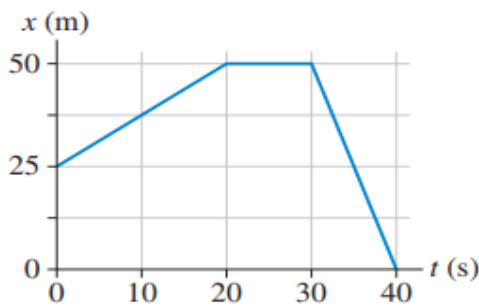
2. Bạn A lái xe 100 km đến nhà bà ngoại. Trên đường đi, A đi nửa đoạn đường đầu tiên với tốc độ 40 km/h và nửa đoạn đường còn lại đi với tốc độ 60 km/h. Trên đường quay về, A đi nửa thời gian đầu với tốc độ 40 km/h và nửa thời gian sau với tốc độ 60 km/h.

a. Tốc độ TB của A trên đường đến nhà bà ngoại bằng bao nhiêu?

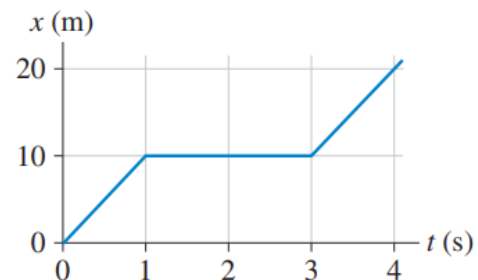
b. Tốc độ TB của A trên đường trở về là bao nhiêu?

Đáp án: a. 48 km/h    b. 50 km/h

3. Hình Ex1.3 là đồ thị vị trí theo thời gian của một người chạy bộ. Tính vận tốc của người chạy bộ tại thời điểm  $t = 10\text{s}$ ,  $25\text{s}$  và  $35\text{s}$ ?



Ex1.3



Ex1.4

Đáp án: 1,25 m/s; 0; -5 m/s

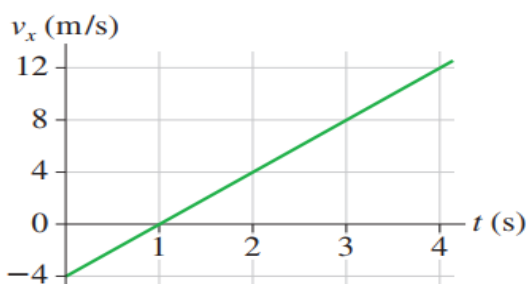
4. Hình Ex1.4 là đồ thị chỉ vị trí theo thời gian của một chất điểm.

a. Vẽ đồ thị vận tốc của chất điểm trong khoảng thời gian 0-4 (s)

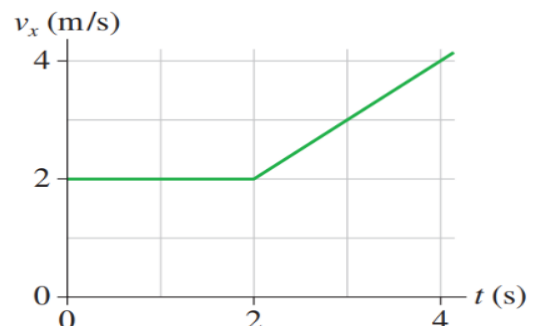
b. Chất điểm có một hay nhiều điểm đổi chiều chuyển động? tại những thời điểm nào?

Đáp án: b. không

5. Một chất điểm xuất phát từ tọa độ  $x_0 = 10\text{ m}$  tại  $t_0 = 0\text{ s}$  và di chuyển với vận tốc được mô tả như hình Ex1.5.



Ex1.5



Ex1.6

a. Chất điểm có đảo hướng chuyển động hay không? Nếu có, vào thời điểm nào? ở vị trí nào?

b. Xác định vị trí và quãng đường đã đi của chất điểm tại  $t = 2 \text{ s}$  và  $4 \text{ s}$ ?

Đáp án: a. có, 1 s, 8 m                      b. 10 m, 4 m; 26 m, 20 m

**6.** Hình Ex1.6 chỉ đồ thị vận tốc theo thời gian của một chất điểm. Vẽ đồ thị gia tốc của chất điểm trong khoảng thời gian  $0 \leq t \leq 4 \text{ s}$ .

**7.** Một ô tô bắt đầu chuyển động từ trạng thái nghỉ ở điểm dừng đèn đỏ giao thông. Nó tăng tốc với gia tốc  $4 \text{ m/s}^2$  trong 6 s, đi đều trong 2 s, rồi giảm tốc  $3 \text{ m/s}^2$  cho đến khi dừng lại ở đèn đỏ tiếp theo. Khoảng cách giữa hai đèn đỏ là bao nhiêu?

Đáp án: 216 m

**8.** Một người đứng trên mặt đất ném quả bóng thẳng đứng hướng lên. Quả bóng rời khỏi tay với tốc độ  $15 \text{ m/s}$ . Biết tay cách mặt đất 2 m. Hỏi sau bao lâu bóng chạm đất? vận tốc lúc chạm đất? quãng đường bóng đã đi được? (quả bóng không chạm tay người khi rơi). Bỏ qua lực cản và lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Đáp án: 3,128 s; 16,28 m/s; 26,5 m

**9.** Bạn thực hiện một thí nghiệm khoa học bằng cách thả rơi một quả dưa hấu từ đỉnh tòa nhà Empire State, cao 320 m so với vỉa hè. Cùng lúc đó, một siêu nhân xuất phát tại chỗ bạn thả quả dưa hấu và bay thẳng xuống với tốc độ không đổi  $35 \text{ m/s}$ . Khi quả dưa hấu vượt qua siêu nhân, tốc độ của nó là bao nhiêu? Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Đáp án: 70 m/s

**10.** Một vận động viên trượt tuyết đang trượt theo phương ngang với tốc độ  $3 \text{ m/s}$ , bỏ qua ma sát. Đột nhiên anh ta trượt xuống một đường dốc có góc nghiêng là  $10^\circ$ . Tốc độ ở cuối chân dốc là  $15 \text{ m/s}$ . Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

a. Xác định chiều dài của dốc.

b. Mất bao lâu để anh ấy xuống đến chân dốc?

Đáp án: a. 62,2 m                      b. 6,9 s

**11.** Một người trượt tuyết từ đỉnh ngọn đồi dài 50 m (dốc nghiêng  $15^\circ$  so với phương nằm ngang) xuống chân đồi, sau đó cô ấy trượt theo chiều ngang trước khi trượt lên dốc nghiêng  $25^\circ$ . Bỏ qua ma sát. Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

a. Xác định vận tốc của cô ấy ở dưới chân đồi.

b. Cô ấy có thể lên bao xa ở dốc nghiêng  $25^\circ$ ?

Đáp án: a. 16 m/s      b. 30,3 m

**12.** Một chất điểm di chuyển dọc theo trục x có vị trí mô tả bởi phương trình  $x = 2t^3 + 2t + 1 \text{ (m)}$ , trong đó t tính bằng s. Tại  $t = 2 \text{ s}$ , tìm vị trí, vận tốc, gia tốc của chất điểm?

Đáp án: 21 m; 26 m/s;  $24 \text{ m/s}^2$

**13.** Một chất điểm di chuyển dọc theo trục x có vận tốc được mô tả bởi phương trình

$v_x = 2t^2$  (m/s), trong đó  $t$  tính bằng s. Vị trí ban đầu của nó là  $x_0 = 1$  m tại  $t_0 = 0$  s. Tại  $t = 1$  s, tìm vị trí, vận tốc và gia tốc của chất điểm?

Đáp án:  $5/3$  m;  $2$  m/s;  $4$  m/s<sup>2</sup>

**14.** Một tên lửa thời tiết nặng 200 kg được nạp 100 kg nhiên liệu và phóng thẳng lên. Nó tăng tốc với gia tốc  $30$  m/s<sup>2</sup> trong 30 giây, sau đó hết nhiên liệu. Bỏ qua mọi sức cản của không khí. Lấy  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

- Xác định độ cao cực đại của tên lửa?
- Sau bao lâu tên lửa chạm đất?

Đáp án: a. 54 km    b. 224 s

**15.** Vị trí của một chất điểm được cho bởi phương trình  $x = 2t^3 - 6t^2 + 12$  (m), trong đó  $t$  tính bằng s.

- Tại thời điểm nào chất điểm đạt vận tốc nhỏ nhất ( $v_{\min}$ )? xác định giá trị  $v_{\min}$ .
- Tại thời điểm nào gia tốc của chất điểm bằng không?

Đáp án: a. 1 s;  $-6$  m/s.    b. 1 s.

**16.** Quỹ đạo của một chất điểm được cho bởi  $x = 0.5t^3 - 2t^2$  (m) và  $y = 0.5t^2 - 2t$  (m), trong đó  $t$  tính bằng s.

- Xác định vị trí và vận tốc của chất điểm tại  $t = 0$  và  $t = 4$  s?
- Xác định hướng di chuyển của hạt qua góc hợp với trục  $x$  tại  $t = 0$  và  $t = 4$  s.

Đáp án: a.  $x_0=0, y_0=0, v=2$  m/s;  $x_0=0, y_0=0, v=8,3$  m/s    b.  $-90^\circ; \arctan 4$

**17.** Từ đỉnh tháp cao  $H = 25$  m người ta ném một hòn đá lên phía trên với vận tốc  $v_0 = 15$  m/s theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc  $30^\circ$ . Xác định:

- Thời gian chuyển động của hòn đá
- Khoảng cách từ chân tháp đến chỗ rơi của hòn đá
- Vận tốc của hòn đá lúc chạm đất

Đáp án: a. 3,16s    b. 41,1m    c. 26,7 m/s

**18.** Một chiếc máy bay đi tiếp tế cho các nhà khoa học trên sông băng ở Greenland. Máy bay đang bay ở độ cao 100 m so với sông băng và có tốc độ 150 m/s. Máy bay cần thả kiện hàng cách mục tiêu bao xa để các nhà khoa học nhận được đồ tiếp tế? Lấy  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>.

Đáp án: 680 m

**19.** Một hạt bụi trên quay trên đĩa DVD đang quay có gia tốc hướng tâm là  $20$  m/s<sup>2</sup>.

- Xác định gia tốc của một hạt bụi khác ở xa gấp đôi tính từ tâm đĩa?
- Xác định gia tốc của hạt bụi đầu tiên nếu vận tốc góc của đĩa tăng gấp đôi.

Đáp án: a.  $40$  m/s<sup>2</sup>    b.  $80$  m/s<sup>2</sup>

**20.** Một đoàn tàu bắt đầu chạy vào một đoạn đường tròn, bán kính 1000m, dài 600m, với vận tốc 54km/giờ. Đoàn tàu chạy hết đoạn đường đó trong 30 giây. Tìm vận tốc dài, gia tốc pháp tuyến, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc toàn phần và gia tốc góc của đoàn tàu ở cuối quãng đường đó. Coi chuyển động của đoàn tàu là nhanh dần đều.



Đáp án: 90 km/h; 0,625m/s<sup>2</sup>; 0,708m/s<sup>2</sup>;  $3,3 \cdot 10^{-4}$  rad/s<sup>2</sup>