

VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 1

TS. Nguyễn Thành Sơn

Bộ môn Vật lý Ứng dụng – Khoa Khoa học Ứng dụng
Đại học Bách Khoa Tp.HCM

VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

Giới thiệu môn học:

- Số tín chỉ: 4
- Đánh giá:
 - Bài tập lớn: 10%
 - Bài tập: 10%
 - Kiểm tra giữa kỳ (trắc nghiệm): 30%
 - Kiểm tra cuối kỳ (trắc nghiệm): 50%
 - SV phải vào Vật lý 1_Video trong **BKerl** để xem video và làm các bài quiz sau mỗi video: điểm tối thiểu 5 mới được thi cuối kỳ)
 - SV được điểm cộng khi tham gia trả lời các câu hỏi và bài tập nhanh trong quá trình học

Tài liệu:

[1] Vật lý đại cương A1, Nguyễn Thị Bé Bảy, Đại học Bách khoa Tp.HCM (Giáo trình nội bộ), 2009.

[2] Bài Tập Vật lý đại cương A1, Trần Văn Lượng (chủ biên), NXB ĐHQG TP HCM, 2016.

Nội dung:

1. Động học chất điểm.
2. Động LỰC học chất điểm.
3. Cơ học hệ chất điểm – vật rắn.
4. Các định luật thực nghiệm về chất khí.
5. Các nguyên lý nhiệt động học.
6. Trường tĩnh điện trong chân không.
7. Điện trường trong không gian có điện môi – vật dẫn.
8. Trường tĩnh từ trong chân không.

Chương 1: Động học chất điểm

1. ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN.

1.1. Vector vị trí.

1.2. Vector vận tốc.

1.3. Vector gia tốc.

1.4. Phép biến đổi vận tốc và gia tốc.

1.5. Mối quan hệ giữa các đại lượng.

2. CHUYỂN ĐỘNG CỦA CHẤT ĐIỂM.

2.1. Chuyển động thẳng.

2.2. Chuyển động tròn.

2.3. Chuyển động parabol.

1.1. VECTOR VỊ TRÍ

Để xác định vị trí của một chất điểm M trong không gian, người ta thường gắn vào một hệ trục tọa độ (thường là hệ tọa độ Descartes Oxyz). Vị trí của chất điểm M được xác định bởi vector vị trí \vec{r} :

$$\vec{r} = \overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

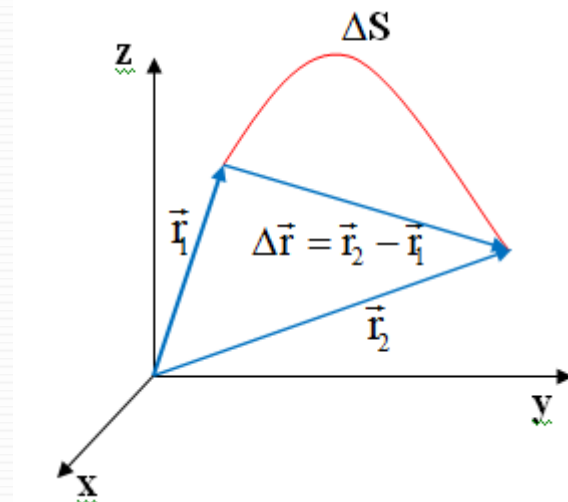
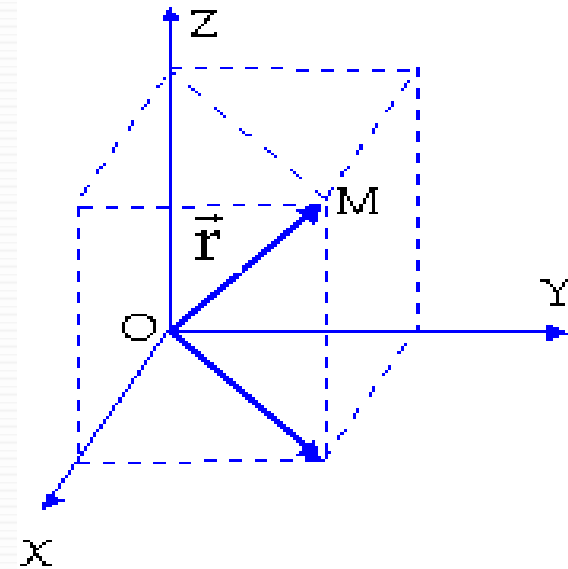
Tại thời điểm t_1 chất điểm có vector vị trí \vec{r}_1

Tại thời điểm t_2 chất điểm có vector vị trí \vec{r}_2

Độ dịch chuyển của chất điểm trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

Quãng đường chất điểm đi được trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$ là ΔS .



1.2. VECTOR VẬN TỐC

a. Vector vận tốc trung bình:

Tại thời điểm t_1 và t_2 chất điểm có vị trí \vec{r}_1, \vec{r}_2

Vector vận tốc trung bình trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$ là:

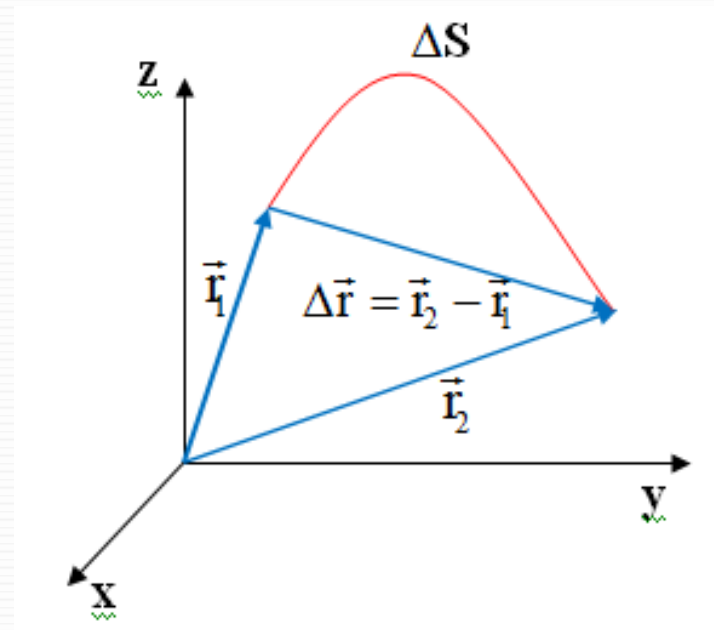
$$\vec{v}_{TB} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Tốc độ trung bình : $v_{TB} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$

→ Nếu sau khoảng thời gian Δt chất điểm trở lại vị trí ban đầu thì:

$$\Delta \vec{r} = \vec{0} \rightarrow \vec{v}_{TB} = \vec{0}$$

$$\Delta S \neq 0 \rightarrow v_{TB} \neq 0$$



1.2. VECTOR VẬN TỐC

Ví dụ 1

Một canô xuôi dòng từ bến A đến bến B với tốc độ $v_1 = 30$ km/h, rồi ngược dòng từ B về A với tốc độ $v_2 = 20$ km/h. Tìm:

- Vận tốc trung bình của canô trên cả quãng đường.
- Tốc độ trung bình của canô trên cả quãng đường

a) $\vec{v} = 0$

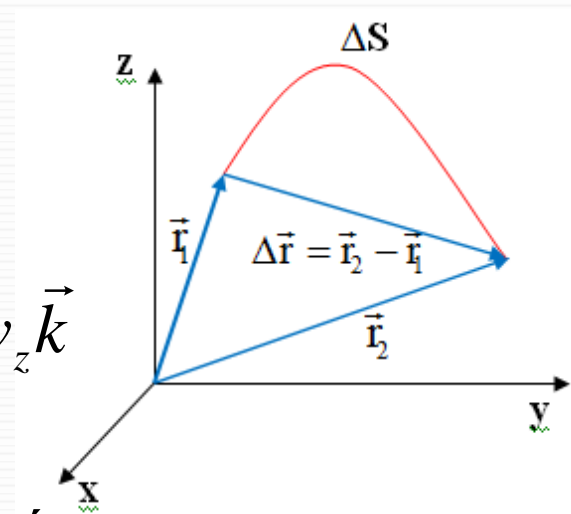
b) $v = \frac{s}{t} = \frac{2s}{s\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)} = 24$

1.2. VECTOR VẬN TỐC

b. Vector vận tốc tức thời: Vận tốc tại một thời điểm xác định

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

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$$



*Vector vận tốc có phương là phương tiếp tuyến với quỹ đạo và chiều hướng theo chiều chuyển động

*Độ lớn:

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

1.2. VECTOR VẬN TỐC

Ví dụ 2:

Chất điểm chuyển động trên trục Ox với vận tốc $v = 2\sqrt{x}$ (m/s) theo chiều dương và bắt đầu từ gốc tọa độ O.

Tìm vận tốc của chất điểm tại thời điểm $t = 5$ s.

$$\begin{aligned} \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 &\Leftrightarrow 2 \cdot \frac{v}{2} \cdot \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = 2 \\ (\Rightarrow) \quad \frac{1}{2} v \frac{dv}{dt} &= 2 \\ \int v \, dv &= 2 \int dt \Rightarrow v = 10 \end{aligned}$$

1.3. VECTOR GIA TỐC

a. Vector gia tốc trung bình: Đặc trưng cho sự biến đổi của vận tốc trong 1 khoảng thời gian:

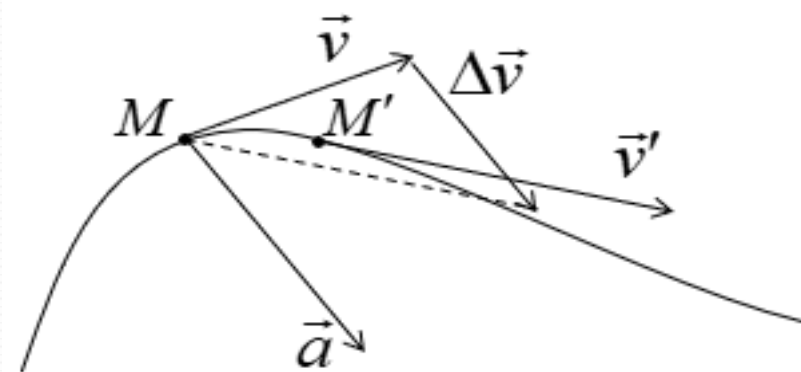
$$\vec{a}_{TB} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

b. Vector vận tốc tức thời: Đặc trưng cho sự biến đổi của vận tốc tại 1 thời điểm xác định:

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

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

Độ lớn: $|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$



1.3. VECTOR GIA TỐC

c. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến:

Phân tích:

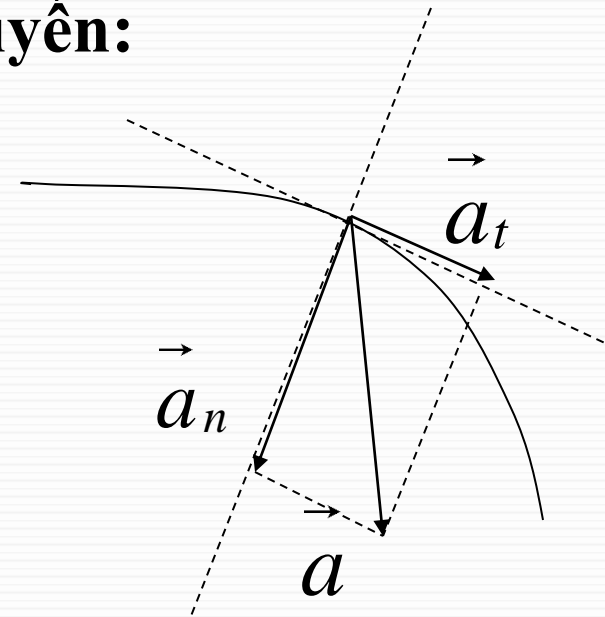
$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + \frac{v^2}{R} \vec{n} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

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

Trong đó:

$$a_n = a_{ht} = \frac{v^2}{R} \quad \text{Đặc trưng cho sự biến thiên nhanh chậm về} \\ \text{phương vận tốc}$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} \quad \text{Đặc trưng cho sự biến thiên nhanh chậm của} \\ \text{độ lớn vận tốc}$$

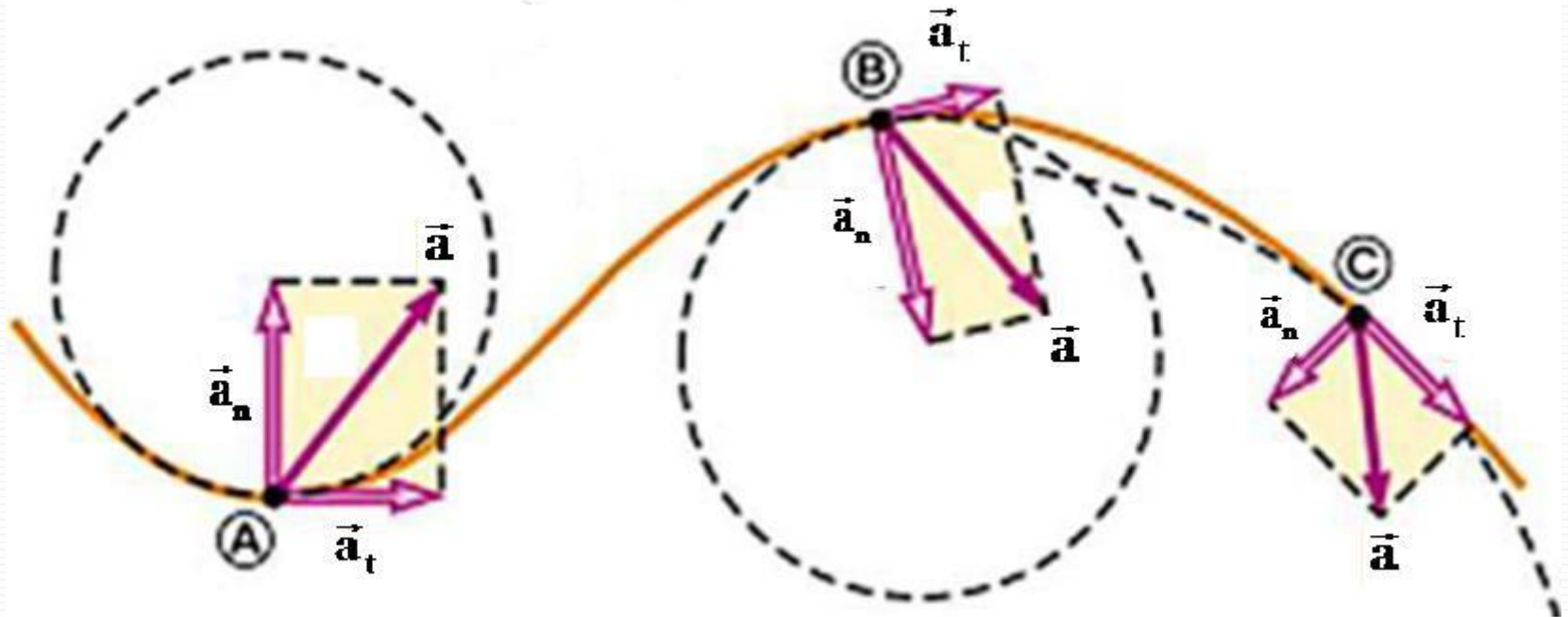


Với R là bán kính cong của quỹ đạo

1.3. VECTOR GIA TỐC

c. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến:

Biểu diễn gia tốc tiếp tuyến và pháp tuyến của chất điểm chuyển động trên quỹ đạo cong bất kỳ



1.4. PHÉP BIẾN ĐỔI VẬN TỐC VÀ GIA TỐC

*Chuyển động có tính tương đối nên vận tốc của chất điểm phụ thuộc vào hệ qui chiếu.

Xét HQC (K') $O'x'y'z'$ chuyển động tịnh tiến so với HQC (K) $Oxyz$

■ Trong hệ (K): $\vec{r} = \overrightarrow{OM}$

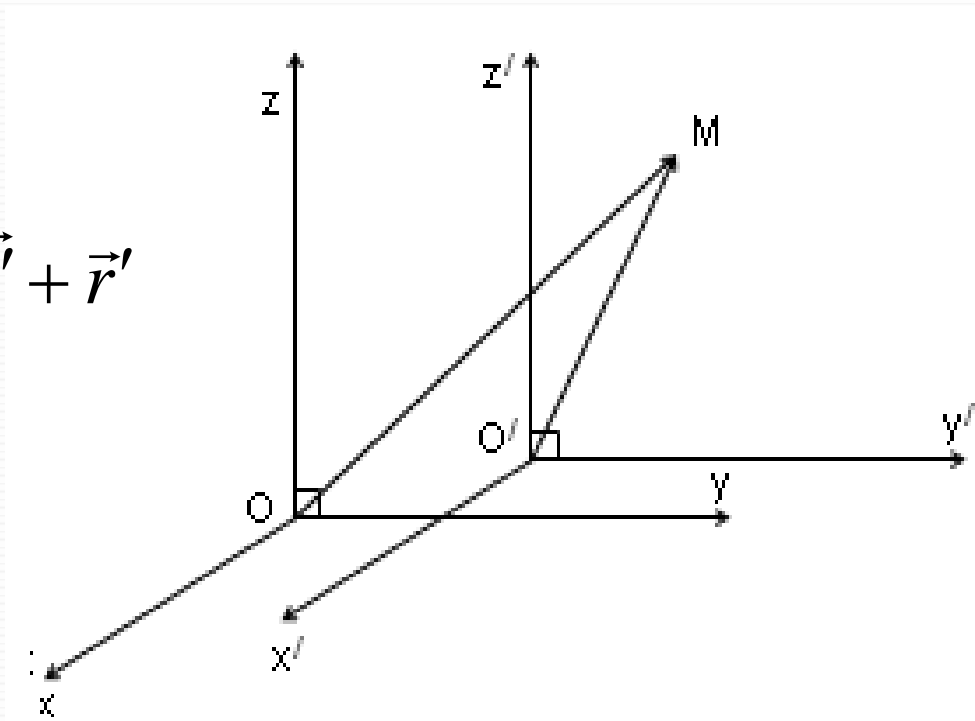
■ Trong hệ (K'): $\vec{r}' = \overrightarrow{O'M}$

$$\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OO'} + \overrightarrow{O'M} \rightarrow \vec{r} = \overrightarrow{OO'} + \vec{r}'$$

Đạo hàm 2 vế theo t:

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

$$\rightarrow \vec{V}_{M/K} = \vec{V}_{M/K'} + \vec{V}_{K'/K} \quad (1)$$

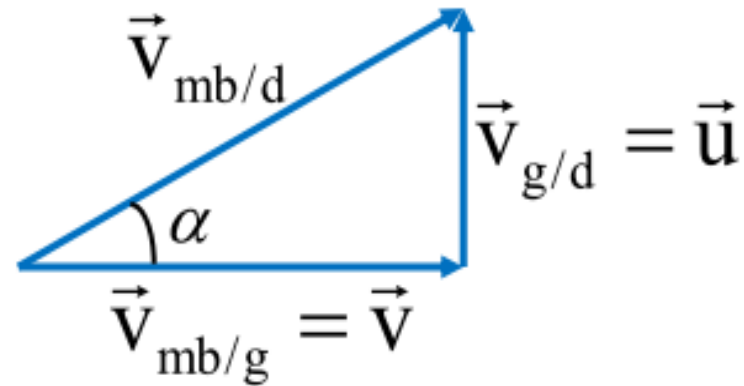


Đạo hàm (1) theo t: $\vec{a}_{M/K} = \vec{a}_{M/K'} + \vec{a}_{K'/K}$

1.4. PHÉP BIẾN ĐỔI VẬN TỐC VÀ GIA TỐC

Ví dụ 3: Một máy bay bay về hướng Đông với tốc độ $v = 400 \text{ km/h}$ đối với gió. Gió thổi về hướng Bắc với tốc độ $u = 75 \text{ km/h}$ đối với mặt đất. Xác định độ lớn và hướng của vận tốc máy bay đối với mặt đất.

Hướng dẫn



1.5. MỐI QUAN HỆ GIỮA CÁC ĐẠI LƯỢNG

*Từ định nghĩa gia tốc tức thời ta có:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \rightarrow d\vec{v} = \vec{a}dt \rightarrow \vec{v} = \vec{v}_0 + \int_{t_0}^t \vec{a}dt \quad (1)$$

*Từ định nghĩa vận tốc tức thời ta có:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \rightarrow d\vec{r} = \vec{v}dt \rightarrow \vec{r} = \vec{r}_0 + \int_{t_0}^t \vec{v}dt \quad (2)$$

Nếu vector gia tốc là hằng số ($\vec{a} = \overline{const}$), thế (1) vào (2) ta có:

Phương trình vận tốc: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}\Delta t$

Phương trình chuyển động (vị trí): $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0\Delta t + \frac{1}{2}\vec{a}\Delta t^2$

với $\Delta t = t - t_0$, nếu chọn $t_0 = 0$ thì $\Delta t = t$.

Phương trình quỹ đạo (thể hiện mối liên hệ giữa các tọa độ)

$$f(x, y, z) \stackrel{!}{=} 0$$

2.1. CHUYỂN ĐỘNG THẲNG

Vận tốc không thay đổi phương nên gia tốc pháp tuyến luôn bằng không, gia tốc toàn phần bằng gia tốc tiếp tuyến $\vec{a}_n = 0$, $\vec{a} = \vec{a}_t$

a. Thẳng đều:



- Gia tốc bằng không: $\vec{a} = \vec{0}$
- Vận tốc không đổi cả phương chiều và độ lớn: $\vec{v} = \overrightarrow{const}$
- Phương trình chuyển động: $x = x_0 + v(t - t_0)$
trong đó x_0 là tọa độ của chất điểm tại thời điểm ban đầu $t = t_0$.
- Các đại lượng x và v trong PT trên là giá trị đại số, có thể âm hoặc dương tùy thuộc vào chiều của trục Ox được chọn. Quy ước này áp dụng cho tất cả các PT chuyển động khác trong mục **2.1** và **2.2**.

2.1. CHUYỂN ĐỘNG THẲNG

b. Thẳng biến đổi đều:

- Gia tốc không đổi: $\vec{a} = \overrightarrow{const}$

Chuyển động nhanh dần $\vec{a} \cdot \vec{v} > 0$

Chuyển động chậm dần $\vec{a} \cdot \vec{v} < 0$

- Vận tốc thay đổi theo pt: $v = v_0 + a\Delta t$

- Phương trình chuyển động: $x = x_0 + v_0\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$

- Mối liên hệ giữa các đại lượng: $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$



2.1. CHUYỂN ĐỘNG THẲNG

Ví dụ 4: Một vật được ném đứng từ mặt đất lên cao với vận tốc 10 m/s. Tìm độ cao cực đại và thời gian chuyển động của vật. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Hướng dẫn

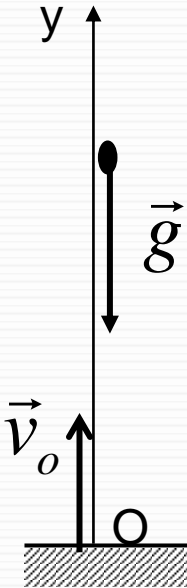
- Chọn trục Oy hướng lên (hình vẽ), gốc thời gian lúc ném.

$$y_0 = 0, t_0 = 0, a = -g$$

- Phương trình chuyển động và phương trình vận tốc

$$y = y_0 + v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$v = v_0 + a \Delta t$$

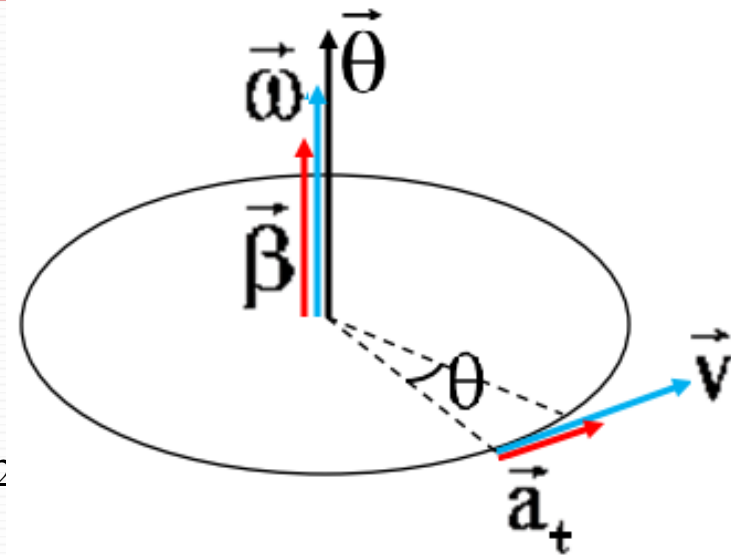


2.2. CHUYỂN ĐỘNG TRÒN

Các đại lượng góc:

- Góc quay: θ (radian)
- Vận tốc góc: $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\theta}}{dt}$ (rad / s)
- Gia tốc góc: $\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\vec{\theta}}{dt^2}$ (rad / s²)

(chiều các vector đại lượng góc theo quy tắc nắm tay phải)



Đại lượng dài	S	v	a _t	a _n
Đại lượng góc	θ	ω	β	
Mối liên hệ	$s = R.\theta$ $\vec{s} = [\vec{\theta}, \vec{R}]$	$v = R.\omega$ $\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{R}]$	$a_t = R.\beta$ $\vec{a}_t = [\vec{\beta}, \vec{R}]$	$a_n = R\omega^2$

2.2. CHUYỂN ĐỘNG TRÒN

a. Tròn đều:

- Gia tốc pháp tuyến có độ lớn không đổi: $|\vec{a}_n| = \text{const}$
- Gia tốc tiếp tuyến, gia tốc góc bằng 0: $a_t = 0, \beta = 0$
- Vận tốc góc không đổi: $\vec{\omega} = \overrightarrow{\text{const}}$
- Phương trình chuyển động: $\theta = \theta_0 + \omega\Delta t$
- Chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega}$
- Tần số: $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

2.2. CHUYỂN ĐỘNG TRÒN

b. Tròn biến đổi đều:

- Gia tốc pháp tuyến thay đổi: $\vec{a}_n \neq \overrightarrow{const}$
- Gia tốc tiếp tuyến có độ lớn không đổi: $|\vec{a}_t| = const$
- Gia tốc góc không đổi: $\vec{\beta} = \overrightarrow{const}$

Chuyển động nhanh dần $\vec{a}_t \cdot \vec{v} > 0, \vec{\beta} \cdot \vec{\omega} > 0$

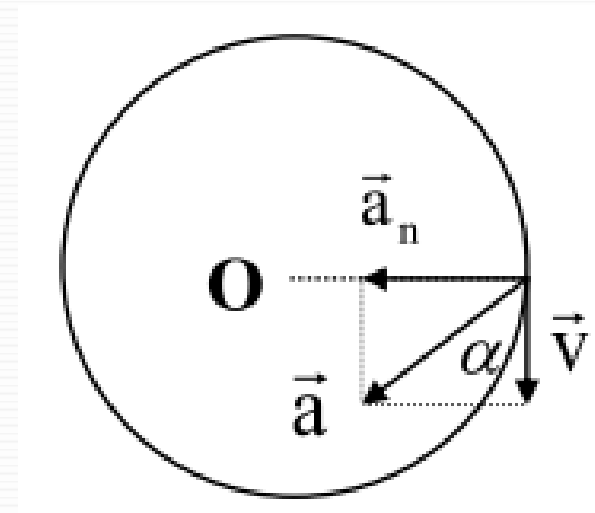
Chuyển động chậm dần $\vec{a}_t \cdot \vec{v} < 0, \vec{\beta} \cdot \vec{\omega} < 0$

- Tốc độ góc thay đổi theo pt: $\omega = \omega_0 + \beta \Delta t$
- Phương trình chuyển động góc: $\theta = \theta_0 + \omega_0 \Delta t + \frac{1}{2} \beta \Delta t^2$
- Mối liên hệ giữa các đại lượng: $\omega^2 - \omega_0^2 = 2a(\theta - \theta_0)$

2.2. CHUYỂN ĐỘNG TRÒN

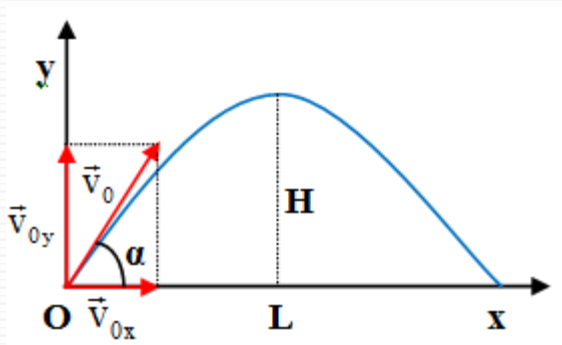
Ví dụ 5: Một chất điểm chuyển động tròn với vận tốc góc $\omega = kt^2$, trong đó $k=0,01 \text{ rad/s}^2$. Sau khoảng thời gian $t = 5\text{s}$ kể từ lúc bắt đầu chuyển động, tìm góc hợp bởi vector gia tốc toàn phần và vector vận tốc.

Hướng dẫn

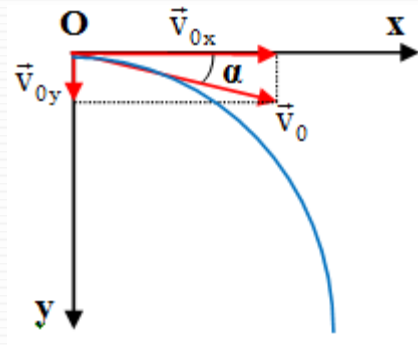


2.3. CHUYỂN ĐỘNG PARABOL

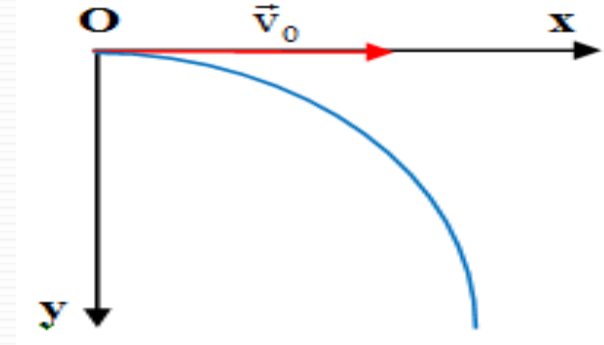
- Ném một vật chuyển động trong trường trọng lực, bỏ qua ma sát, vật sẽ luôn có gia tốc trọng trường hướng xuống.
- Phương trình chuyển động của vật được viết theo phương ngang và phương đứng tạo thành hệ 2 phương trình.
- Quỹ đạo chuyển động của vật luôn là đường parabol.
- Có 3 kiểu ném vật thường gặp:



Ném xiên lên



Ném xiên xuống



Ném ngang

2.3. CHUYỂN ĐỘNG PARABOL

a. Ném xiên lên

- Phương trình chuyển động:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

- Phương trình quỹ đạo:

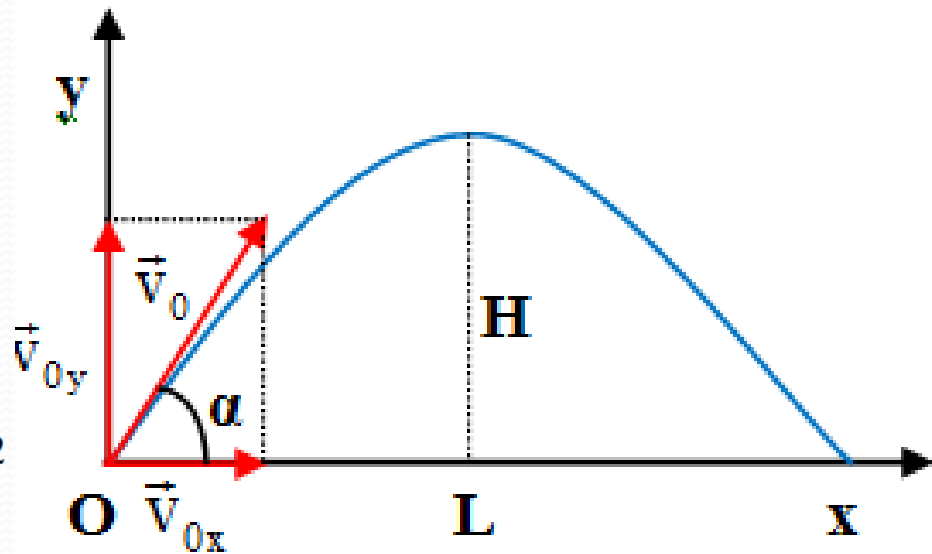
$$y = \tan \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$$

→ Quỹ đạo chuyển động có dạng parabol.

- Phương trình vận tốc:
$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = v_0 \sin \alpha - g t \end{cases}$$

→ Vận tốc theo phương ngang không đổi: $v_x = \text{const.}$

Vận tốc theo phương đứng giảm dần đến độ cao H thì $v_y = 0$, sau đó lại tăng dần.



2.3. CHUYỂN ĐỘNG PARABOL

a. Ném xiên lên

- Thời gian vật đạt đến độ cao H: $v_y = 0 \rightarrow t_H = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

- Thời gian vật chạm đất:
 $y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 = 0 \rightarrow t_L = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

→ Ta thấy $t_L = 2t_H$. Điều này là do tính đối xứng của quỹ đạo parabol.

- Độ cao cực đại mà vật đạt được: $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

- Tầm xa mà vật đạt được: $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

2.3. CHUYỂN ĐỘNG PARABOL

b. Ném xiên xuống

- Phương trình chuyển động:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

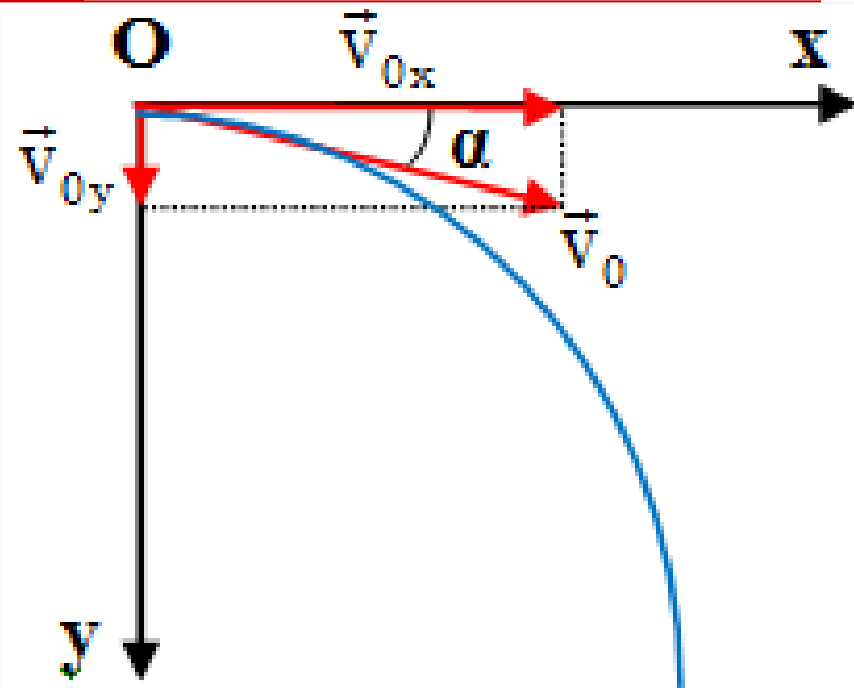
- Phương trình quỹ đạo:

$$y = \tan \alpha \cdot x + \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$$

→ Quỹ đạo chuyển động có dạng parabol.

- Phương trình vận tốc:
$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = v_0 \sin \alpha + g t \end{cases}$$

→ Vận tốc theo phương ngang không đổi: $v_x = \text{const.}$
Vận tốc theo phương đứng tăng dần theo thời gian.



2.3. CHUYỂN ĐỘNG PARABOL

c. Ném ngang

- Phương trình chuyển động:

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

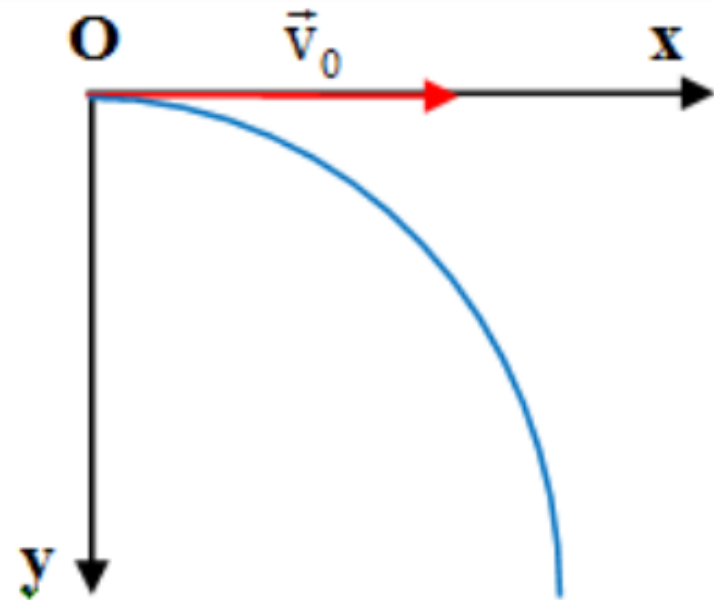
- Phương trình quỹ đạo:

$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

→ Quỹ đạo chuyển động có dạng parabol.

- Phương trình vận tốc: $\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = gt \end{cases}$

→ Vận tốc theo phương ngang không đổi: $v_x = \text{const.}$
Vận tốc theo phương đứng tăng dần theo thời gian.



2.3. CHUYỂN ĐỘNG PARABOL

Ví dụ 6: Một vật được ném ngang từ độ cao $H = 4,9$ m với vận tốc đầu $v_0 = 10\text{m/s}$. Bỏ qua sức cản của không khí.

- Tìm biểu thức vận tốc của vật tại thời điểm t .
- Tìm biểu thức gia tốc pháp tuyến và gia tốc tiếp tuyến của vật tại thời điểm t .
- So sánh bán kính cong quỹ đạo tại vị trí chạm đất với vị trí ném.

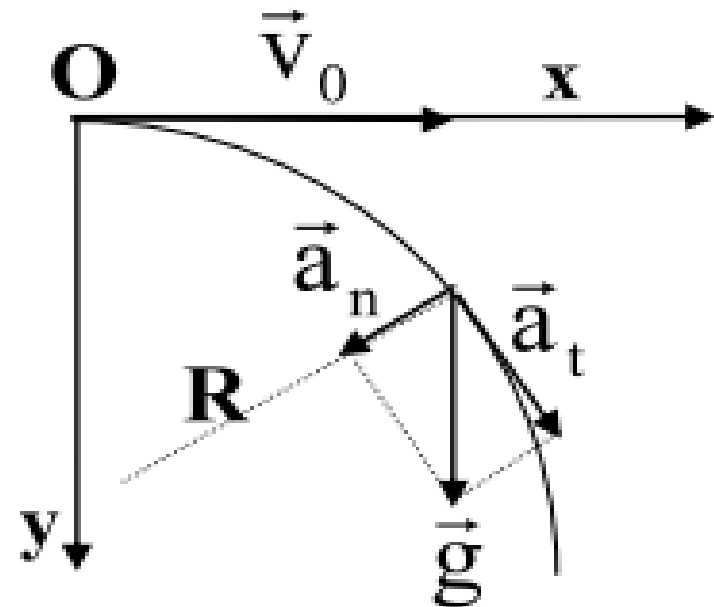
Hướng dẫn

Chọn hệ trục tọa độ Oxy như hình vẽ, gốc tọa độ O tại vị trí ném. Gốc thời gian là lúc bắt đầu ném vật.

a) Phương trình vận tốc:
$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = gt \end{cases}$$

Biểu thức vận tốc:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$



BÀI TẬP LUYỆN THÊM

BÀI 9 (SÁCH BT)

Một chất điểm chuyển động trên trục Ox bắt đầu chuyển động lúc $t=0$, có phương trình chuyển động: $x = t^2 - 10t + 8$ (m;s). Chất điểm chuyển động:

- A. Nhanh dần đều rồi chậm dần đều theo chiều dương.
- B. Nhanh dần đều rồi chậm dần đều theo chiều âm.
- C. Chậm dần đều theo chiều âm rồi nhanh dần đều theo chiều dương.
- D. Chậm dần đều theo chiều dương rồi nhanh dần đều theo chiều âm.

BÀI TẬP LUYỆN THÊM

BÀI 10 (SÁCH BT)

Một chất điểm chuyển động trong mặt phẳng Oxy theo quy luật

$x = b\sin(\omega t); y = b[1 - \cos(\omega t)]$. Chất điểm chuyển động:

A. Tròn biến đổi đều.

B. Tròn đều

C. Thẳng đều.

D. Thẳng biến đổi đều