



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

---

### 2.1. Mục đích, nội dung

- **Mục đích:**

- Nghiên cứu chuyển động của cơ cấu khi biết trước lược đồ cơ cấu, kích thước các khâu và quy luật chuyển động của khâu dẫn

- **Nội dung:** Gồm 3 bài toán cơ bản sau:

- **Bài toán vị trí:** Xác định vị trí khâu và quỹ đạo các điểm đặc trưng.
- **Bài toán vận tốc:** Xác định vận tốc góc các khâu và vận tốc các điểm đặc trưng.
- **Bài toán gia tốc:** Xác định gia tốc góc các khâu và gia tốc các điểm đặc trưng



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

---

### ■ Phương pháp

- **Phương pháp đồ giải** (*họa đồ giải tích*): Lập các phương trình vector vận tốc và gia tốc của cơ cấu rồi giải các phương trình đó bằng phương pháp họa đồ.

Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản và trực quan nhưng nhược điểm là độ chính xác không cao, khó áp dụng cho các cơ cấu loại cao.

- **Phương pháp giải tích**: Lập các phương trình toán học biểu thị quan hệ hàm số giữa các đại lượng đã biết và các đại lượng cần tìm.

Ngày nay do sự phát triển của máy tính nên phương pháp này ngày càng được ưa chuộng.



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

---

### 2.2 Bài toán vị trí và quỹ đạo

- Bài toán vị trí:

- Xét một cơ cấu 4 khâu bản lề phẳng (loại 2) để biết cách vẽ hoạ đồ vị trí của cơ cấu. Giả sử biết kích thước các khâu và vị trí của khâu dẫn 1 được cho bởi góc  $\varphi_1$ .

- Chọn tỷ lệ xích hoạ đồ 
$$\mu_l = \frac{l_{XY}}{XY} \left( \frac{m}{mm} \right)$$

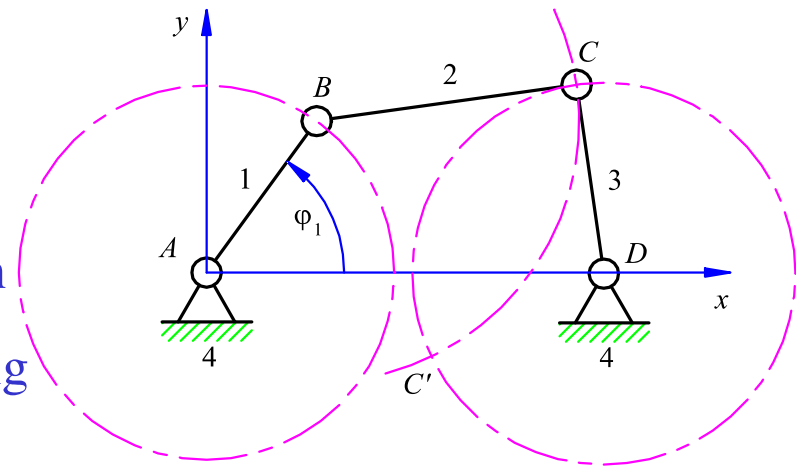
Trong đó:  $l_{XY}$  là chiều dài thực của đoạn  $XY$  (m),  
 $XY$  là chiều dài biểu thị trên hoạ đồ cơ cấu (mm)

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

- Vẽ giá AD và quỹ đạo điểm B trên khâu dẫn AB là vòng tròn (A, AB) với tỷ lệ xích chiều dài chọn trước
- Vị trí của điểm C một mặt cách điểm B một đoạn bằng chiều dài thanh truyền BC, một mặt phải nằm trên quỹ đạo của C khi quay quanh D. Vậy ta lấy C là giao điểm của vòng tròn (D, CD) và vòng tròn (B, BC).

- Bài toán quỹ đạo:

Để giải bài toán này, ta chỉ cần xác định một loạt họa đồ vị trí nối tiếp nhau trong phạm vi 1 chu kỳ động học của cơ cấu



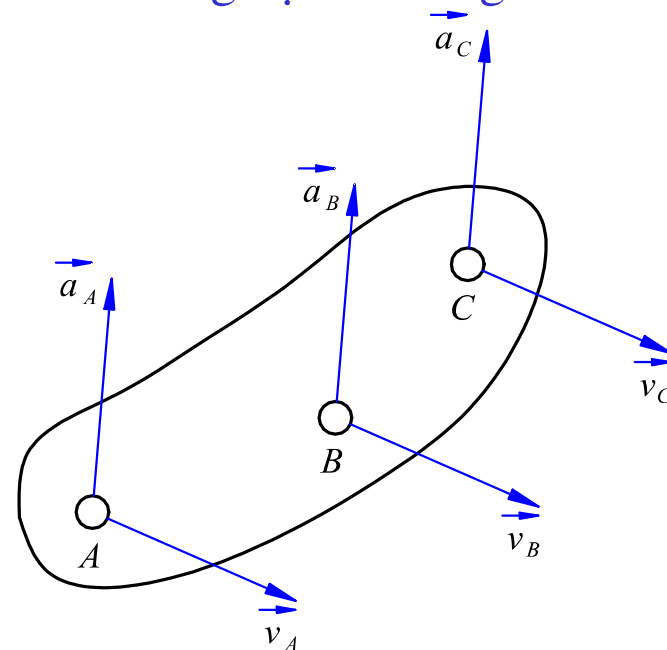
## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.3. Các phương trình cơ bản xác định vận tốc và gia tốc

- Khâu chuyển động tịnh tiến
  - Vận tốc góc  $\omega$  của khâu bằng 0.
  - Tất cả các điểm của khâu đều có cùng vận tốc và gia tốc:

$$v_A = v_B = v_C = \dots$$

$$a_A = a_B = a_C = \dots$$



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### ■ Khâu quay quanh trục cố định

Vận tốc của điểm A có

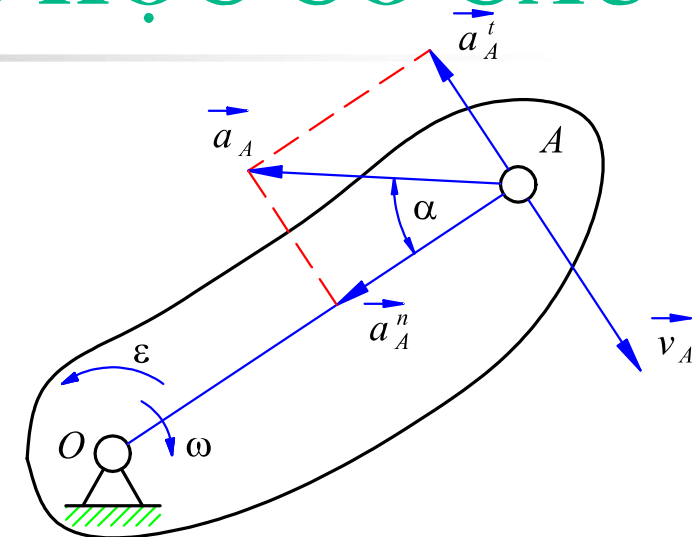
- Độ lớn:  $v_A = \omega \cdot l_{OA}$
- Phương:  $\perp OA$
- Chiều: theo chiều quay của  $\omega$

Gia tốc pháp của điểm A có

- Độ lớn:  $a_A^n = \omega^2 \cdot l_{OA} = \frac{v_A^2}{l_{OA}}$
- Phương:  $\equiv OA$
- Chiều: hướng từ A tới tâm quay O

Gia tốc toàn phần của điểm A  $\vec{a}_A = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^t$  có

- Độ lớn:  $a_A = l_{OA} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$
- $a_A$  hợp với OA một góc  $\alpha$  có:  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_A^t}{a_A^n} = \frac{\varepsilon}{\omega^2} \rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{\varepsilon}{\omega^2} \right)$



Gia tốc tiếp của điểm A có

- Độ lớn  $a_A^t = \varepsilon \cdot l_{OA}$
- Phương:  $\perp OA$
- Chiều: theo chiều của  $\varepsilon$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

- Hai điểm thuộc cùng 1 khâu cách nhau 1 đoạn  $l_{AB}$

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

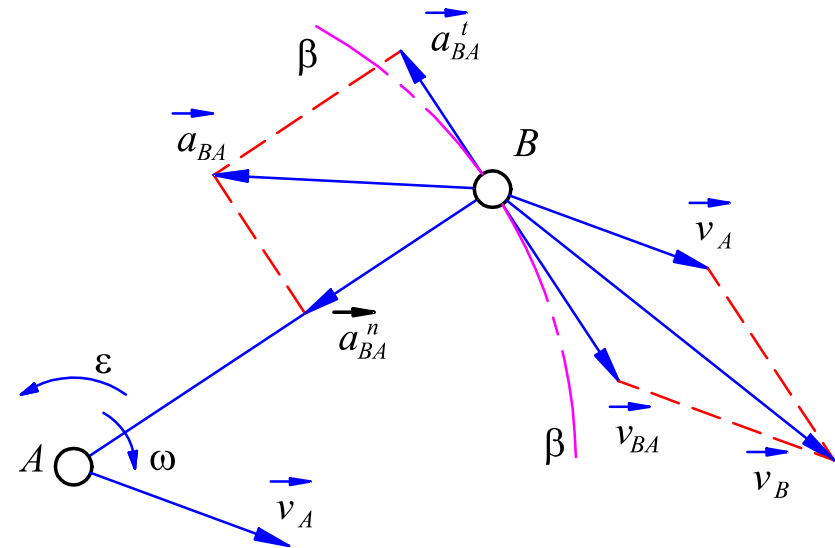
Vận tốc  $\vec{v}_{BA}$  có

- Độ lớn:  $v_{BA} = \omega \cdot l_{AB}$
- Phương:  $\perp BA$
- Chiều: theo chiều quay của  $\omega$

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

Gia tốc pháp  $\vec{a}_{BA}^n$  có

- Độ lớn:  $a_{BA}^n = \omega^2 l_{BA} = \frac{v_{BA}^2}{l_{BA}}$
- Phương:  $\equiv BA$
- Chiều: hướng từ  $B$  tới tâm quay tương đối  $A$



Gia tốc tiếp  $\vec{a}_{BA}^t$  có

- Độ lớn:  $a_{BA}^t = \epsilon \cdot l_{BA}$
- Phương:  $\perp BA$
- Chiều: theo chiều của  $\epsilon$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

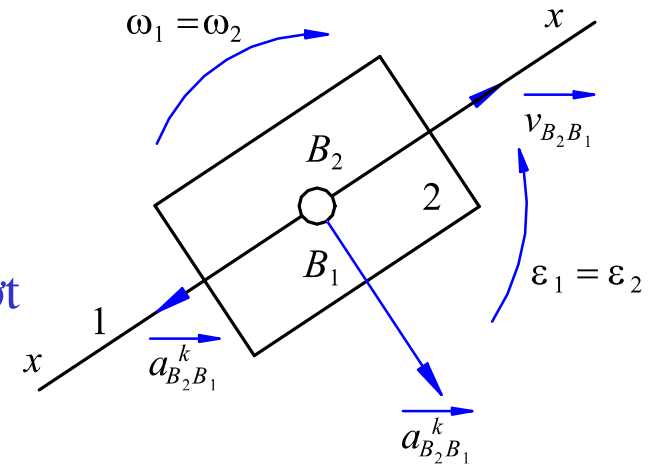
- Quan hệ vận tốc, gia tốc 2 điểm thuộc 2 khâu tạo thành khớp trượt và trùng nhau tức thời

Xét 2 điểm  $B_1$  và  $B_2$  thuộc 2 khâu tạo thành khớp trượt trùng nhau tức thời tại thời điểm đang xét. Chuyển động của  $B_2$  gồm 2 chuyển động: chuyển động theo cùng với  $B_1$  và chuyển động tương đối đối với  $B_1$

Vận tốc điểm  $B_2$  được xác định như sau:

$$\vec{v}_{B_2} = \vec{v}_{B_1} + \vec{v}_{B_2 B_1}$$

Vận tốc tương đối  $\vec{v}_{B_2 B_1}$  song song với phương trượt



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

- Quan hệ vận tốc, gia tốc 2 điểm thuộc 2 khâu tạo thành khớp trượt và trùng nhau tức thời

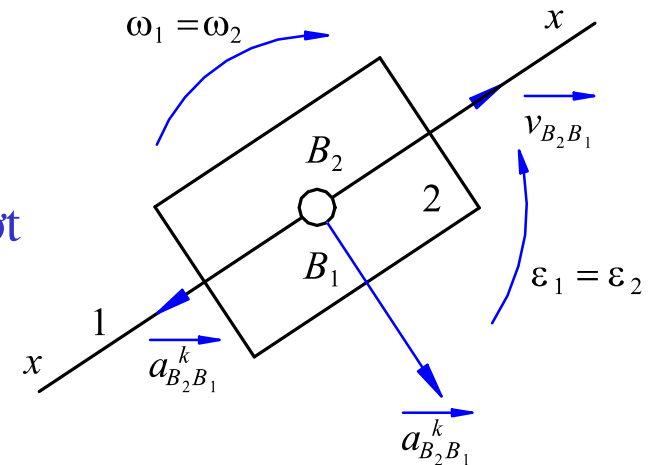
Gia tốc điểm  $B_2$  được xác định như sau:

$$\vec{a}_{B_2} = \vec{a}_{B_1} + \vec{a}_{B_2B_1}^r + \vec{a}_{B_2B_1}^k$$

Gia tốc tương đối  $\vec{a}_{B_2B_1}^r$  song song với phương trượt

Gia tốc Côriôlit  $\vec{a}_{B_2B_1}^k$  có

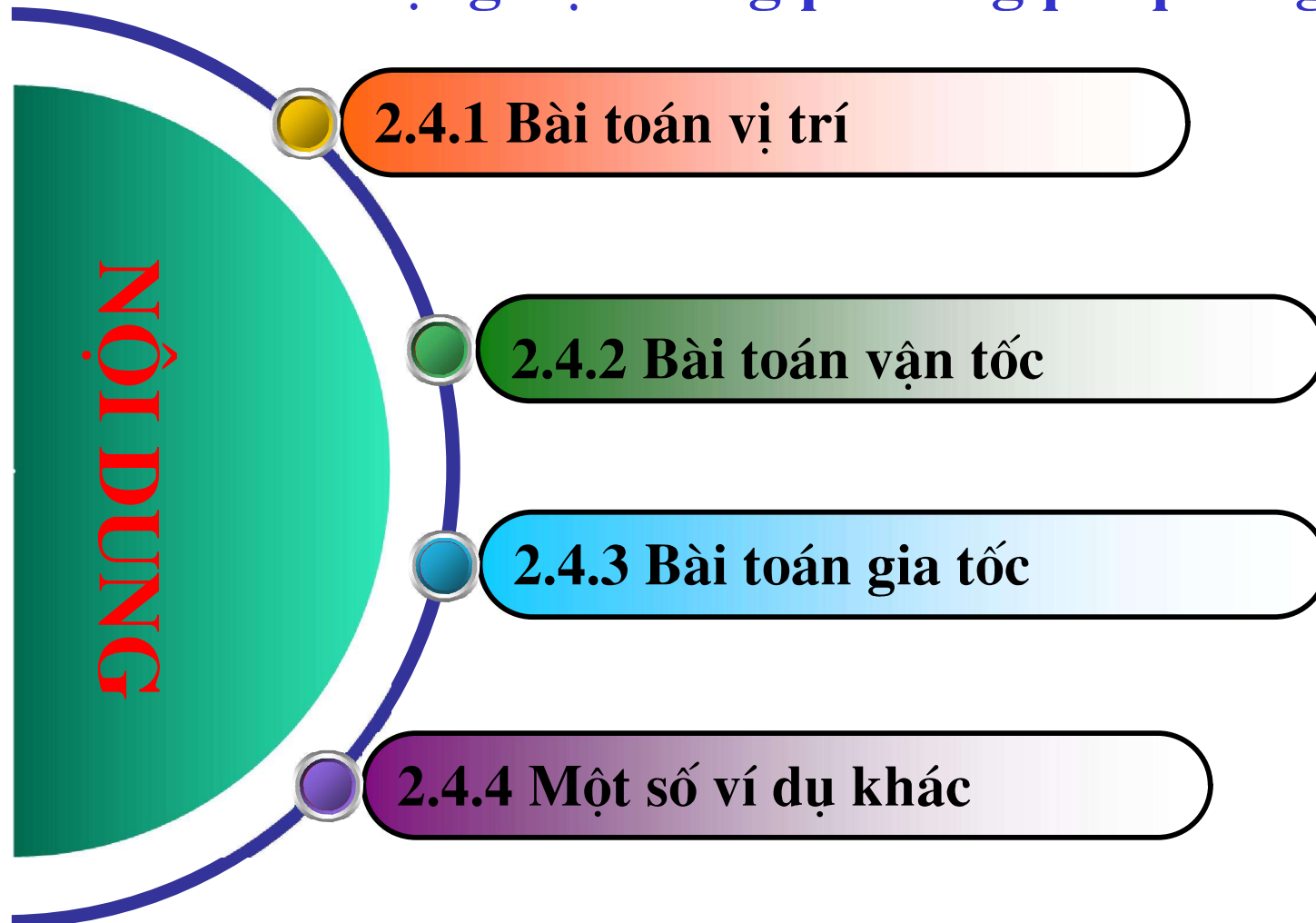
- Độ lớn:  $a_{B_2B_1}^k = 2\omega_1 v_{B_2B_1}$
- Phương:  $\perp \omega_1$  và
- Chiều: cùng phương chiều với  $\vec{v}_{B_2B_1}$  quay đi  $90^\circ$  theo chiều quay của  $\omega_1$





## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4. Phân tích động học bằng phương pháp đồ giải

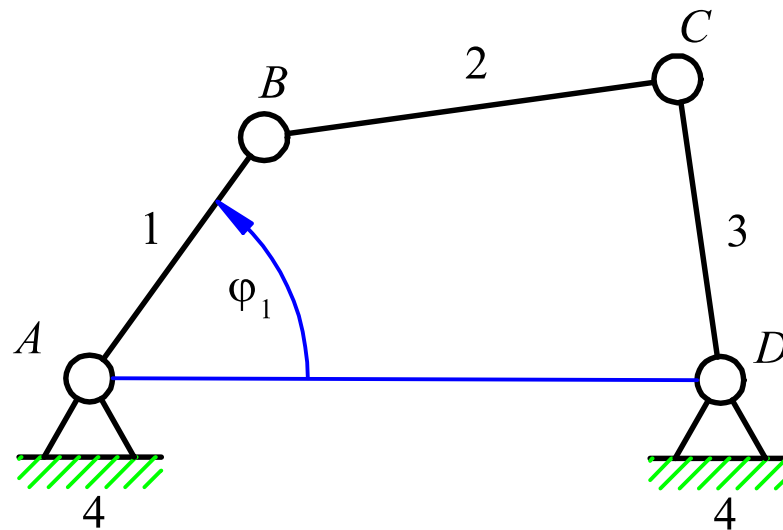


## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.1 BÀI TOÁN VỊ TRÍ

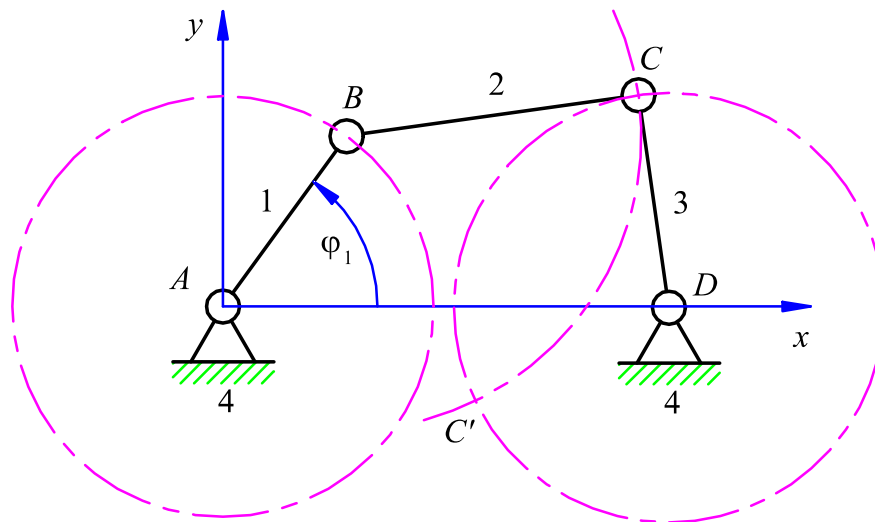
Khi cơ cấu chuyển động, vị trí của các khâu luôn thay đổi nhưng ở mỗi thời điểm, vị trí của chúng hoàn toàn xác định

Xét cơ cấu 4 khâu bản lề phẳng (loại 2)



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.1 BÀI TOÁN VỊ TRÍ



Điểm  $C$  do cách dựng hình nên có 2 vị trí. Để tìm vị trí thực của nó, ta phải dựa vào tính liên tục khi chuyển động của các khâu trong cơ cấu

Bước 1: Chọn tỷ lệ xích hoá đồ

$$\mu_l = \frac{l_{XY}}{XY} \left( \frac{m}{mm} \right)$$

Trong đó:

$l_{XY}$  là chiều dài thực của đoạn  $XY$  (m),  
 $XY$  là chiều dài biểu thị trên hoạ đồ cơ cấu (mm)

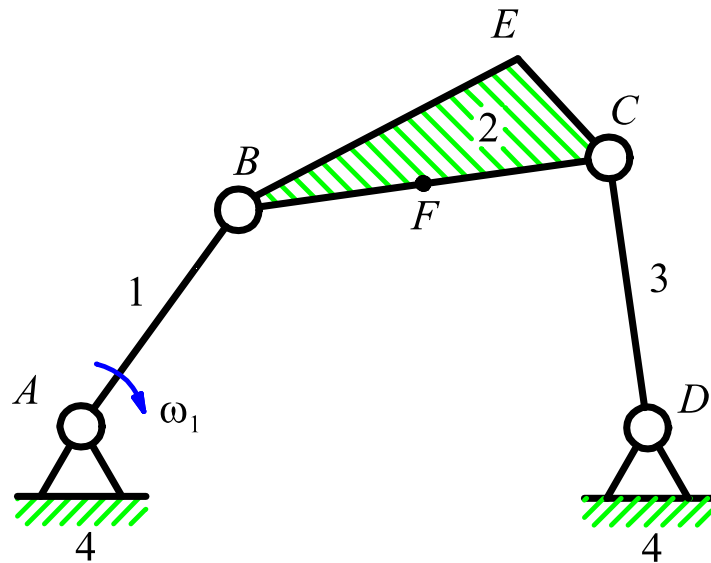
Bước 2: Vẽ giá  $AD$  và quỹ đạo điểm  $B$  trên khâu dẫn  $AB$

Bước 3:  $C$  là giao điểm của vòng tròn  $(D, CD)$  và vòng tròn  $(B, BC)$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.2 BÀI TOÁN VẬN TỐC

Xác định vận tốc của  $C$ ,  $E$  trên khâu 2 và  $\omega_2$ ,  $\omega_3$ , trong cơ cấu 4 khâu bản lề phẳng



Tìm  $\vec{v}_B$

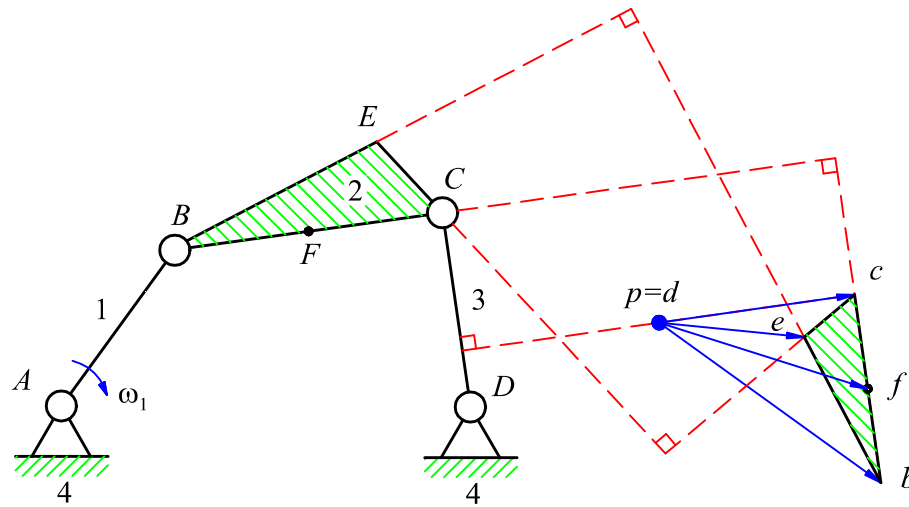
Do B quay quanh điểm cố định A nên

Độ lớn  $v_B = \omega_1 \cdot l_{AB}$

Phương:  $\perp AB$

Chiều: theo chiều quay của  $\omega_1$

## 2.4.2 BÀI TOÁN VẬN TỐC



Tìm  $\overrightarrow{v_C}$

Xét điểm  $C$  có quan hệ với điểm  $B$  và  $D$

$$\begin{array}{ccccc} \overrightarrow{v_C} & = & \overrightarrow{v_B} & + & \overrightarrow{v_{CB}} \\ (\perp CD, ?) & & (\perp AB, \omega_1 I_{AB}) & & (\perp BC, ?) \end{array}$$

## Dựng hoạ đồ vận tốc với

$$\mu_v = \frac{v_B}{pb} \left( \frac{m.s^{-1}}{mm} \right)$$

Viết lại hệ pt trên dưới dạng các vector biểu diễn

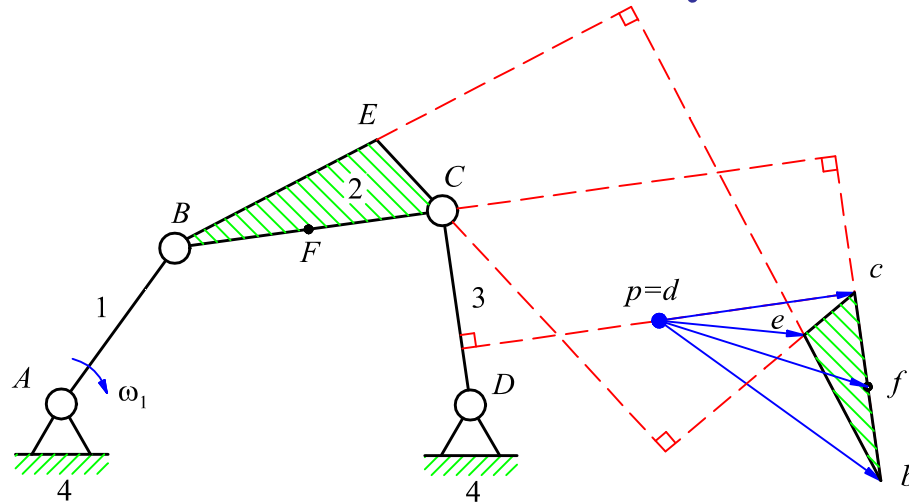
$$\begin{array}{ccccc} \overrightarrow{pc} & = & \overrightarrow{pb} & + & \overrightarrow{bc} \\ (\perp CD, ?) & & (\perp AB, \omega_1.l_{AB}) & & (\perp BC, ?) \end{array}$$

Từ hoạ đồ vừa dựng ta được:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{v_C} &= \mu_v \cdot \overrightarrow{pc} \\ \overrightarrow{v_{CB}} &= \mu_v \cdot \overrightarrow{bc}\end{aligned}$$

# II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

## 2.4.2 BÀI TOÁN VẬN TỐC



Tìm  $\vec{v}_E$

$$\vec{v}_E = \vec{v}_B + \vec{v}_{EB}$$

$$(\perp AB, \omega_1 \cdot l_{AB}) \quad (\perp BE, ?)$$

$$\vec{v}_E = \vec{v}_C + \vec{v}_{EC}$$

$$(\perp CD, \mu_v \cdot pc) \quad (\perp CE, ?)$$

Viết lại hệ pt trên dưới dạng các vector biểu diễn

$$\vec{pe} = \vec{pb} + \vec{be}$$

$$(\perp AB, \omega_1 \cdot l_{AB}) \quad (\perp BE, ?)$$

$$\vec{pe} = \vec{pc} + \vec{ce}$$

$$(\perp CD, \mu_v \cdot pc) \quad (\perp CE, ?)$$

Từ hoạ đồ vừa dựng ta được:

$$\vec{v}_E = \mu_v \cdot \vec{pe}$$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

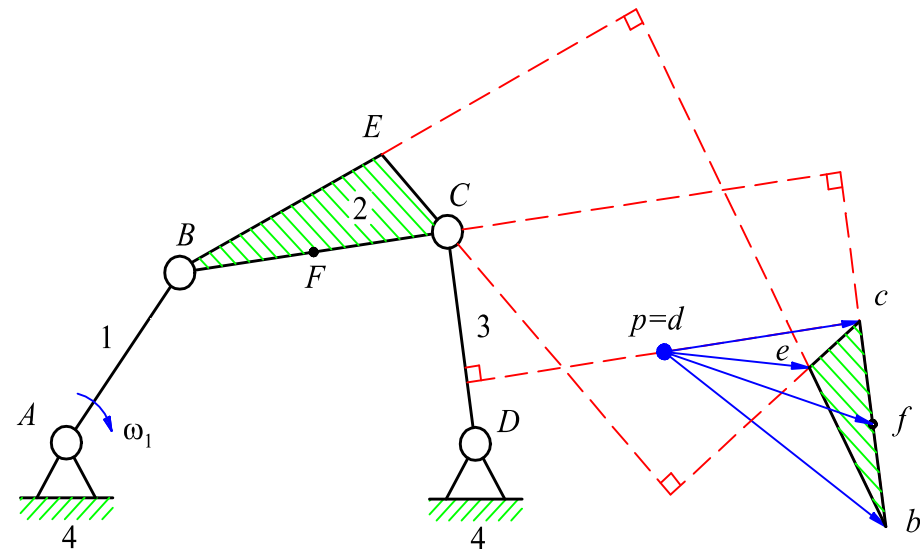
### 2.4.2 BÀI TOÁN VẬN TỐC

Từ hoạ đồ vận tốc trên ta có được các kết luận sau:

Vận tốc có gốc tại  $p$  và mút tại các điểm  $b, c, \dots$  đều biểu thị vận tốc *tuyệt đối* của các điểm  $B, C, \dots$  trên cơ cấu.

Cực  $p$  biểu thị các điểm có vận tốc bằng 0 trên hoạ đồ vị trí.

Vận tốc không có gốc tại  $p$  biểu thị vận tốc *tương đối* giữa các điểm (chú ý cách viết:  $\overrightarrow{bc}$  tương ứng với  $\vec{v}_{CB}$ )



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.2 BÀI TOÁN VẬN TỐC

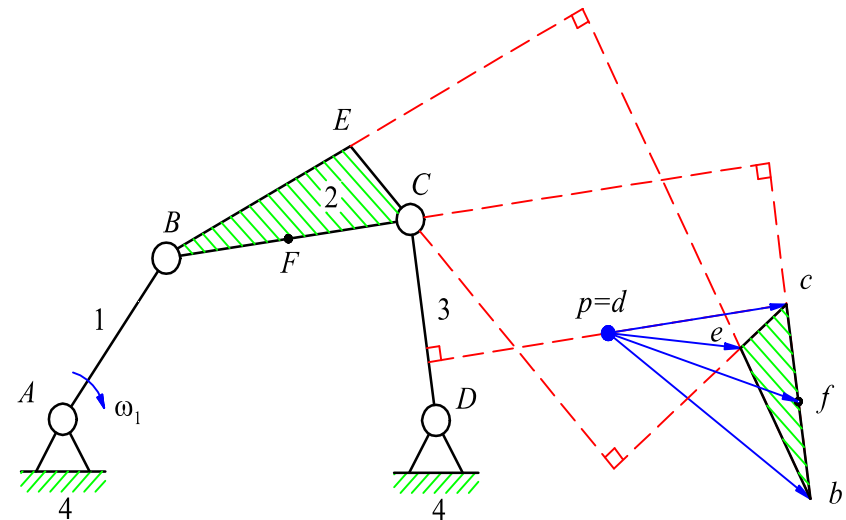
#### Định lý đồng dạng thuận:

Hình nối các ngọn vector biểu thị vận tốc tuyệt đối của các điểm thuộc cùng một khâu của hoạ đồ vận tốc *đồng dạng thuận* với hình nối các điểm cùng tên tương ứng trên hoạ đồ vị trí

Nếu biết 2 điểm thuộc cùng 1 khâu thì vận tốc của điểm thứ 3 trên khâu đó bao giờ cũng xác định được nhờ định lý này

**VD.**

Xác định vận tốc của điểm  $F$  trên đoạn  $BC$ :



# II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

## 2.4.2 BÀI TOÁN VẬN TỐC

Tìm  $\vec{\omega}_2, \vec{\omega}_3$

Từ hoạ đồ vận tốc ta có thể xác định được:

$\vec{\omega}_2$

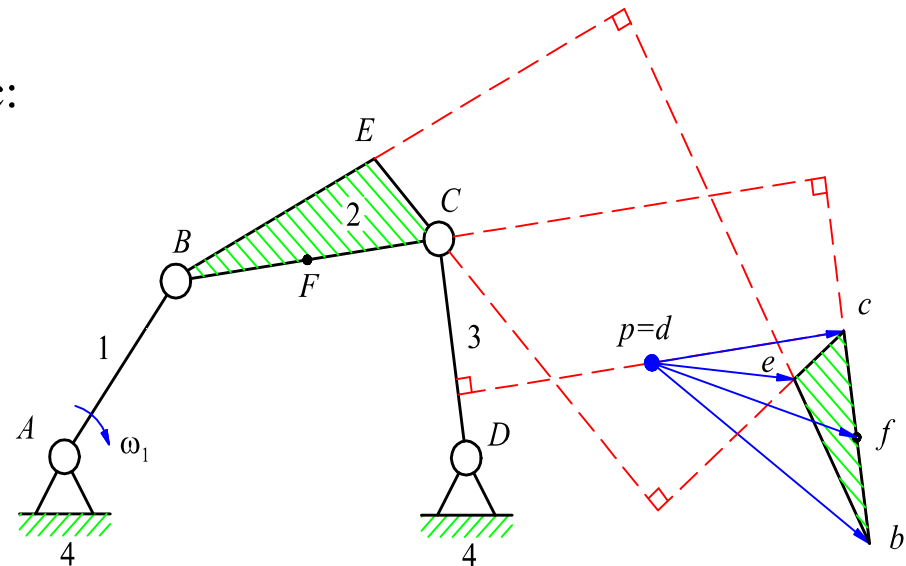
$$\text{Độ lớn: } \omega_2 = \frac{v_{CB}}{l_{CB}} = \frac{\mu_v \cdot bc}{l_{CB}}$$

Chiều theo chiều của  $\vec{v}_{CB}$

$\vec{\omega}_3$

$$\text{Độ lớn: } \omega_3 = \frac{v_{CD}}{l_{CD}} = \frac{\mu_v \cdot pc}{l_{CD}}$$

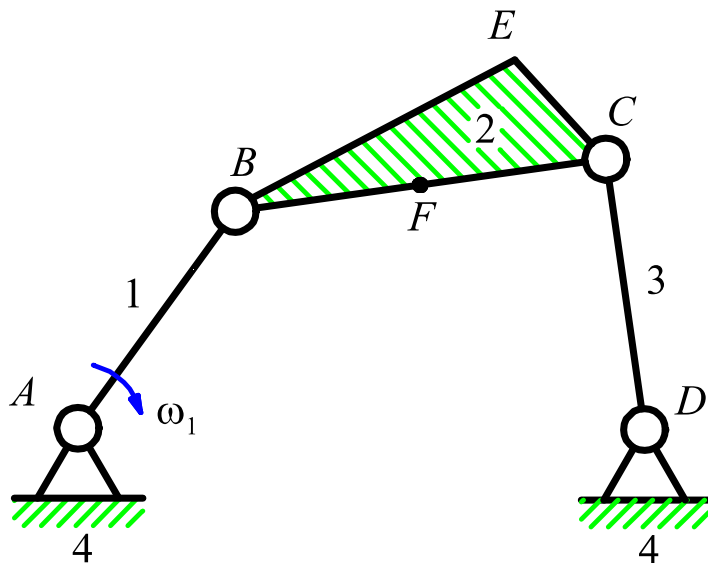
Chiều theo chiều của  $\vec{v}_{CD}$



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

Xác định gia tốc của  $C$ ,  $E$  trên khâu 2 và  $\varepsilon_2$ ,  $\varepsilon_3$ , trong cơ cấu 4 khâu bản lề phẳng



Tìm  $\vec{a}_B$

Do B quay quanh điểm cố định A nên

$$\vec{a}_B = \vec{a}_B^n + \vec{a}_B^t$$

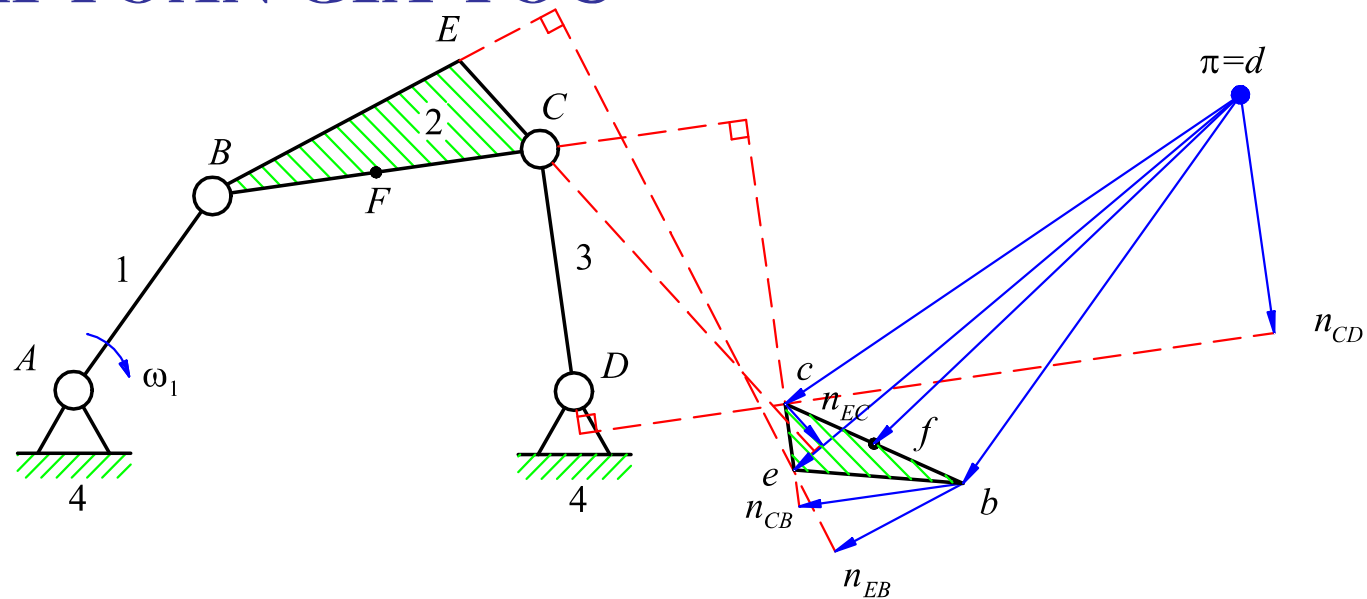
$$a_B^n = \omega_1^2 \cdot l_{AB} \quad \text{hướng từ B tới A,}$$

$$\vec{a}_B^t = \vec{0} \quad \text{do khâu AB quay đều}$$

# II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

## 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

Tim  $\vec{a}_C$



Xét điểm C có các quan hệ với các điểm B và D

$$\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}^n + \vec{a}_{CB}^t = \vec{a}_C^n + \vec{a}_C^t$$

$$(\parallel AB, \omega_1^2.l_{AB}) \quad (\parallel CB, \omega_2^2.l_{CB}) \quad (\perp CB, ?) \quad (\parallel CD, \omega_3^2.l_{CD}) \quad (\perp CD, ?)$$

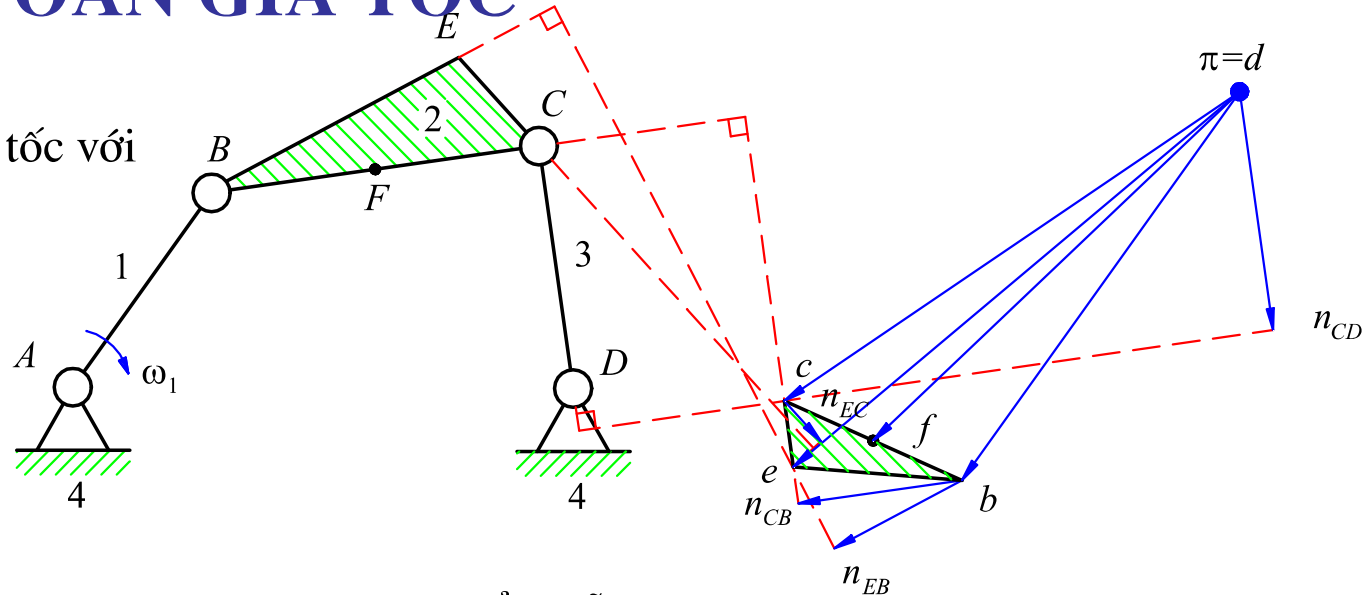
## 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

## 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

$$\text{T\`im } \overrightarrow{a_C}$$

## Dựng hoạ đồ vận tốc với

$$\mu_a = \frac{a_B}{\pi b}$$



Viết lại hệ pt trên dưới dạng các vector biểu diễn

$$\begin{array}{ccccccc} \overrightarrow{\pi C} = & \overrightarrow{\pi b} & + & \overrightarrow{bn_{CB}} & + & \overrightarrow{n_{CB}C} & = & \overrightarrow{\pi n_{CD}} & + & \overrightarrow{n_{CD}C} \\ & \left( \| AB, \omega_1^2 . l_{AB} \right) & & \left( \| CB, \omega_2^2 . l_{CB} \right) & & \left( \perp CB, ? \right) & & \left( \| CD, \omega_3^2 . l_{CD} \right) & & \left( \perp CD, ? \right) \end{array}$$

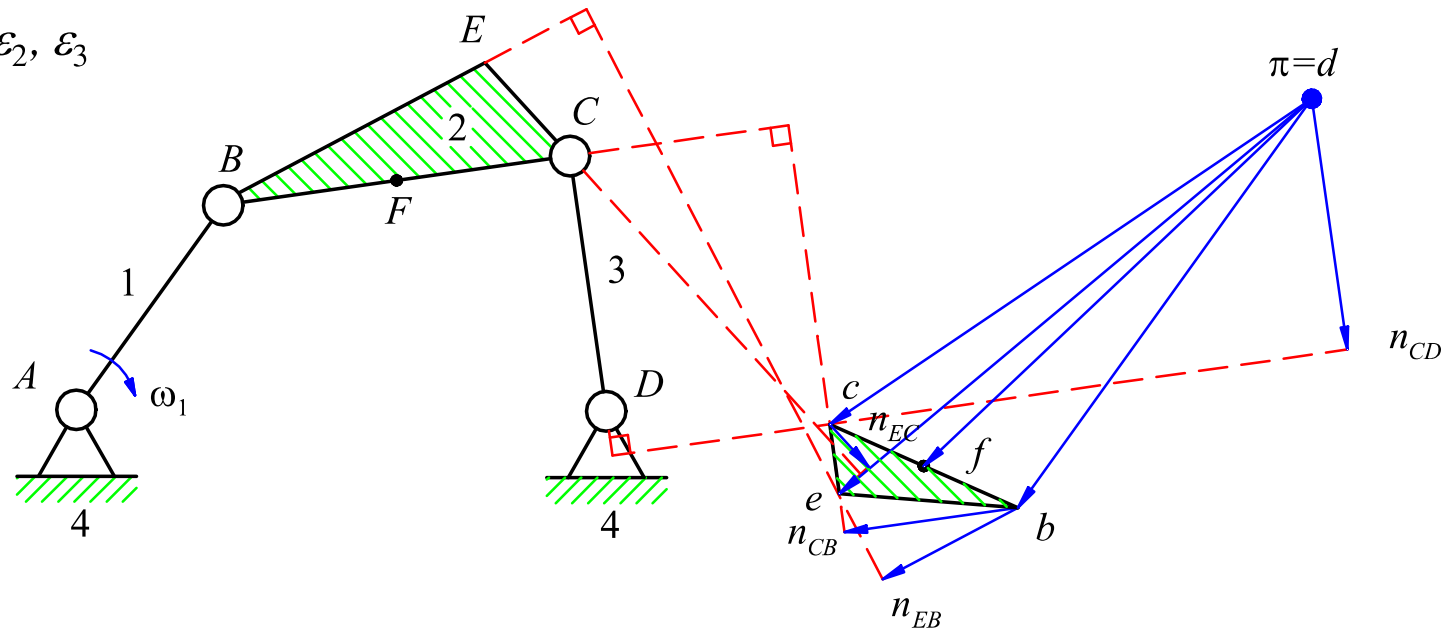
Từ hoạ đồ vừa dựng, ta được:

$$a_C = \mu_a . \pi C$$

# II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

## 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

Tìm  $\varepsilon_2, \varepsilon_3$



$$\varepsilon_2 = \frac{a_{CB}^t}{l_{CB}} = \frac{n_{CB} \cdot c \cdot \mu_a}{l_{CB}}$$

đặt  $\overrightarrow{a_{CB}^t}$  tại điểm C ta sẽ có được chiều của  $\vec{\varepsilon}_2$

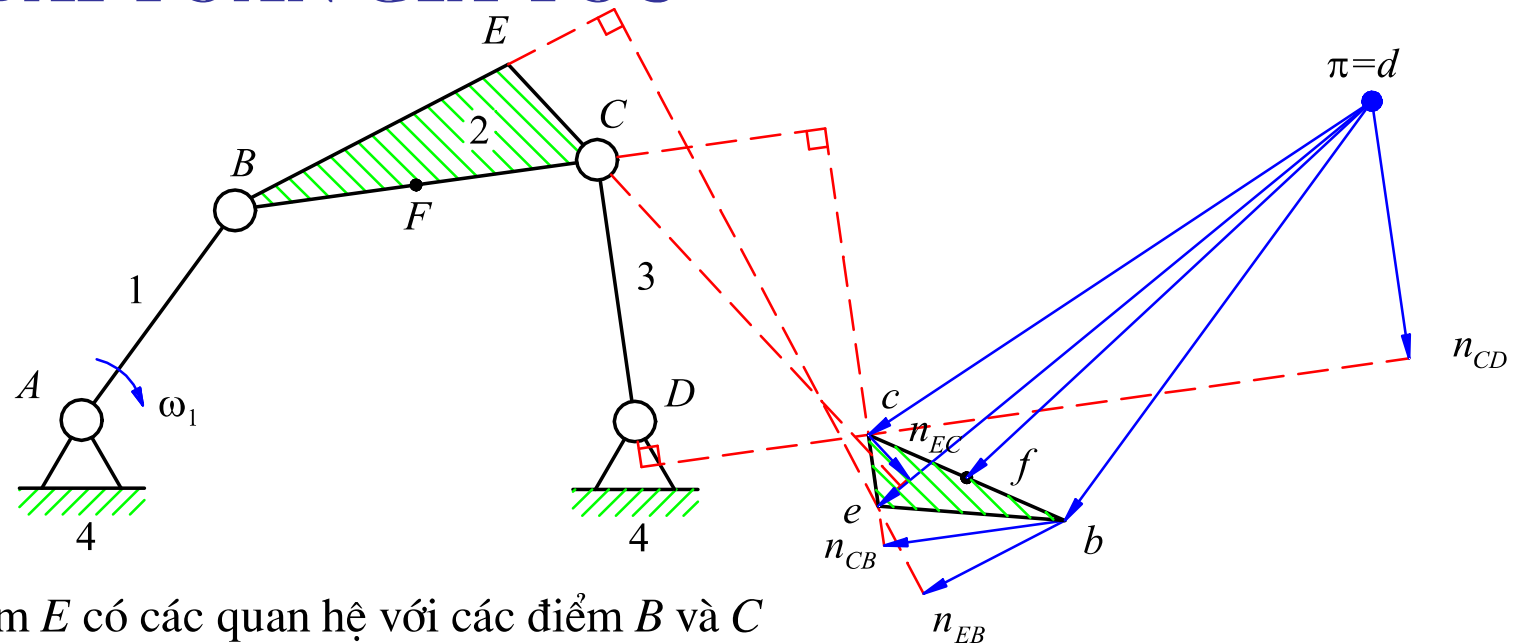
$$\varepsilon_3 = \frac{a_{CD}^t}{l_{CD}} = \frac{n_{CD} \cdot c \cdot \mu_a}{l_{CD}}$$

đặt  $\overrightarrow{a_{CD}^t}$  tại điểm C ta sẽ có được chiều của  $\vec{\varepsilon}_3$

# II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

## 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

Tìm  $\vec{a}_E$



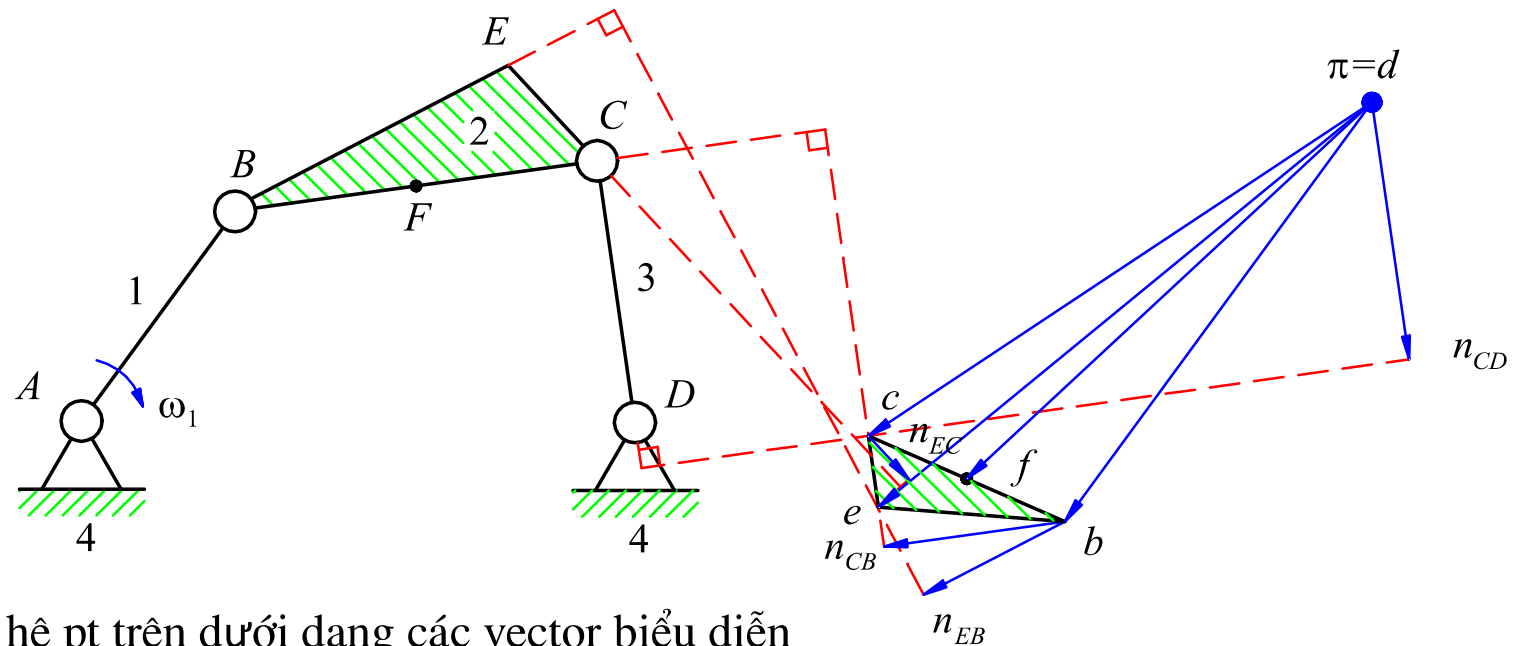
Xét điểm  $E$  có các quan hệ với các điểm  $B$  và  $C$

$$\begin{aligned} \vec{a}_E = \vec{a}_B + \vec{a}_{EB}^n + \vec{a}_{EB}^t &= \vec{a}_C + \vec{a}_{EC}^n + \vec{a}_{EC}^t \\ \left( \|AB, \omega_1^2 l_{AB}\right) \left( \|EB, \frac{v_{EB}^2}{l_{EB}} \right) (\perp EB, ?) & \left( \|\vec{\pi c}, \mu_a \cdot \pi c \right) \left( \|EC, \frac{v_{EC}^2}{l_{EC}} \right) (\perp EC, ?) \end{aligned}$$

# II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

## 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

Tìm  $\vec{a}_E$



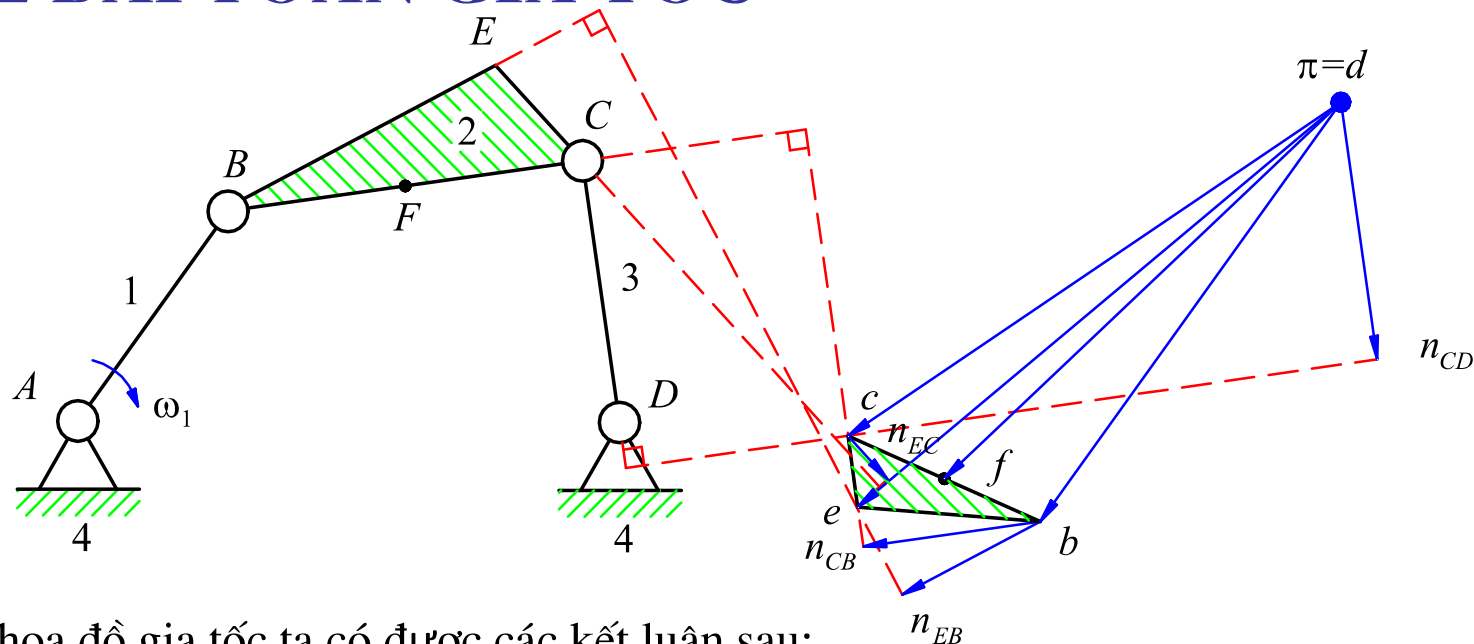
Viết lại hệ pt trên dưới dạng các vector biểu diễn

$$\begin{aligned} \vec{\pi e} &= \vec{\pi b} + \vec{bn}_{EB} + \vec{n_{EB}e} = \vec{\pi c} + \vec{cn}_{EC} + \vec{n_{EC}e} \\ &\left( \parallel AB, \omega_1^2 \cdot l_{AB} \right) \left( \parallel EB, \frac{v_{EB}^2}{l_{EB}} \right) (\perp EB, ?) \quad \left( \parallel \pi c, \mu_a \cdot \pi c \right) \left( \parallel EC, \frac{v_{EC}^2}{l_{EC}} \right) (\perp EC, ?) \end{aligned}$$

Từ hoạ đồ vừa dựng, ta được:  $a_E = \mu_a \cdot \pi e$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC

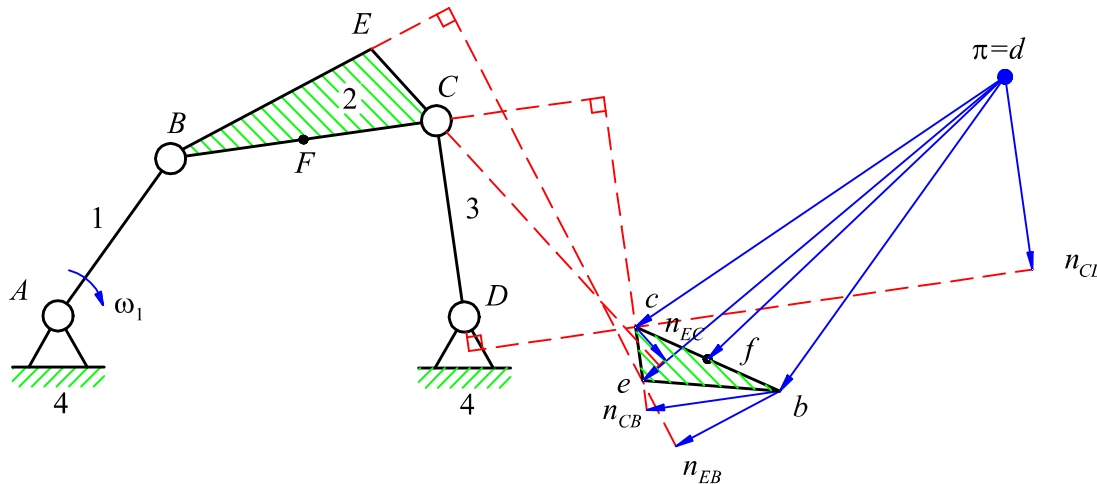


Từ hoạ đồ gia tốc ta có được các kết luận sau:

- Gia tốc có gốc tại  $\pi$  và mút tại các điểm  $b, c, \dots$  đều biểu thị gia tốc *tuyệt đối* của các điểm B, C, .. trên cơ cấu .
- Cực  $\pi$  biểu thị các điểm có gia tốc bằng 0 trên hoạ đồ vị trí,
- Gia tốc không có gốc tại  $\pi$  biểu thị gia tốc *tương đối* giữa các điểm (chú ý cách viết:  $\overrightarrow{bc}$  tương ứng với  $\overrightarrow{a_{CB}}$  )

# II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

## 2.4.2 BÀI TOÁN GIA TỐC



### Định lý đồng dạng thuận:

Hình nối các điểm thuộc cùng một khâu *đồng dạng thuận* với hình nối các ngọn vector gia tốc (tuyệt đối) của các điểm đó trên hoạ đồ gia tốc

Nếu biết 2 điểm thuộc cùng 1 khâu thì vận tốc của điểm thứ 3 trên khâu đó bao giờ cũng xác định được

### Chứng minh

$$\begin{aligned} a_{CB} &= \sqrt{(a_{CB}^n)^2 + (a_{CB}^t)^2} \\ &= \sqrt{(l_{BC} \cdot \omega_2^2)^2 + (l_{BC} \cdot \varepsilon_2)^2} \\ &= l_{BC} \sqrt{\omega_2^4 + \varepsilon_2^2} \end{aligned}$$

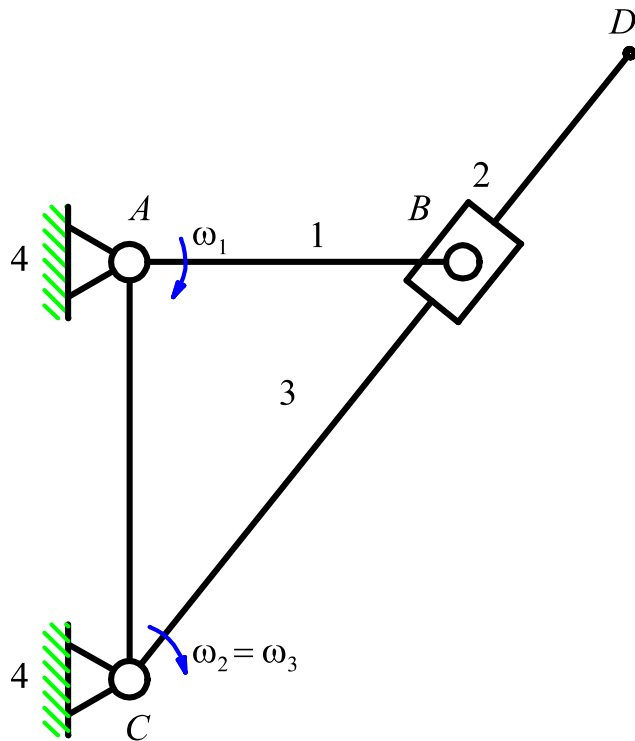
Tương tự ta có:

$$\begin{aligned} a_{EB} &= l_{BE} \sqrt{\omega_2^4 + \varepsilon_2^2} \\ a_{EC} &= l_{CE} \sqrt{\omega_2^4 + \varepsilon_2^2} \\ \rightarrow \frac{a_{EB}}{l_{BE}} &= \frac{a_{EC}}{l_{CE}} = \frac{a_{CB}}{l_{BC}} = \sqrt{\omega_2^4 + \varepsilon_2^2} \\ \rightarrow \frac{be}{l_{BE}} &= \frac{ce}{l_{CE}} = \frac{bc}{l_{BC}} \\ \rightarrow \Delta bce &\sim \Delta BCE \end{aligned}$$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.3 MỘT SỐ VÍ DỤ KHÁC

Xác định vận tốc và gia tốc của điểm D trên khâu 3 và  $\omega_3, \varepsilon_3$  của cơ cấu culít. Cho trước các kích thước của cơ cấu và  $\omega_1 = \text{const} = 1 \text{ (1/s)}$ .



Tìm  $\vec{v}_{B_1}, \vec{v}_{B_2}$

Do B chuyển động tròn đối với A nên:

$$\text{Độ lớn } v_{B_1} = v_{B_2} = \omega_1 \cdot l_{AB}$$

Phương:  $\perp AB$

Chiều: theo chiều quay của  $\omega_1$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.4 MỘT SỐ VÍ DỤ KHÁC

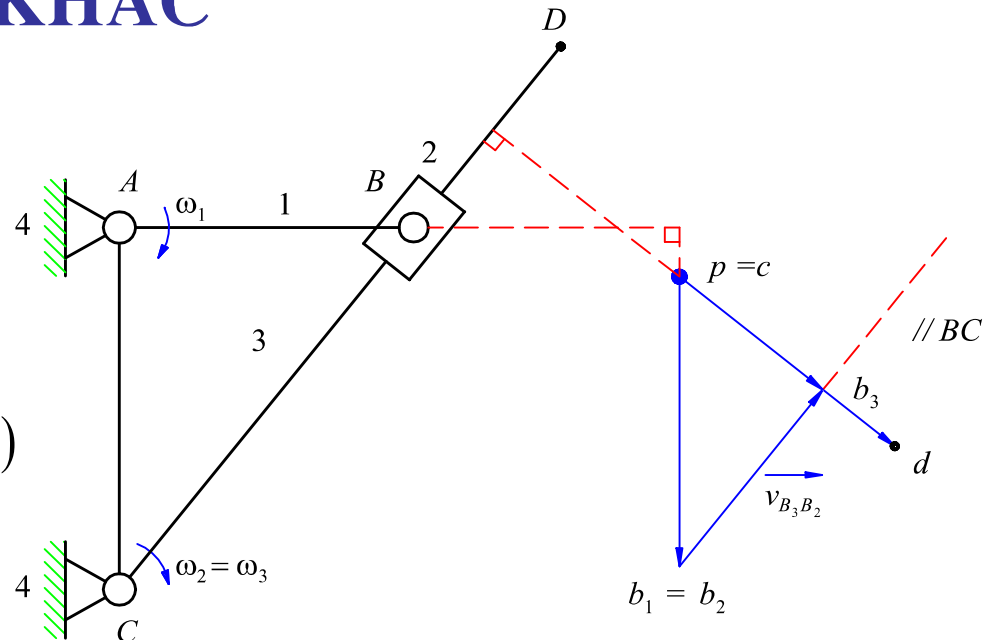
Tìm  $\vec{v}_{B_3}$

Xét điểm  $B_3$  có các quan hệ với các điểm  $B_2$  và  $C$

$$\begin{array}{ccccc} \vec{v}_{B_3} & = & \vec{v}_{B_2} & + & \vec{v}_{B_3 B_2} \\ (\perp BC, ?) & & (\perp AB, \omega_1 l_{AB}) & & (\parallel CB, ?) \end{array}$$

Viết lại hệ pt trên dưới dạng các vector biểu diễn

$$\begin{array}{ccccc} \overrightarrow{pb_3} & = & \overrightarrow{pb_2} & + & \overrightarrow{b_2 b_3} \\ (\perp BC, ?) & & (\perp AB, \omega_1 l_{AB}) & & (\parallel CB, ?) \end{array}$$



Giải phương trình theo phương pháp đồ giải ta xác định được

$$v_{B_3} = \mu_v \cdot pb_3$$

## 2.4.4 MỘT SỐ VÍ DỤ KHÁC

Tím  $\omega_3$ 

$$\omega_3 = \frac{v_{B_3}}{l_{CB}} = \frac{\mu_v \cdot p b_3}{l_{CB}}$$

có chiều theo chiều của  $v_{B_3}$

$$\text{T\`im } \overrightarrow{v_D}$$

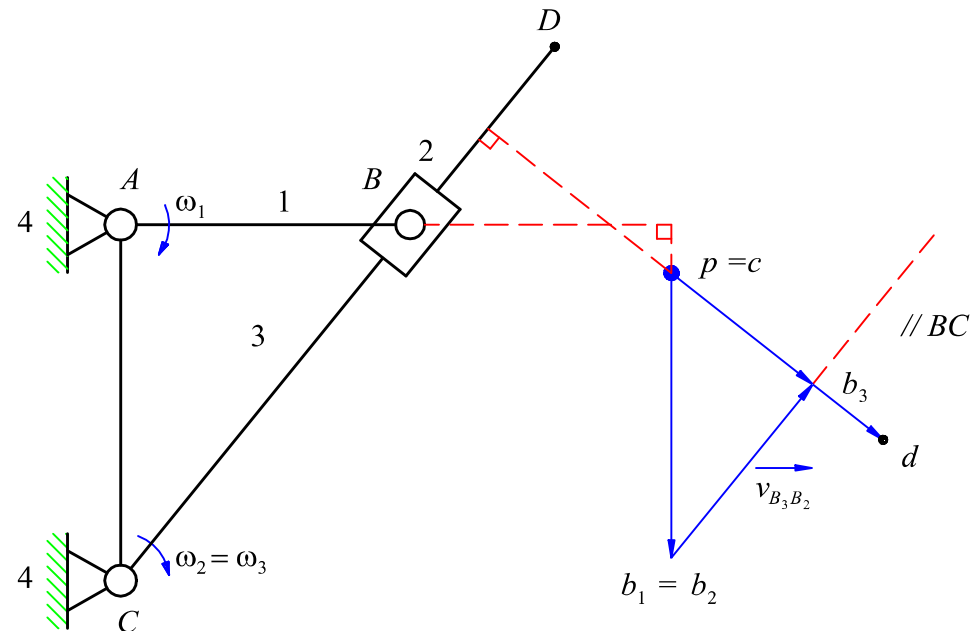
Dùng định lý đồng dạng thuận ta có:

$$\Delta bcd \sim \Delta BCD \rightarrow \frac{cd}{cb_3} = \frac{CD}{CB}$$

ta xác định được

$$v_D = \mu_v \cdot pd$$

Hoặc dùng công thức:  $v_D = \omega_3.l_{CD}$





## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.4.4 MỘT SỐ VÍ DỤ KHÁC

Tìm  $\overrightarrow{a_{B_1}} = \overrightarrow{a_{B_2}}$

$$\overrightarrow{a_{B_1}} = \overrightarrow{a_{B_2}} = \omega_1^2 l_{AB}$$

hướng từ B tới A. (do B quay đều quanh A)

Tìm  $\overrightarrow{a_{B_3}}$

Xét điểm  $B_3$  có các quan hệ với các điểm  $B_2$  và C

$$\begin{aligned} \overrightarrow{a_{B_3}} = \overrightarrow{a_{B_2}} + \overrightarrow{a_{B_3B_2}^k} + \overrightarrow{a_{B_3B_2}^r} &= \overrightarrow{a_{B_3}^n} + \overrightarrow{a_{B_3}^t} \\ \left( \| AB, \omega_1^2 l_{AB} \right) \left( \perp \overrightarrow{v_{B_3B_2}}, 2\omega_2 v_{B_3B_2} \right) \left( \| CB, ? \right) &\left( \| BC, \omega_3^2 l_{BC} \right) \left( \perp BC, ? \right) \end{aligned}$$

Gia tốc Côriôlit  $\overrightarrow{a_{B_3B_2}^k}$

Chiều: Quay  $\overrightarrow{v_{B_3B_2}}$   $90^\circ$  theo chiều quay của  $\omega_1$



## 2.4.4 MỘT SỐ VÍ DỤ KHÁC

Tím  $\varepsilon_3$ 

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{B_3C}^t}{l_{BC}}$$

đặt  $a_{B_3C}^t$  tại điểm  $B$  ta sẽ có được  
chiều của  $\vec{\varepsilon}_3$

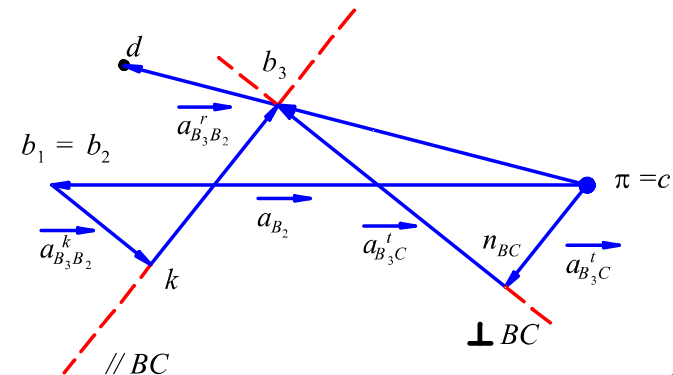
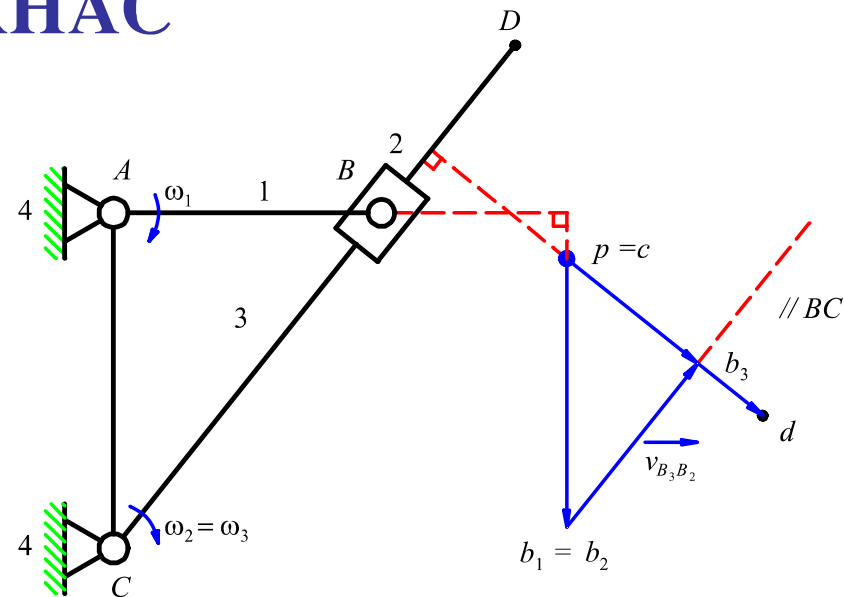
$$\text{T\`im} \quad \overrightarrow{a_D}$$

Dùng định lý đồng dạng thuận ta có:

$$\Delta bcd \sim \Delta BCD \rightarrow \frac{cd}{cb_3} = \frac{CD}{CB}$$

ta xác định được

$$a_D = \mu_a . \pi d$$



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.5. PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH

#### Phân tích động học cơ cấu 4kbl

Xét cơ cấu 4 khâu bản lề phẳng.

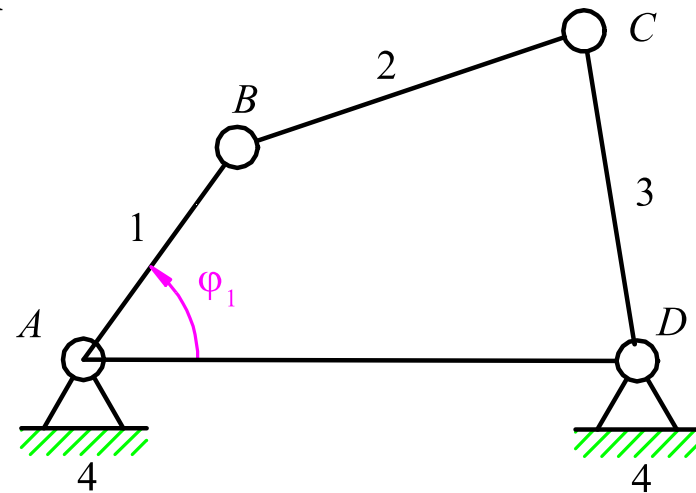
Biết kích thước tất cả các khâu,

Góc định vị  $\varphi_1$  của khâu dẫn 1,

Vận tốc góc quay của khâu dẫn

$$\omega_1 = \text{const.}$$

Xác định vị trí, vận tốc và gia tốc của các khâu thuộc cơ cấu.



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.5. PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH

**Xác định vị trí**

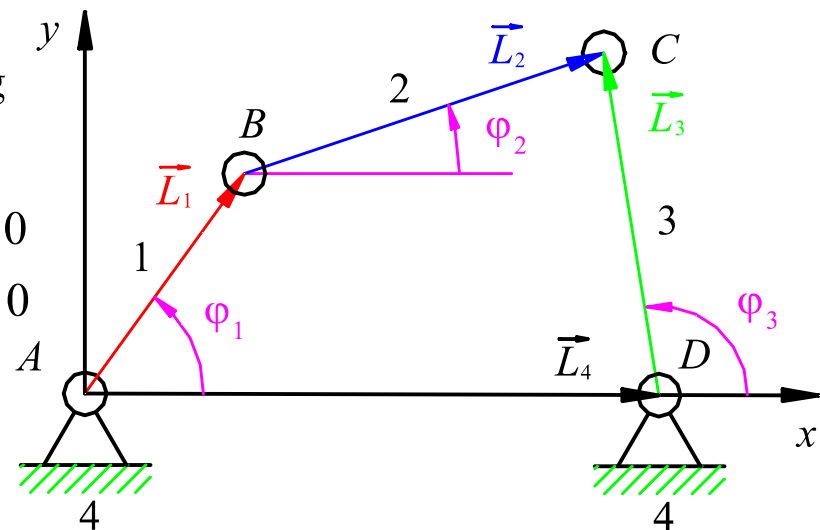
Ta có phương trình vector

$$\vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \vec{L}_4 + \vec{L}_3 \quad (*)$$

Ta có thể viết phương trình (\*) dưới dạng phương trình hình chiếu

$$\begin{cases} L_1 \cos \varphi_1 + L_2 \cos \varphi_2 - L_3 \cos \varphi_3 - L_4 = 0 \\ L_1 \sin \varphi_1 + L_2 \sin \varphi_2 - L_3 \sin \varphi_3 = 0 \end{cases}$$

Giải hệ 2 phương trình 2 ẩn ta xác định được  $\varphi_2$  và  $\varphi_3$





## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.5. PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH

#### Xác định vận tốc

Lấy đạo hàm hệ (1) theo thời gian, ta được

$$\begin{cases} -L_1\omega_1 \sin \varphi_1 - L_2\omega_2 \sin \varphi_2 + L_3\omega_3 \sin \varphi_3 = 0 \\ L_1\omega_1 \cos \varphi_1 + L_2\omega_2 \cos \varphi_2 - L_3\omega_3 \cos \varphi_3 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Hệ (2) có thể viết dưới dạng ma trận

$$\begin{bmatrix} -l_2 \sin \varphi_2 & l_3 \sin \varphi_3 \\ l_2 \cos \varphi_2 & -l_3 \cos \varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} = \omega_1 \begin{bmatrix} l_1 \sin \varphi_1 \\ -l_1 \cos \varphi_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Hệ thức (3) có thể viết dưới dạng tổng quát

$$[A][\omega] = \omega_1 [B]$$

Giải hệ 2 phương trình 2 ẩn ta xác định được  $\omega_2$  và  $\omega_3$



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.5. PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH

#### Xác định gia tốc

Lấy đạo hàm hệ (3) theo thời gian, ta được

$$\begin{bmatrix} -l_2 \sin \varphi_2 & l_3 \sin \varphi_3 \\ l_2 \cos \varphi_2 & -l_3 \cos \varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} -\omega_2 l_2 \cos \varphi_2 & \omega_3 l_3 \cos \varphi_3 \\ -\omega_2 l_2 \sin \varphi_2 & \omega_3 l_3 \sin \varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_1 l_1 \cos \varphi_1 \\ \omega_1 l_1 \sin \varphi_1 \end{bmatrix}$$

Giải hệ 2 phương trình 2 ẩn ta xác định được  $\varepsilon_2$  và  $\varepsilon_3$

Hệ thức (3) có thể viết dưới dạng tổng quát

$$[A] \cdot [\varepsilon] = -[\dot{A}] [\omega] + \omega_1 [\dot{B}]$$

$$[\dot{A}] = \frac{d[A]}{dt}, \quad [\dot{B}] = \frac{d[B]}{dt}$$

## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.5. PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH

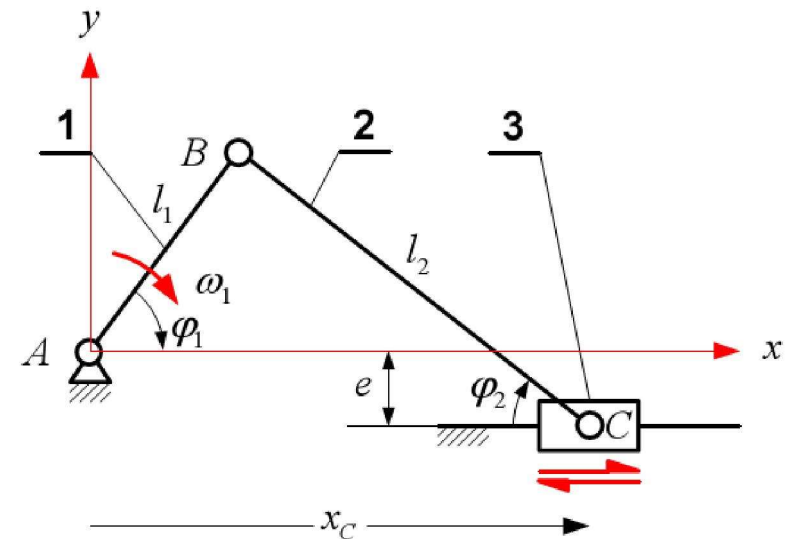
#### Phân tích động học cơ cấu tq-ct

Cho cơ cấu tay quay con trượt lệch tâm với

$l_{AB}, l_{BC},$

$\omega_1 = \text{const}$  và  
độ lệch tâm  $e$ .

Xác định  $x_C, v_C, a_C$ ?



## II. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

### 2.5. PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH

Xác định vị trí

$$x_C = l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2$$

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

Xác định vận tốc và gia tốc

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

