



NGUYÊN LÝ MÁY



GV: ThS. TRƯƠNG QUANG TRƯỜNG
KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP.HCM



Chương 2

PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC



I. Nội dung và Ý nghĩa

Phân tích động học cơ cấu là nghiên cứu chuyển động của cơ cấu khi cho trước cơ cấu và quy luật chuyển động của khâu dẫn.

1. Nội dung

- Bài toán vị trí
- Bài toán vận tốc
- Bài toán gia tốc

2. Ý nghĩa

- Xác định vị trí → phối hợp và sử dụng chuyển động của các cơ cấu để hoàn thành nhiệm vụ của các máy đặt ra, bố trí không gian, vỏ máy...
- Vận tốc và gia tốc là những thông số cần thiết phản ánh chất lượng làm việc của máy



Phương pháp

Tùy theo nội dung, yêu cầu của từng bài toán, ta có thể sử dụng các phương pháp khác nhau: giải tích, đồ thị, họa đồ vector...

➤ Phương pháp đồ thị, phương pháp họa đồ vector.

Ưu điểm

+ Đơn giản, cụ thể, dễ nhận biết và kiểm tra.

Nhược điểm

+ Thiếu chính xác do sai số dựng hình, sai số đọc...

+ Phương pháp đồ thị, kết quả cho quan hệ giữa một đại lượng động học theo một thông số nhất định thường là khâu dẫn.

+ Phương pháp họa đồ vector, kết quả không liên tục, chỉ ở các điểm rời rạc.

➤ Phương pháp giải tích

Ưu điểm

+ Cho mối quan hệ giữa các đại lượng bằng biểu thức giải tích, dễ dàng cho việc khảo sát dùng máy tính.

+ Độ chính xác cao

Nhược điểm

+ Đối với một số cơ cấu, công thức giải tích rất phức tạp và khó kiểm tra



II. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ CỦA CƠ CẤU

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

Tỉ lệ xích (TLX):

$$K = \frac{\text{Giá trị thực}}{\text{Chiều dài đoạn biểu diễn (mm)}}$$

Các giá trị nên chọn của TLX:

1:1; 1:10; 1:100; 1:1000; 1:10.000

1:2; 1:20; 1:200; 1:2000; 1:20.000

1:5; 1:50; 1:500; 1:5000; 1:50.000

Tỉ lệ xích chiều dài: K_l

$$K_l = \frac{\text{Chiều dài thực (m)}}{\text{Chiều dài đoạn biểu diễn (mm)}}$$

Tỉ lệ xích vận tốc: K_v

$$K_v = \frac{V_B \text{ (m/s)}}{p_v b \text{ (mm)}}$$

Tỉ lệ xích gia tốc: K_a

$$K_a = \frac{a_B \text{ (m/s}^2\text{)}}{p_a b' \text{ (mm)}}$$

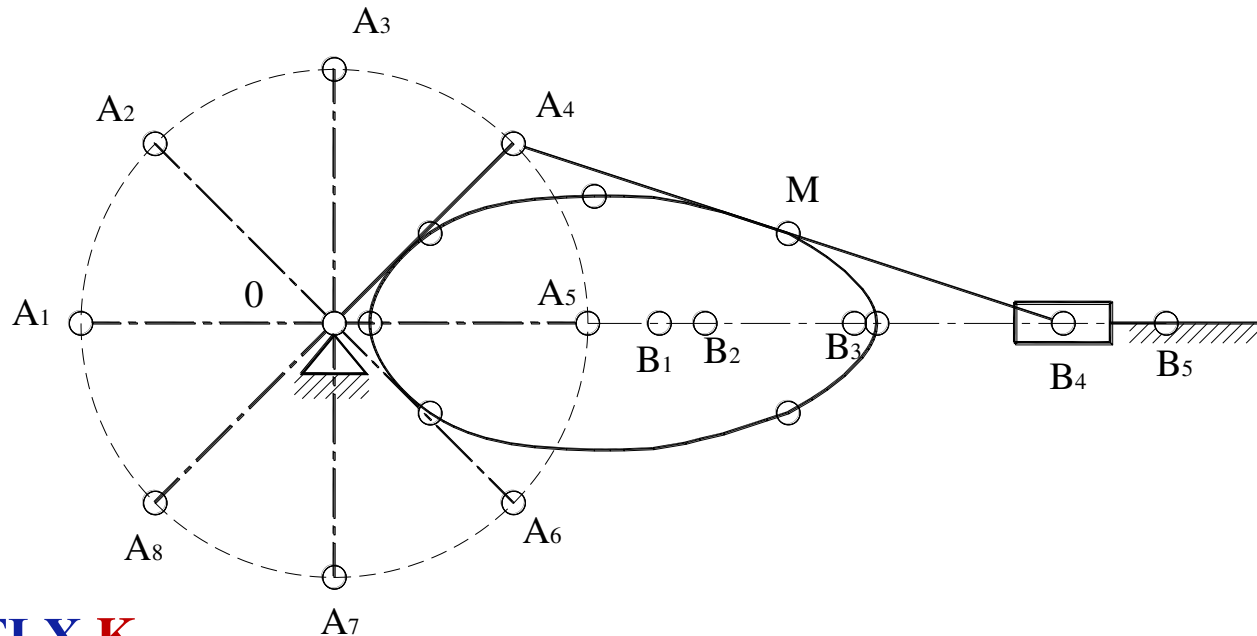
Tỉ lệ xích thời gian, góc quay, vận tốc góc, gia tốc góc,....

$$\Rightarrow V_C = p_v c \cdot K_v$$



II. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ CỦA CƠ CẤU

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



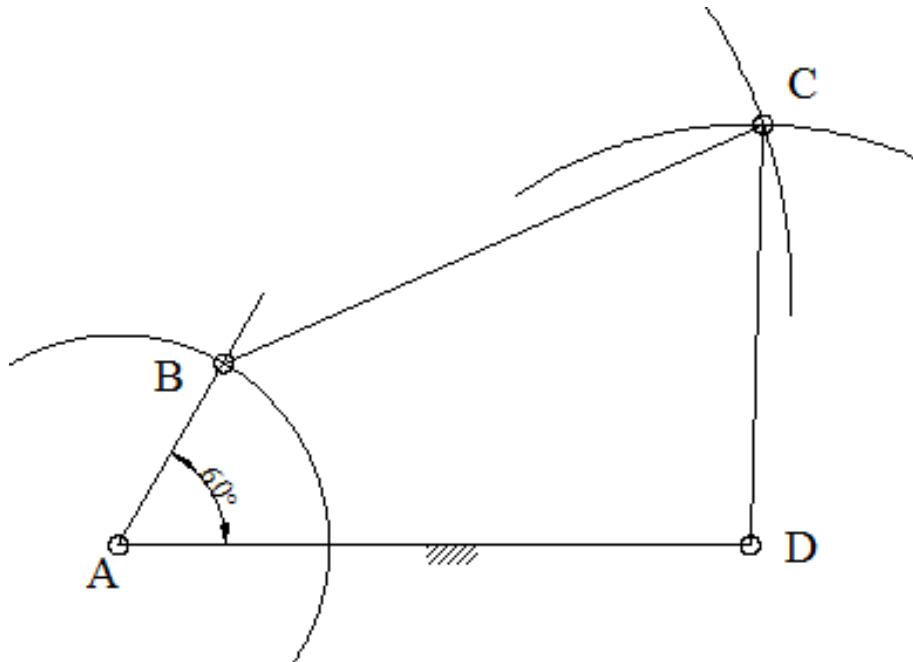
- Chọn TLX K_1
- Vẽ vòng tròn (O, OA)
- Chia vòng tròn đó ra nhiều phần bằng nhau, VD: $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_8$
- Lấy A_i làm tâm, vẽ vòng tròn (A_i, AB) , cắt phương ngang tại B_i
- Tập hợp điểm B_i là quỹ đạo điểm B



II. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ CỦA CƠ CẤU

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

- Lưu ý cách xác định vị trí 1 điểm
- VD: Cho cơ cấu tay quay – con trượt ABCD. Biết $l_{AB} = 1\text{m}$, $l_{BC} = 2,5\text{m}$, $l_{CD} = 2\text{m}$; $l_{AD} = 3\text{m}$ và song song phương ngang. Cho góc quay khâu dẫn AB là $\varphi_1 = 45^\circ$. Vẽ lược đồ cơ cấu?





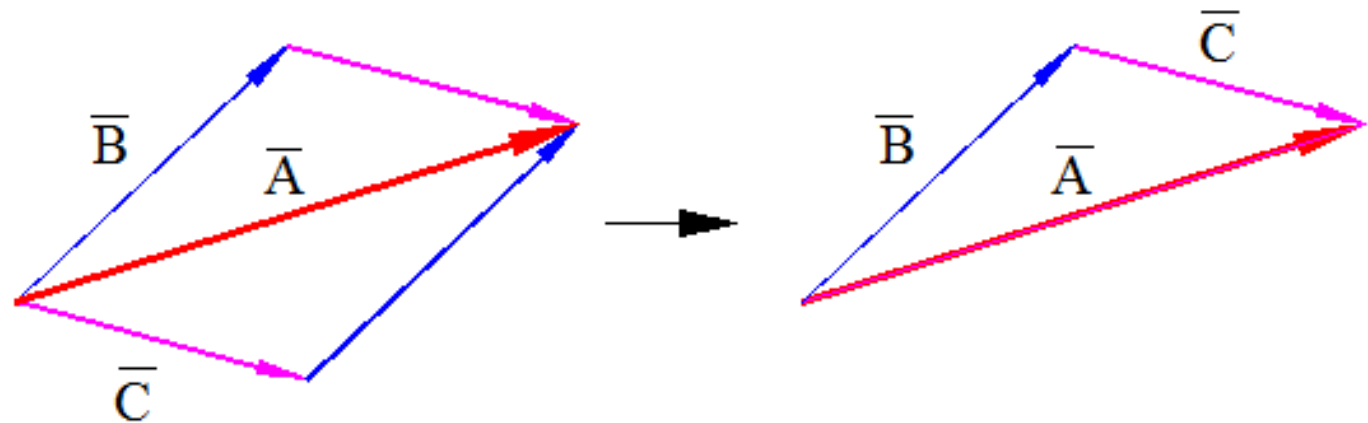
III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

Lý thuyết vectơ

1. Cộng vectơ

$$\vec{A} = \vec{B} + \vec{C}$$



Vector tổng:

Góc = góc vectơ đầu tiên

Ngọn = ngọn vectơ cuối cùng

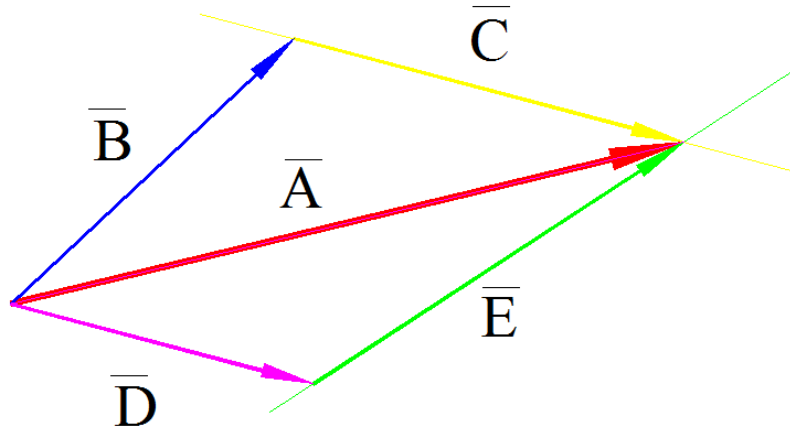


III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

Lý thuyết vectơ

2. Hệ phương trình vectơ



$$\begin{cases} \vec{u} & \vec{u} & \vec{u} \\ A = B + C \\ \vec{u} & \vec{u} & \vec{u} \\ A = D + E \end{cases}$$

Với:

A: vectơ cần tìm

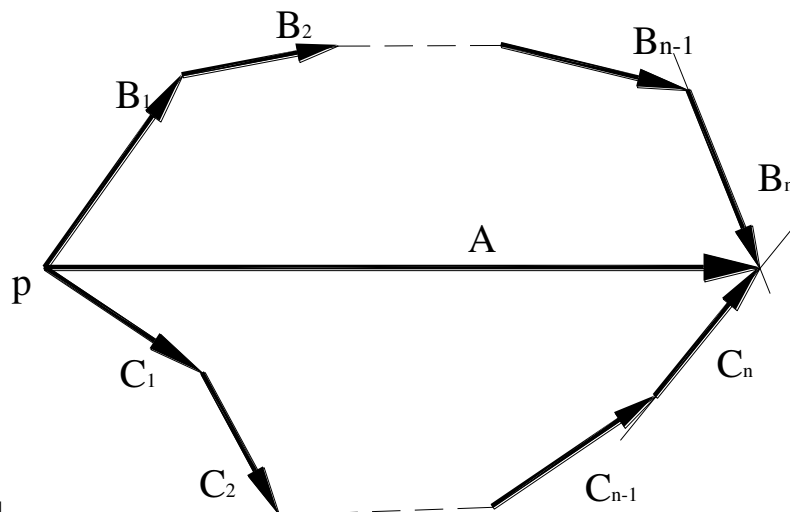
B, D: vectơ đã biết

C, E: vectơ chỉ biết phương

Vectơ cần tìm:

Góc = góc vectơ đầu tiên

Ngọn = điểm giao của hai phương vectơ cuối cùng





III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

Lý thuyết động học

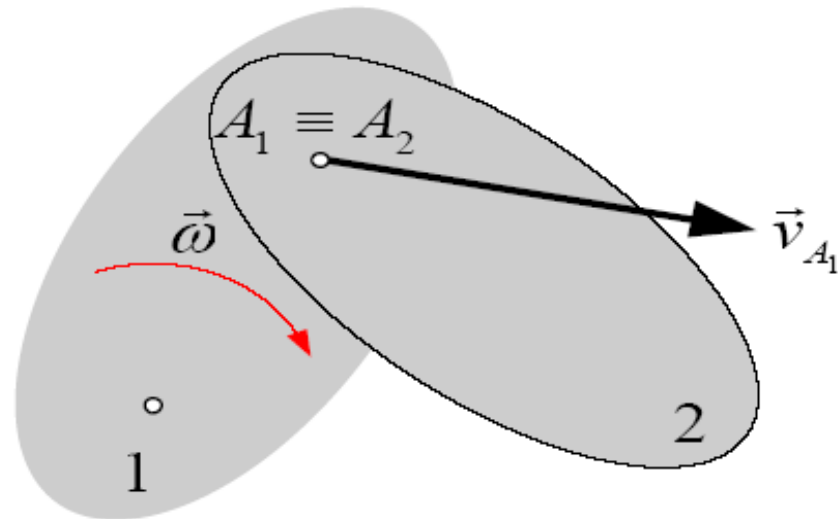
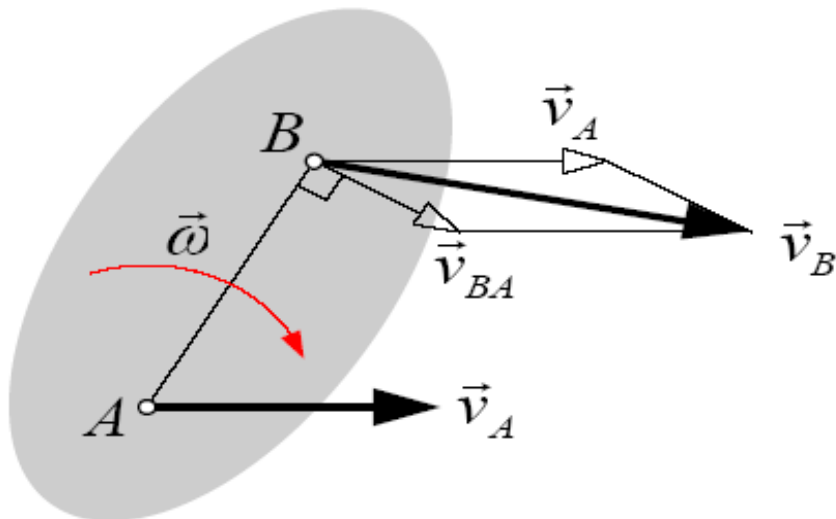
- Định lý liên hệ vận tốc

+ Hai điểm A, B khác nhau cùng thuộc một khâu đang chuyển động song phẳng

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

+ Hai điểm A_1, A_2 trùng nhau, thuộc hai khâu đang chuyển động song phẳng tương đối đối với nhau

$$\vec{v}_{A_2} = \vec{v}_{A_1} + \vec{v}_{A_2A_1}$$





III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

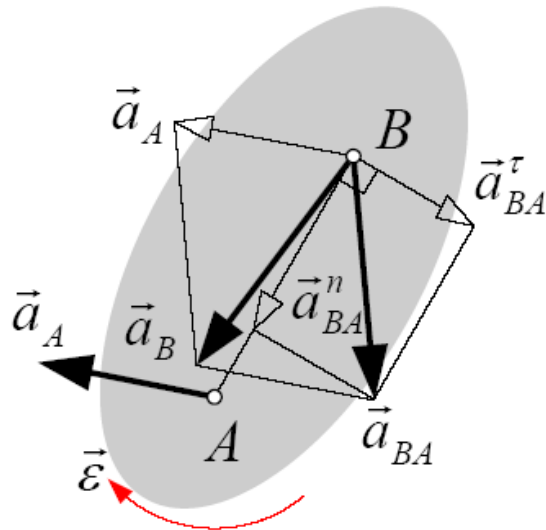
(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

Lý thuyết động học

- Định lý liên hệ gia tốc

+ Hai điểm A, B khác nhau cùng thuộc một khâu đang chuyển động song phẳng

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau$$



$$\vec{a}_{BA}^n = \begin{cases} // \vec{BA} \\ l_{AB} \omega^2 = v_{BA}^2 / l_{AB} \end{cases}$$

$$\vec{a}_{BA}^\tau = \begin{cases} \perp AB \\ \varepsilon l_{AB} \end{cases}$$

+ Hai điểm A₁, A₂ trùng nhau, thuộc hai khâu đang chuyển động song phẳng tương đối đối với nhau

$$\vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_1} + \vec{a}_{A_2A_1} + \vec{a}_{A_2A_1}$$

$$\vec{a}_{A_2A_1} = \begin{cases} \Gamma \\ // v_{A_2A_1} \text{ quay } 90^\circ \text{ theo } \omega_1 \\ 2\omega_1 v_{A_2A_1} \end{cases}$$

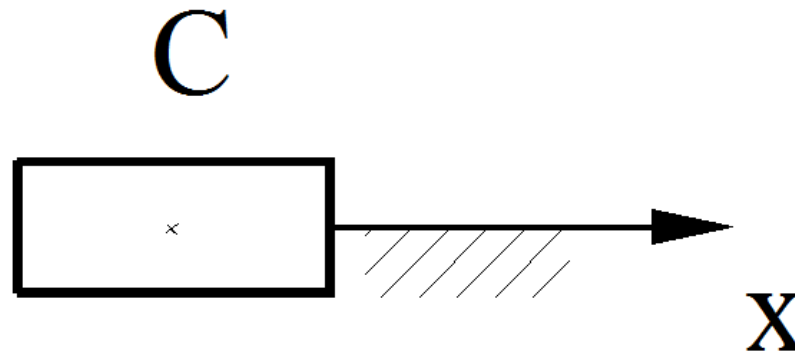
III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Lý thuyết động học

a) Khâu chuyển động tịnh tiến



Vận tốc của tất cả các điểm trên khâu bằng nhau và tiếp tuyến với quỹ đạo, các vectơ gia tốc có cùng độ lớn và song song với nhau

III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Lý thuyết động học

b) Khâu quay quanh 1 trục cố định

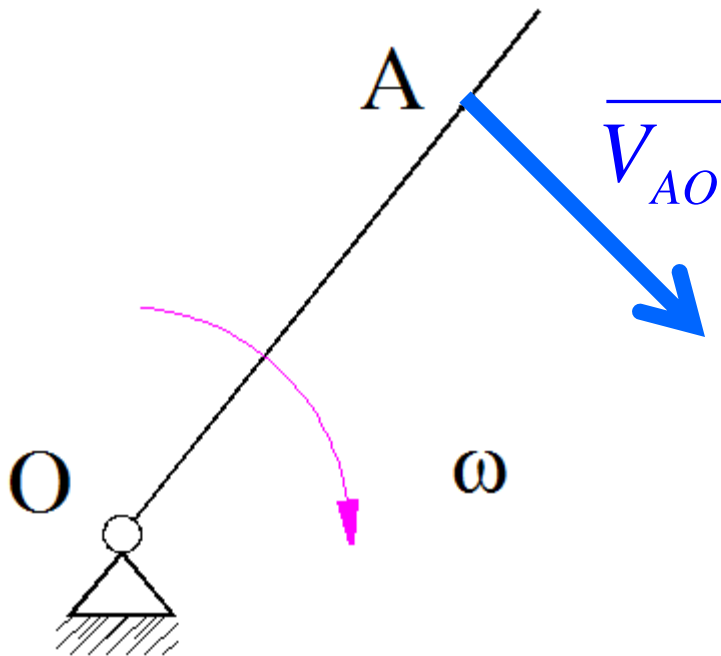
- Vận tốc: $\overline{V_{AO}} = \overline{\omega} \cdot l_{AO}$

+ Độ lớn: $V_{AO} = \omega \cdot l_{AO}$

+ Phương: $\perp OA$

+ Chiều: theo chiều tác

dụng của $\overline{\omega}$



III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Lý thuyết động học

b) Khâu quay quanh 1 trục cố định

- Gia tốc: $\vec{a}_{AO} = \vec{a}_{AO}^n + \vec{a}_{AO}^t$

+ Gia tốc pháp:

Độ lớn: $a_{AO}^n = \omega^2 \cdot l_{AO} = \frac{V_A^2}{l_{AO}}$

Phương: OA

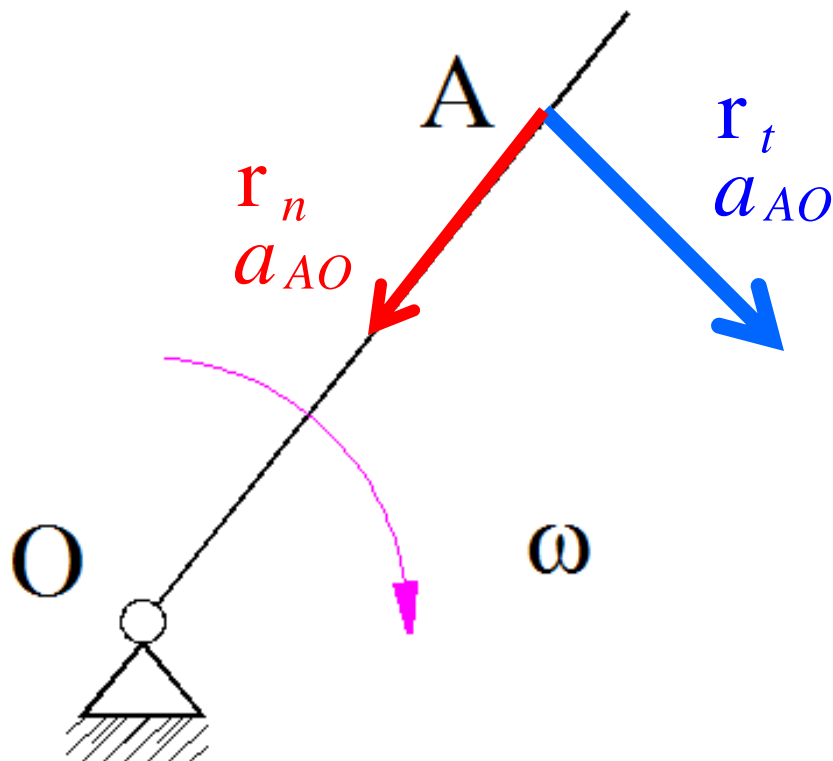
Chiều: A → O

+ Gia tốc tiếp: $\vec{a}_{AO}^t = \vec{\varepsilon} \cdot l_{AO}$

Độ lớn: $a_{AO}^t = \varepsilon \cdot l_{AO}$

Phương: \perp OA

Chiều: theo chiều tác dụng của ε



III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Lý thuyết động học

b) Khâu quay quanh 1 trục cố định

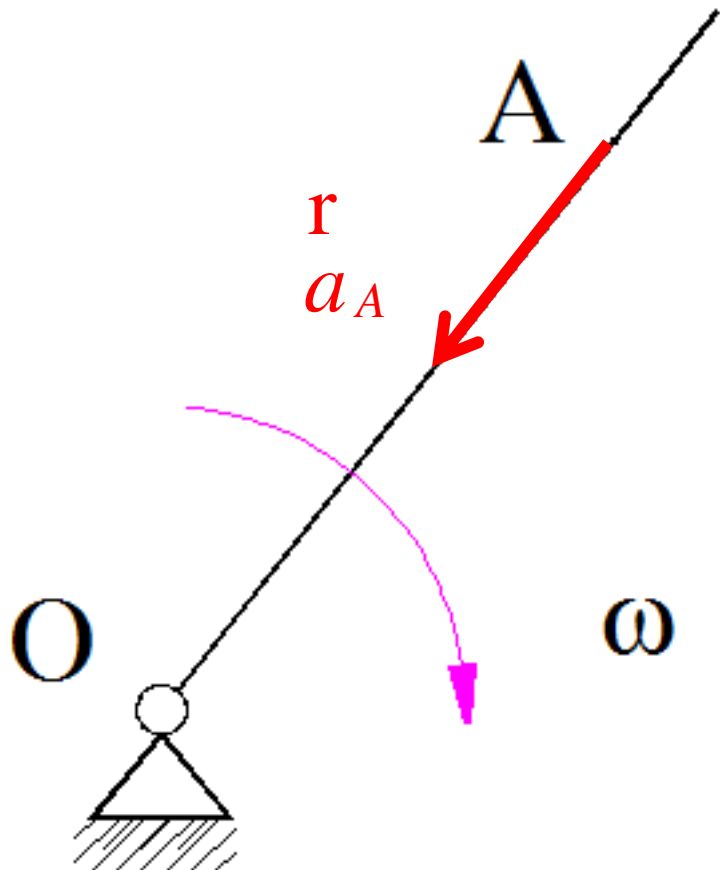
Đặc biệt:

Nếu là khâu dẫn \rightarrow Khâu quay đều

$$\rightarrow \omega = \text{const} \rightarrow \varepsilon = \omega' = 0$$

$$\rightarrow a^t_{AO} = 0$$

$$\rightarrow a_A = a^n_{AO} = \omega^2 \cdot l_{AO}$$



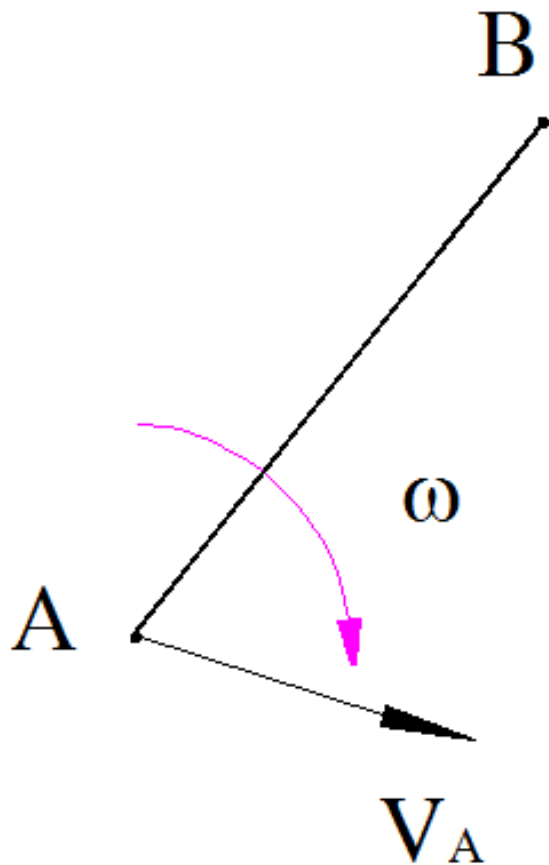


III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

Lý thuyết động học

c) Khâu chuyển động song phẳng



$$\begin{aligned} \vec{V}_B &= \vec{V}_A + \vec{V}_{BA} \\ \vec{a}_B &= \vec{a}_A + a_{BA}^n + a_{BA}^t \end{aligned}$$



III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

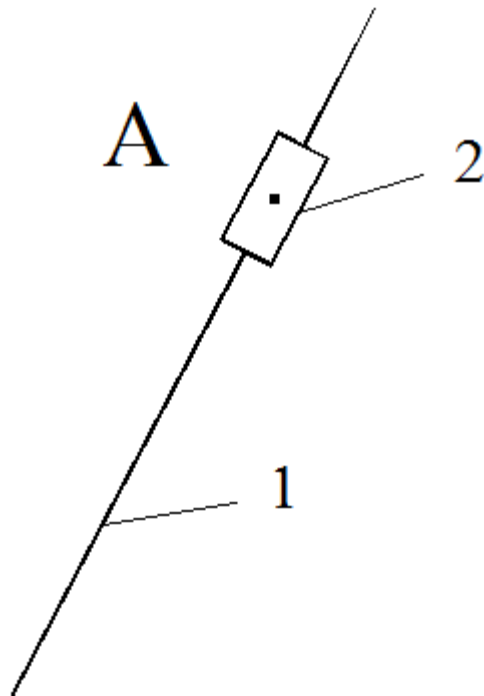
(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)

Lý thuyết động học

d) Trùng điểm □ Nếu là khớp quay: (không làm thay đổi vận tốc, gia tốc)

$$\vec{V}_{A2} = \vec{V}_{A1}$$

$$\vec{a}_{A2} = \vec{a}_{A1}$$



□ Nếu là khớp trượt:

$$\vec{V}_{A2} = \vec{V}_{A1} + \vec{V}_{A2A1}$$

$$\vec{a}_{A2} = \vec{a}_{A1} + \vec{a}_{A2A1}^K + \vec{a}_{A2A1}^r$$

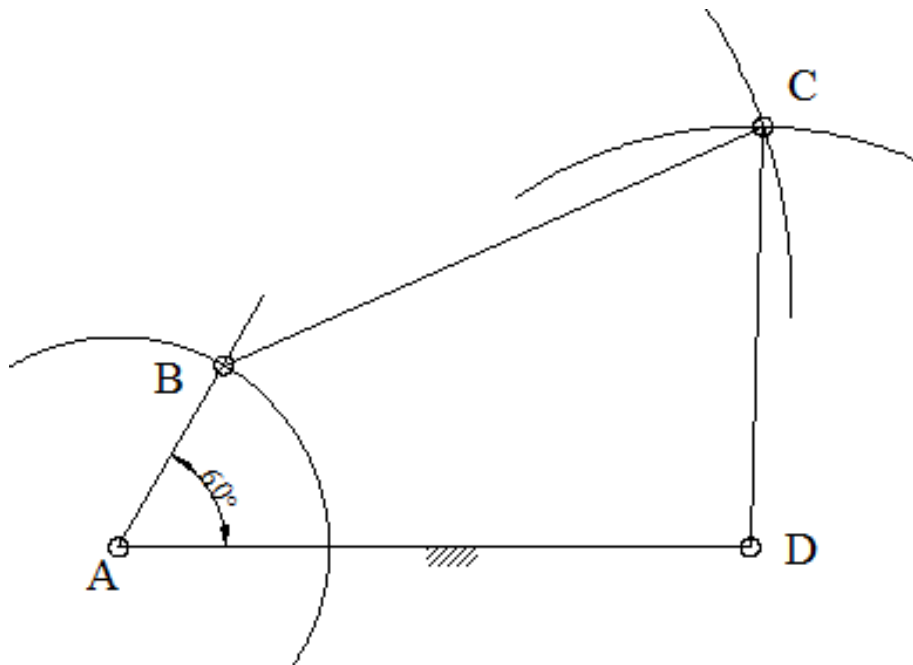
- Vận tốc trượt V_{A2A1} và gia tốc trượt a_{A2A1}^r có phương // phương trượt.

- Gia tốc Coriolic a_{A2A1}^K tính theo lý thuyết.

III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC (Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Ví dụ 1: Cho cơ cấu 4 khâu bản lề tại vị trí như hình vẽ. Tay quay 1 quay đều với vận tốc góc $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$. Kích thước các khâu $l_{AB} = 0,1 \text{ m}$, $l_{BC} = 0,25 \text{ m}$, $l_{CD} = 0,2 \text{ m}$; $l_{AD} = 0,3 \text{ m}$. Góc quay khâu dẫn $\varphi_1 = 90^\circ$. **Xác định vận tốc, gia tốc điểm C và vận tốc góc, gia tốc góc khâu 2, 3.**

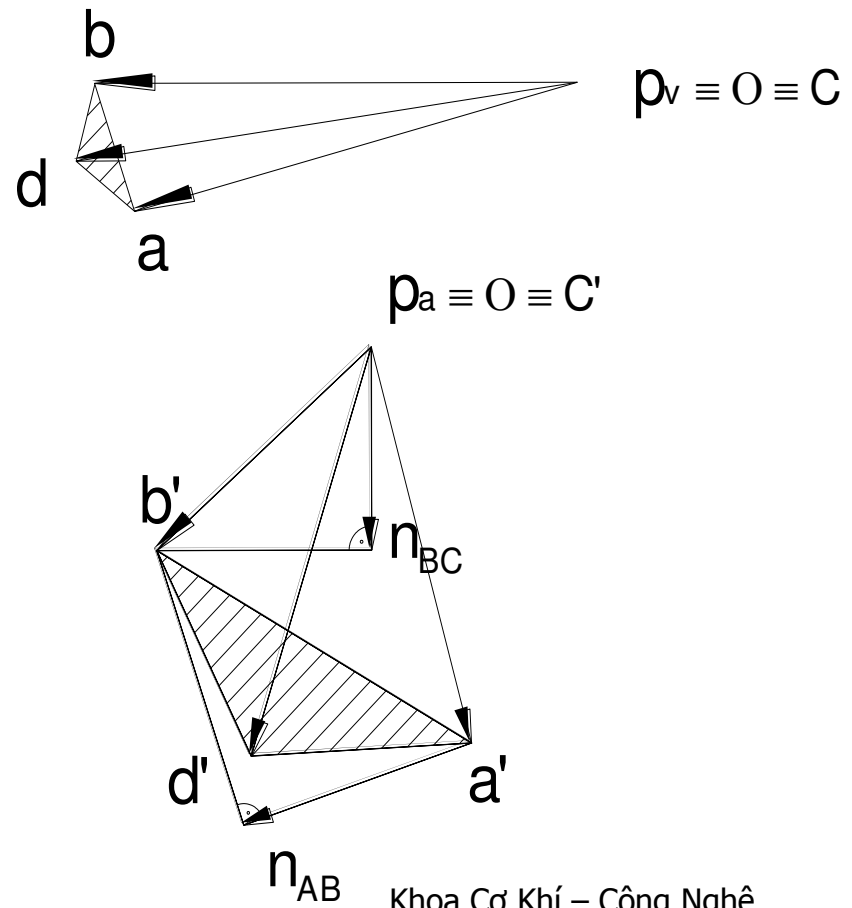
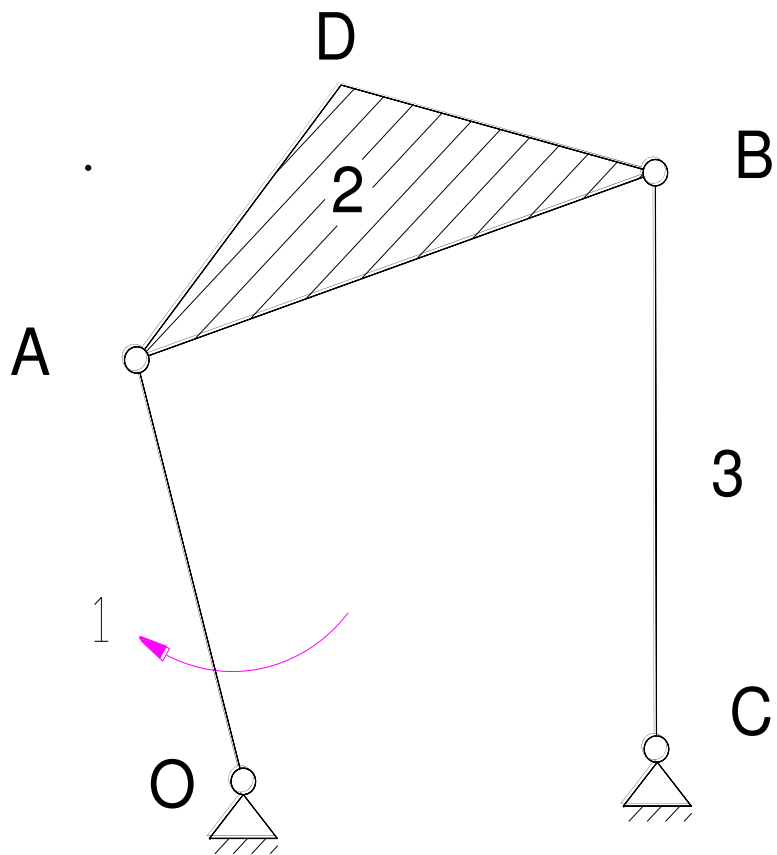


III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Định lý đồng dạng

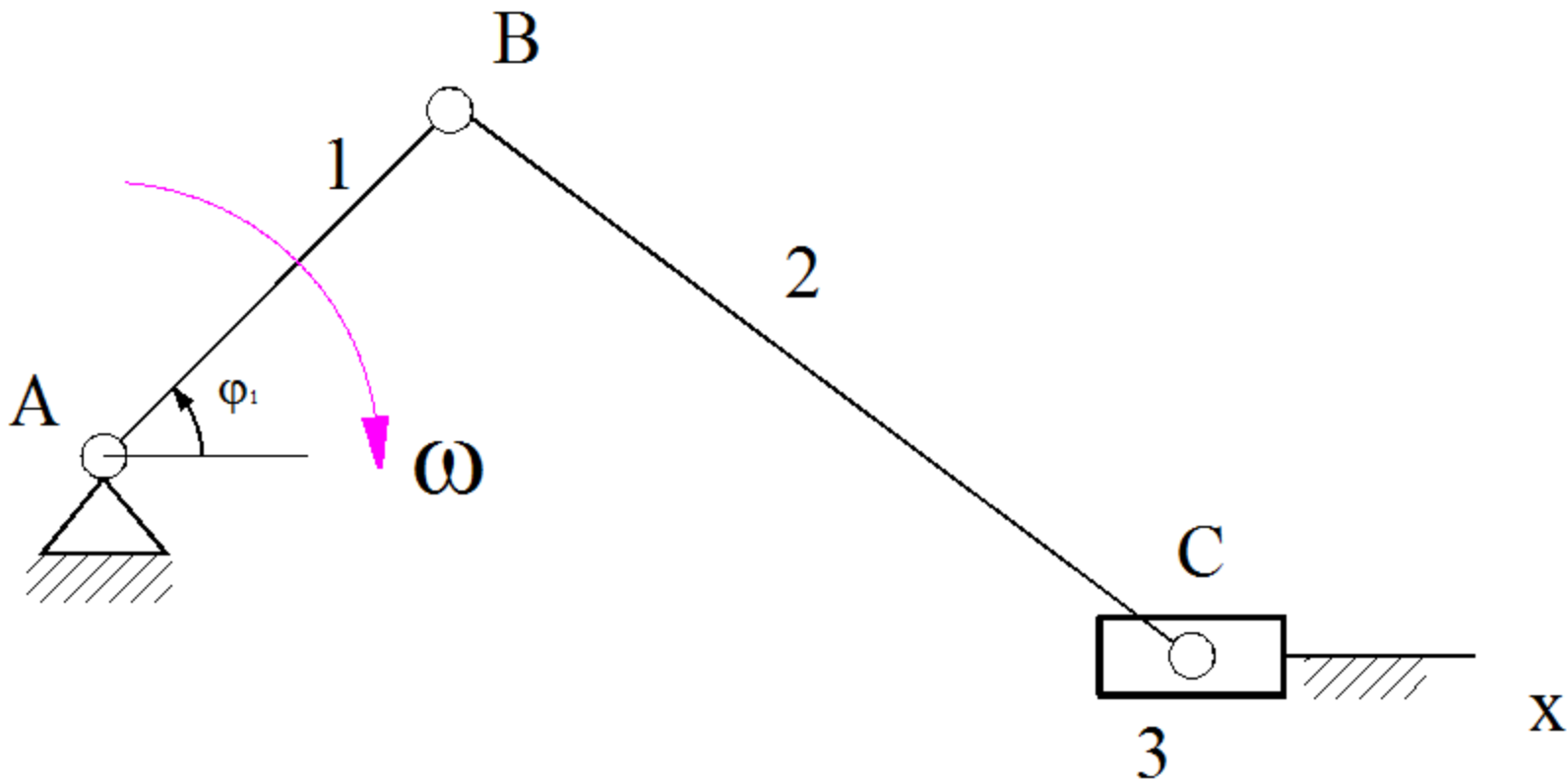


III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Ví dụ 2: Cho cơ cấu tay quay – con trượt tại vị trí như hình vẽ. Tay quay 1 quay đều với vận tốc góc $\omega_1 = \text{const}$. Kích thước các khâu $l_{AB} = \dots, l_{BC} = \dots$. Góc quay khâu dẫn $\varphi_1 = \dots^\circ$. **Xác định vận tốc, gia tốc điểm C và gia tốc góc khâu 2.**

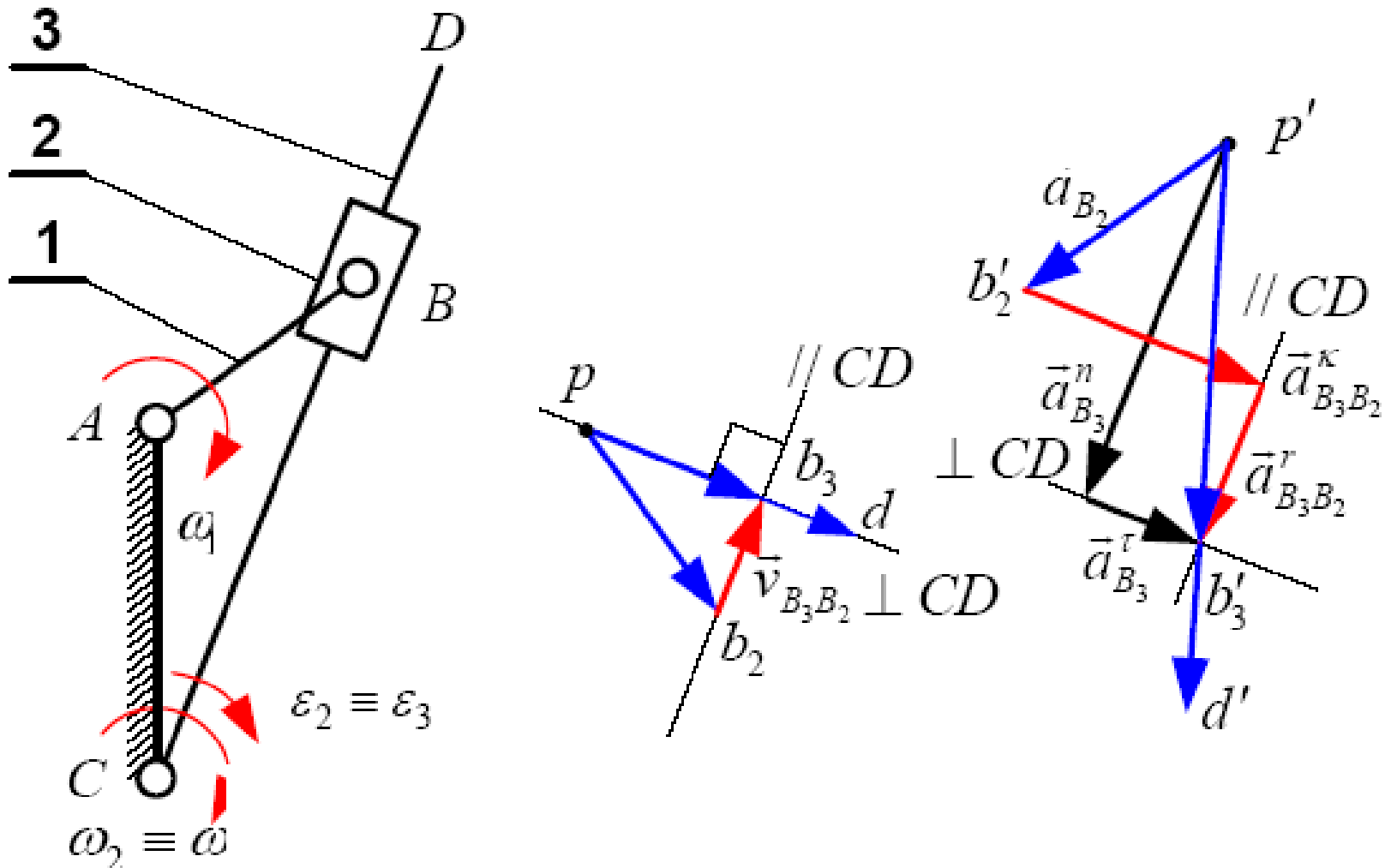


III. BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH VẬN TỐC, GIA TỐC

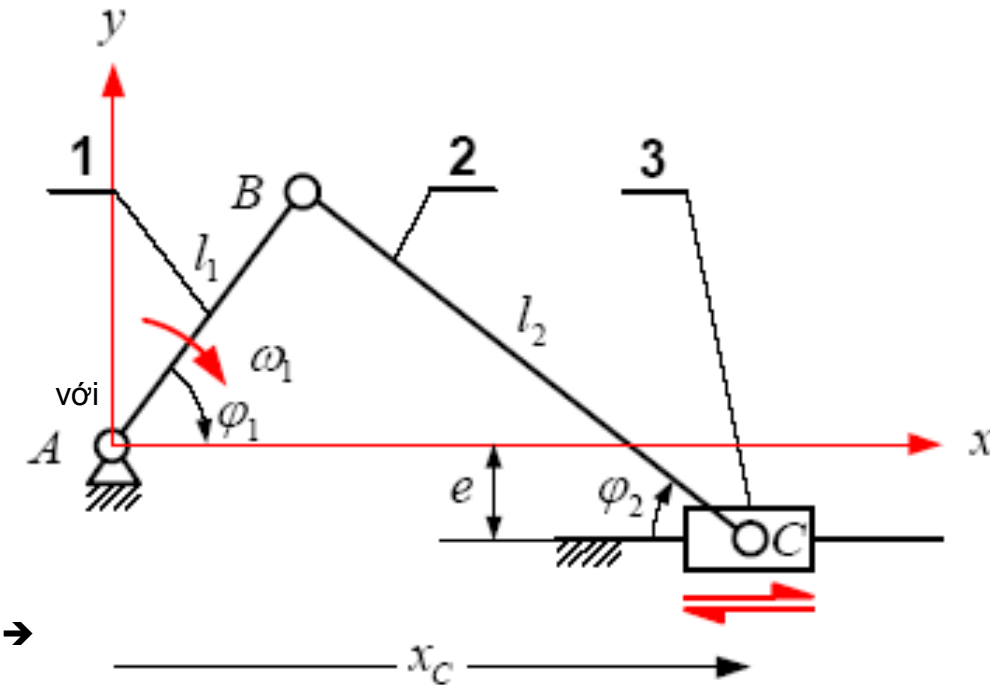
(Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng họa đồ vectơ)



Ví dụ 3: cho cơ cấu culit tại vị trí như hình vẽ. Khâu 1 quay đều với vận tốc góc ω_1 . Xác định ω_2 ; ω_3 ; ε_2 ; ε_3 .



IV. Phân tích động học bằng giải tích



Xét cơ cấu tay quay – con trượt lệch tâm có vị trí đang xét như hình vẽ

Cho: l_{AB} , l_{BC} , ω_1 là hằng số và độ lệch tâm e
 Xác định: x_C , v_C , a_C

$$x_C = l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 \quad \text{với}$$

$$\begin{cases} \varphi_1 = \varphi_1(t) = \omega_1 t; \varphi_2 = \varphi_2(t) = f(\varphi_1) \\ l_1 \sin \varphi_1 + e = l_2 \sin \varphi_2 \Rightarrow \varphi_2 = \arcsin \frac{l_1 \sin \varphi_1 + e}{l_2} \end{cases}$$

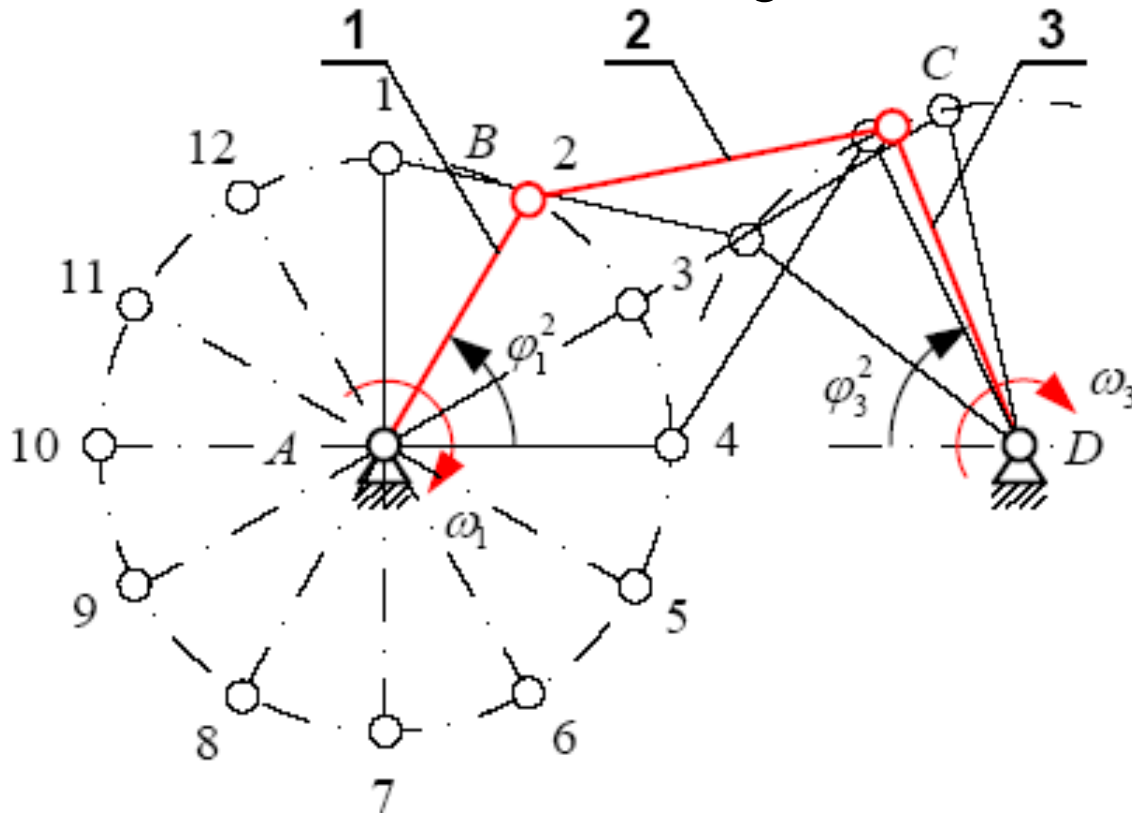
$$x_C = x_C(\varphi_1) = x_C(\omega_1(t))$$

$$\begin{cases} v_C = v_C(t) = -l_1 \omega_1 (\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1 \tan \varphi_2) \\ a_C = a_C(t) = -l_1 \omega_1^2 \left[\frac{\cos(\varphi_1 + \varphi_2)}{\cos \varphi_2} + \frac{l_1 \cos^2 \varphi_1}{l_2 \cos^3 \varphi_2} \right] \end{cases}$$



V. Phân tích động học bằng đồ thị

Xét cơ cấu 4 khâu bản lề có vị trí đang xét như hình vẽ



Cho: l_{AB} , l_{BC} , l_{DA} , ω_1 là hằng số

Xác định: φ_3 , ω_3 , ε_3

Xác định giá trị φ_3 từ phương pháp vẽ, đo và lập bảng

φ_1	φ_1^1	φ_1^2	...	φ_1^n
φ_3	φ_3^1	φ_3^2	...	φ_3^n

3. Xây dựng đồ thị $\varphi_3 = \varphi_3(\varphi_1)$



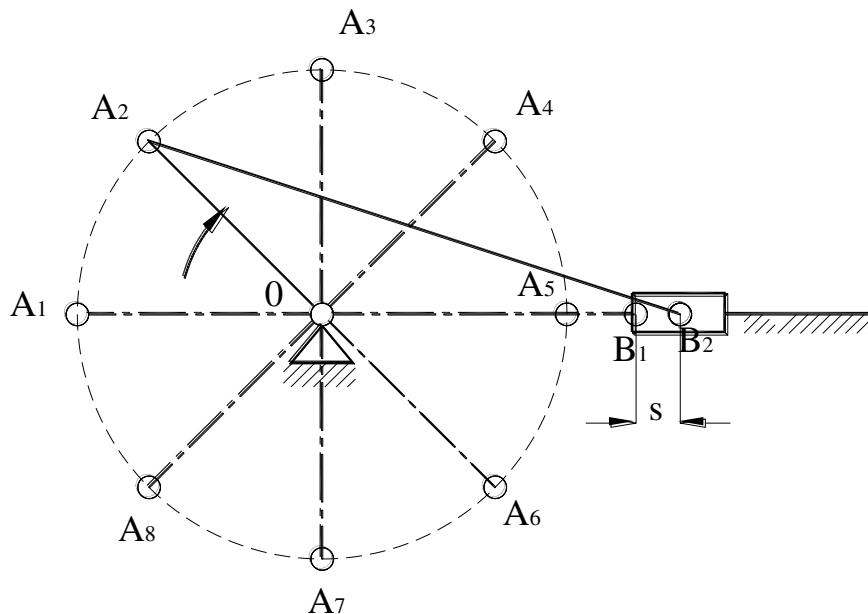
V. Phân tích động học bằng đồ thị

Xét cơ cấu tay quay – con trượt có vị trí đang xét như hình vẽ

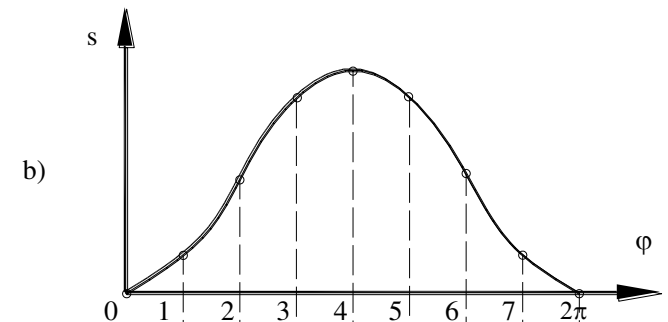
Cho: l_{OA} , l_{AB} , ω_1 là hằng số

Xác định: s_B , v_B , a_B

Xác định giá trị φ_3 từ phương pháp vẽ, đo và lập bảng



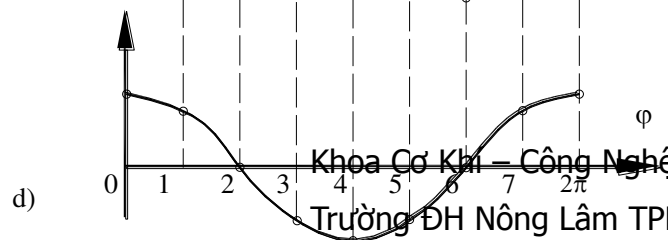
a)



b)



c)



d)

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ
Trường ĐH Nông Lâm TPHCM