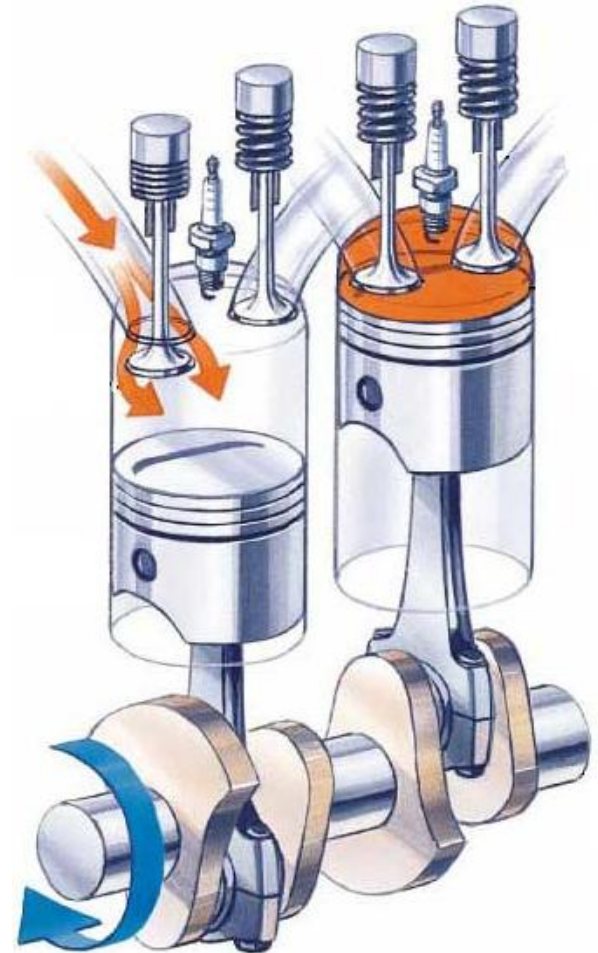


# CƠ SỞ TRUYỀN ĐỘNG CƠ KHÍ

Nguyễn Hữu Hào

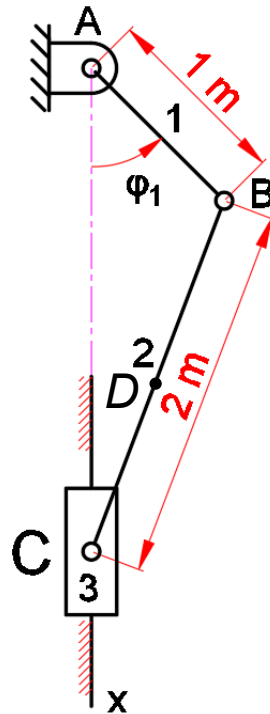


### 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

- ❖ **Cho trước:** Lược đồ động của cơ cấu
- ❖ **Yêu cầu:** Xác định quy luật chuyển vị của các khâu bị dẫn theo vị trí (góc quay) của khâu dẫn. Gồm:
  - Quy luật chuyển vị  $s = s(\varphi)$  nếu khâu bị dẫn tịnh tiến
  - Quy luật chuyển động  $\psi = \psi(\varphi)$  nếu khâu bị dẫn quay xung quanh 1 điểm cố định
  - Quỹ đạo của 1 điểm bất kỳ trên cơ cấu

### 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

❖ **Ví dụ minh họa 2.1:** Cho lược đồ động của cơ cấu tay quay con trượt, khâu dẫn khâu  $AB$  có chiều dài  $L_{AB} = 1$  m, quay đều quanh trục cố định đi quay  $A$ . Thanh truyền  $BC$  có chiều dài  $L_{BC} = 2$  m. Con trượt  $C$  trượt dọc theo thanh trượt thẳng đứng theo phương  $Ax$ . Yêu cầu xác định quy luật chuyển vị  $s = s(\varphi)$  của con trượt  $C$ . Xác định quỹ đạo của điểm  $D$  là trung điểm thanh truyền  $BC$ .



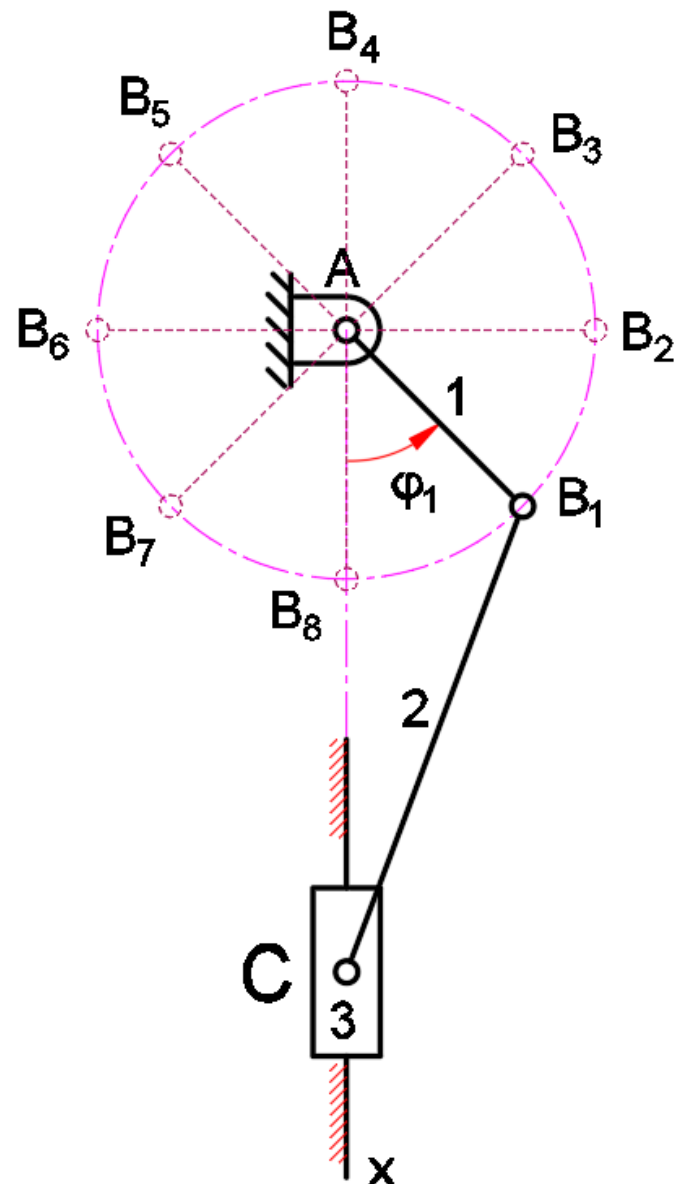
## 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

### ❖ Ví dụ minh họa 2.1:

• Cách xây dựng đồ thị  $s = s(\varphi)$ :

- ✓ **Bước 1:** Dựng vòng tròn tâm  $A$ , bán kính  $L_{AB} = 1$  m.
- ✓ **Bước 2:** Chia vòng tròn ( $A, L_{AB}$ ) thành  $n$  phần đều nhau bằng các điểm  $B_1, B_2, \dots, B_n$ .

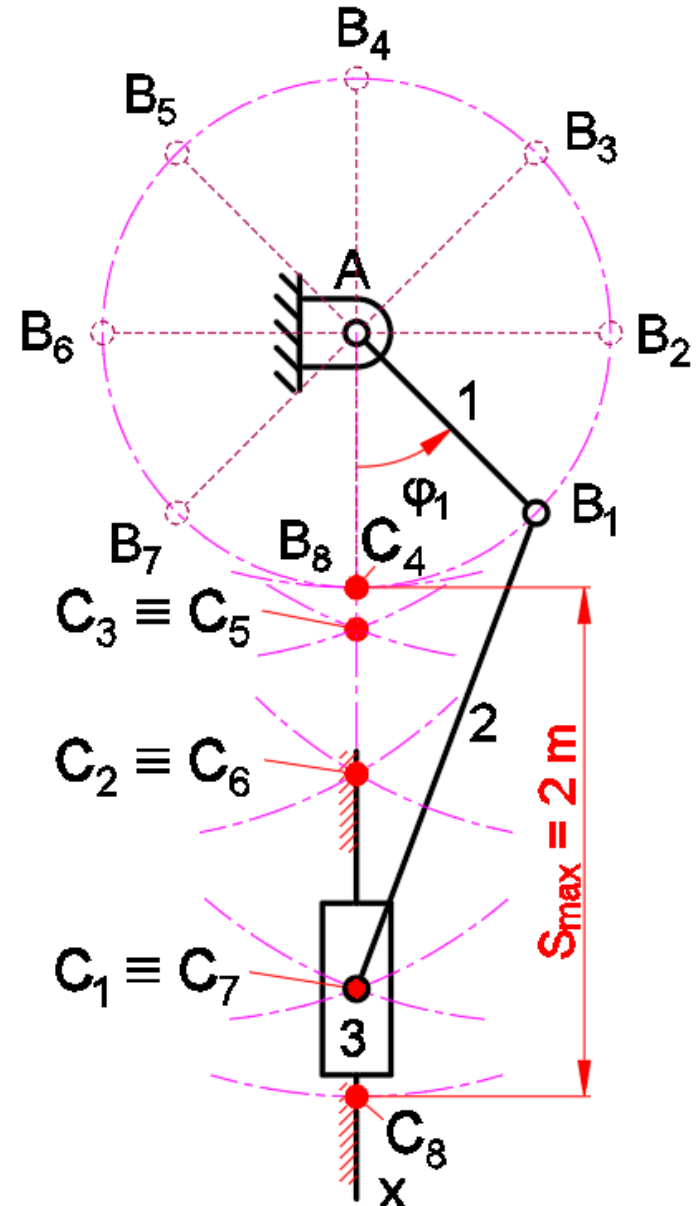
**Lưu ý:** Chia thành càng nhiều điểm càng chính xác nhưng sẽ bị rối, ở đây lấy  $n = 8$  cho dễ quan sát.



## 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

### ❖ Ví dụ minh họa 2.1:

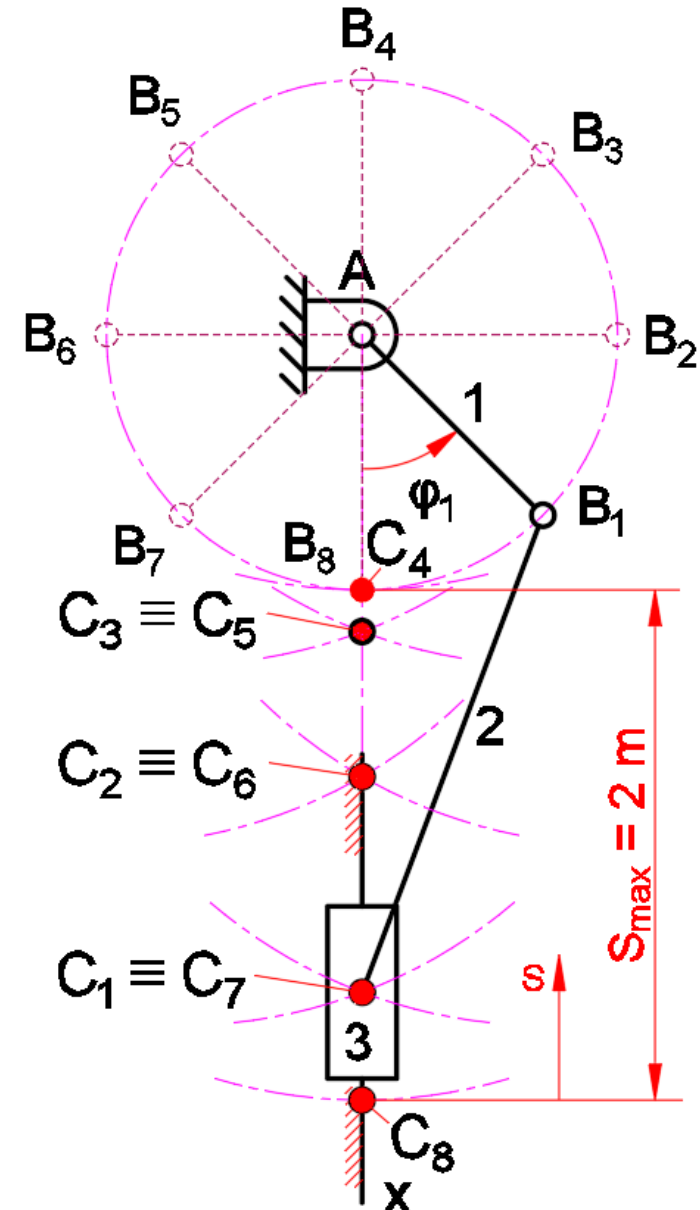
- Cách xây dựng đồ thị  $s = s(\varphi)$  (tiếp):
- ✓ **Bước 3:** Dựng các đường tròn tâm  $B_i$  ( $i = 1 \div 8$ ) bán kính  $L_{BC} = 2$  m, đường tròn này cắt phương trượt  $Ax$  của con trượt  $C$  tại các điểm  $C_i$  ( $i = 1 \div 8$ ).



## 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

### ❖ Ví dụ minh họa 2.1:

- Cách xây dựng đồ thị  $s = s(\varphi)$  (tiếp):
- ✓ **Bước 4:** Chọn vị trí  $C_8$  của con trượt  $C$  tương ứng với vị trí  $B_8$  của điểm  $B$  làm gốc để xác định  $s$ . Chiều dương để xác định  $s$  ngược với chiều  $Ax$ .

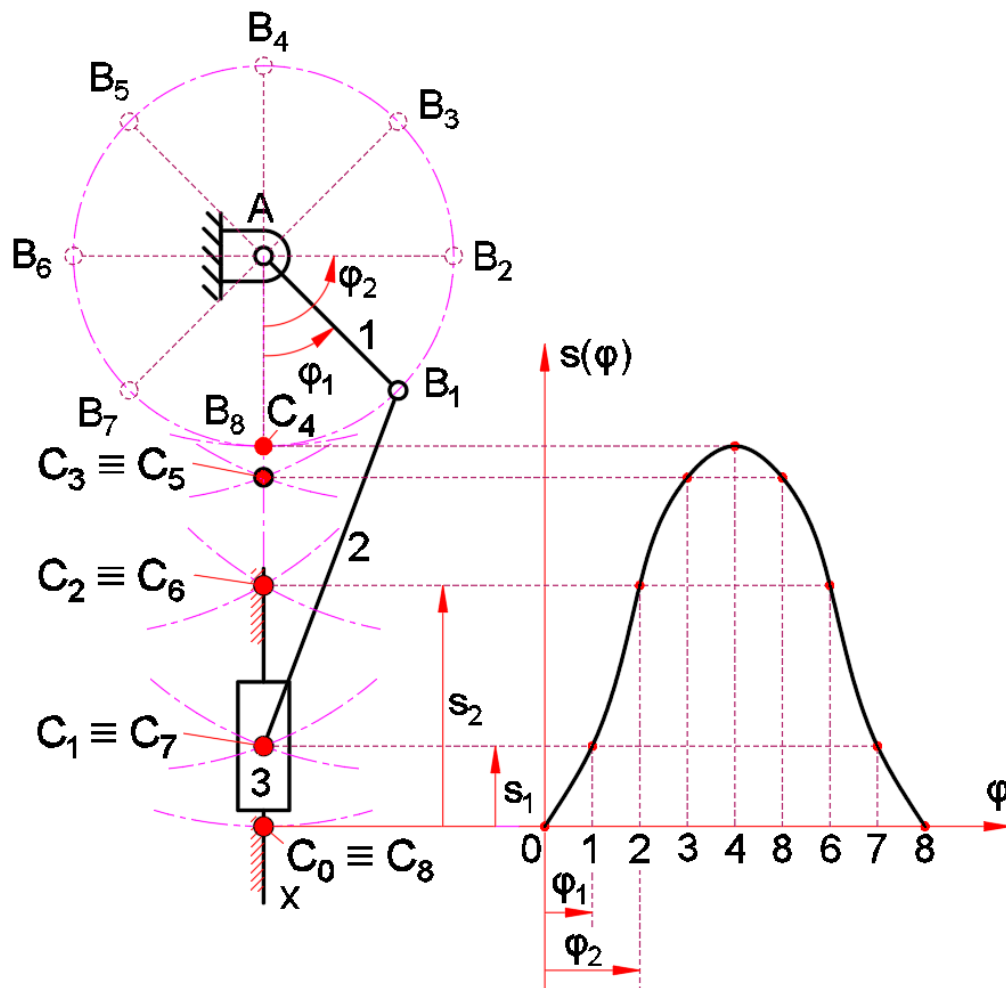


## 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

### ❖ Ví dụ minh họa 2.1: (tiếp)

#### • Cách xây dựng đồ thị $s = s(\varphi)$ : (tiếp)

- ✓ **Bước 5:** Chọn  $Ax$  làm gốc để xác định góc quay  $\varphi$  của khâu dẫn  $AB$ . Chiều dương để xác định  $\varphi$  là chiều quay của  $\varphi_1$ . Khi đó  $s_i = C_0C_i$  là chuyển vị của con trượt  $C$  ứng với góc quay  $\varphi_i$  =  $\widehat{xAB}$  của khâu dẫn  $AB$ . Với các cặp  $(\varphi_i, s_i)$  khác nhau, ta dựng được đồ thị chuyển vị  $s = s(\varphi)$  của con trượt  $C$  theo góc quay  $\varphi$  của khâu dẫn  $AB$ .



## 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

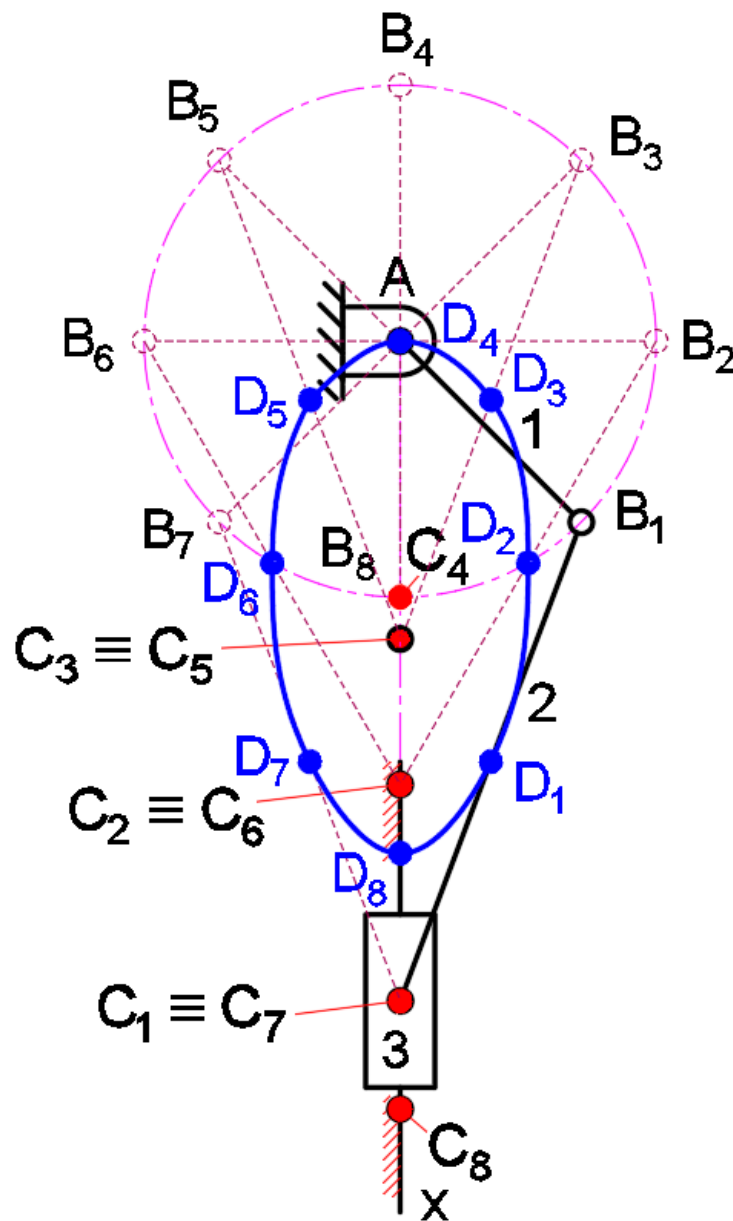
### ❖ Ví dụ minh họa 2.1: (tiếp)

- **Xây dựng quỹ đạo của điểm  $D$  trên thanh truyền  $BC$ :**

- ✓ Khi dựng các vị trí  $B_iC_i$  của thanh truyền  $BC$ , ta dựng các điểm  $D_i$  tương ứng trên  $B_iC_i$ .
- ✓ Nối các điểm  $D_i$  này lại, ta được quỹ đạo ( $D$ ) của điểm  $D$
- ✓ Đường cong ( $D$ ), quỹ đạo của một điểm  $D$  trên thanh truyền  $BC$  được gọi là đường cong thanh truyền.

**Lưu ý:** Để cho thuận tiện, ở đây ta dựng quỹ đạo của điểm  $D$  là trung điểm của thanh truyền  $BC$ .

$$L_{BD} = L_{DC} = 1 \text{ m}$$





## 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

### ❖ Ví dụ minh họa 2.1: (tiếp)

- **Một số chú ý khi vẽ quỹ đạo:**

- ✓ Vì cơ cấu chuyển động có chu kỳ bằng  $\varphi = 2\pi$  (sau một vòng quay của khâu dẫn  $AB$ , cơ cấu trở về vị trí ban đầu) nên quỹ đạo của điểm  $D$  là đường cong kín. Chu kỳ  $\varphi$  được gọi là chu kỳ vị trí hay chu kỳ động học của cơ cấu.
- ✓ Khi dựng họa đồ chuyển vị của cơ cấu, dùng tỷ xích  $\mu_L$  (thường chọn sao cho phù hợp với kích thước khổ giấy)

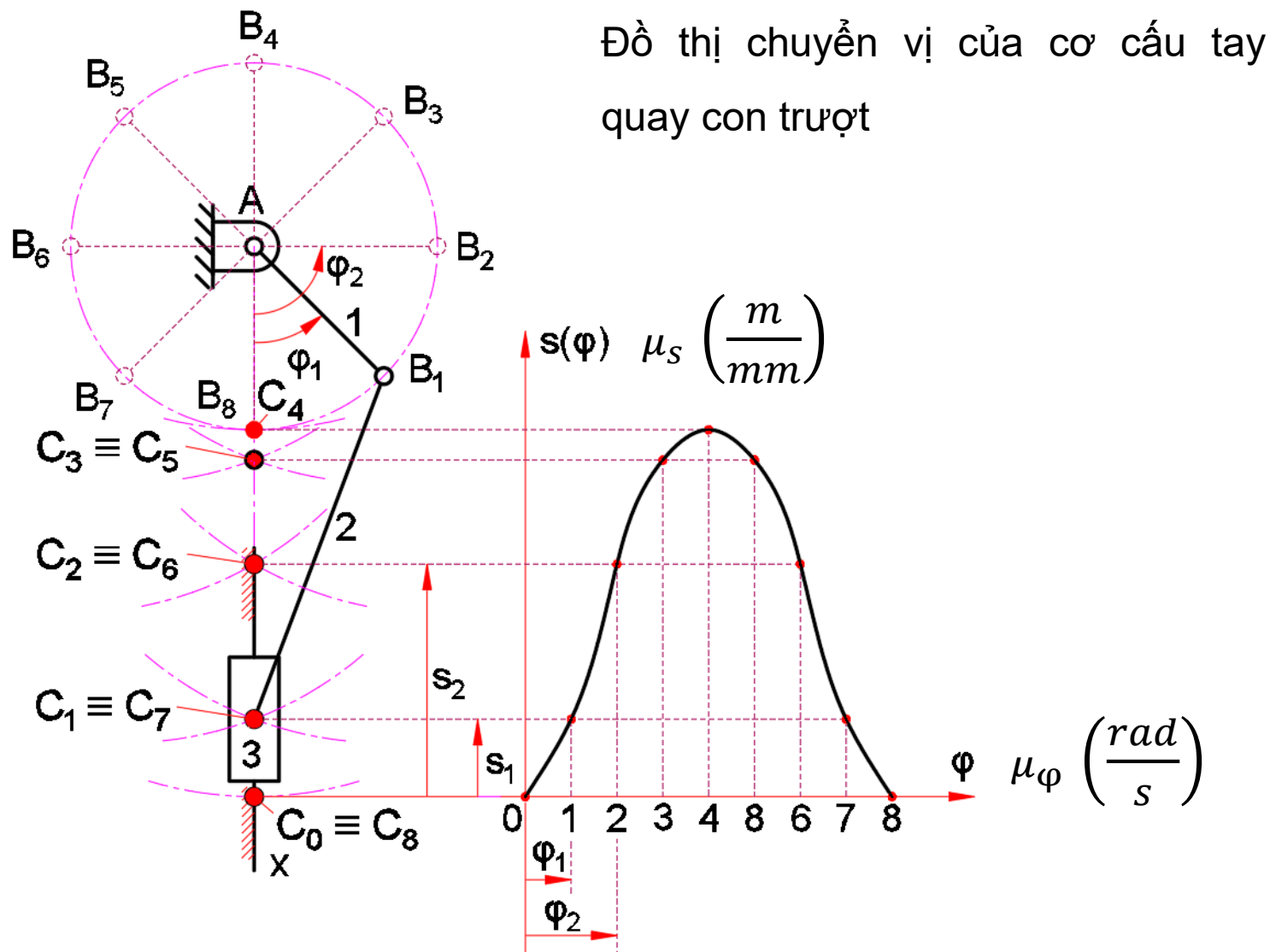
$$\mu_L = \frac{\text{Kích thước thực}}{\text{Độ dài đoạn biểu diễn}} = \frac{l_{AB}}{AB} \left( \frac{m}{mm} \right)$$

- ✓ Các trục  $s$  và  $\varphi$  của đồ thị chuyển vị  $s = s(\varphi)$  cũng có tỷ xích lần lượt là  $\mu_s$  và  $\mu_\varphi$

$$\mu_s \left( \frac{m}{mm} \right) \quad \text{và} \quad \mu_\varphi \left( \frac{rad}{s} \right)$$

## 2.1. Bài toán vị trí và quỹ đạo

### ❖ Ví dụ minh họa 2.1: (tiếp)

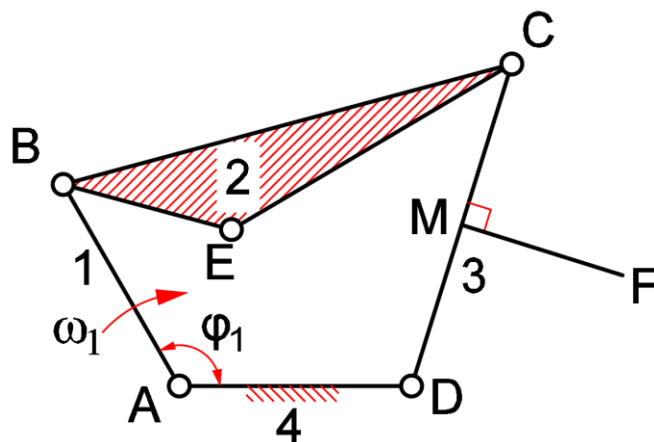


## 2.2. Bài toán vận tốc

- ❖ **Số liệu cho trước:** Lược đồ động của cơ cấu, khâu dẫn và quy luật vận tốc của khâu dẫn
- ❖ **Yêu cầu:** Xác định vận tốc của các khâu thuộc cơ cấu tại một vị trí cho trước.
- ❖ **Phương pháp giải:**
  - Sử dụng phương pháp họa đồ hoặc phương pháp giải tích
  - **Vận tốc của 1 khâu được xác định khi:** Hoặc biết vận tốc góc của khâu và vận tốc dài của 1 điểm thuộc khâu, hoặc biết vận tốc dài của 2 điểm thuộc khâu.
  - **Định lý đồng dạng thuận:**
    - ✓ Hình nối các điểm trên cùng một khâu đồng dạng thuận với hình nối mút các vectơ **vận tốc tuyệt đối** của các điểm đó trên họa đồ vận tốc.
    - ✓ Định lý đồng dạng thuận được áp dụng để xác định vận tốc của một điểm bất kỳ trên một khâu khi đã biết vận tốc hai điểm khác nhau thuộc khâu đó.

## 2.2. Bài toán vận tốc

❖ **Ví dụ 2.2:** Cho trước lược đồ động của cơ cấu 4 khâu bản lề  $ABCD$ . Khâu dẫn  $AB$  quay đều với vận tốc góc  $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$ . Cho kích thước các khâu:  $L_{AB} = L_{AD} = 1 \text{ m}$ ,  $L_{BC} = 2 \text{ m}$ ,  $L_{BE} = 0,5 \text{ m}$ ,  $L_{CD} = 1,45 \text{ m}$ ,  $L_{MF} = 0,5L_{CD}$ ,  $\widehat{CBE} = 30^\circ$ ,  $\widehat{ABC} = 75^\circ$ . Hãy xác định vận tốc của tất cả các khâu của cơ cấu, vận tốc của điểm  $E$  và điểm  $F$  tại vị trí khâu dẫn hợp với phương ngang 1 góc  $\varphi_1 = 120^\circ$ .

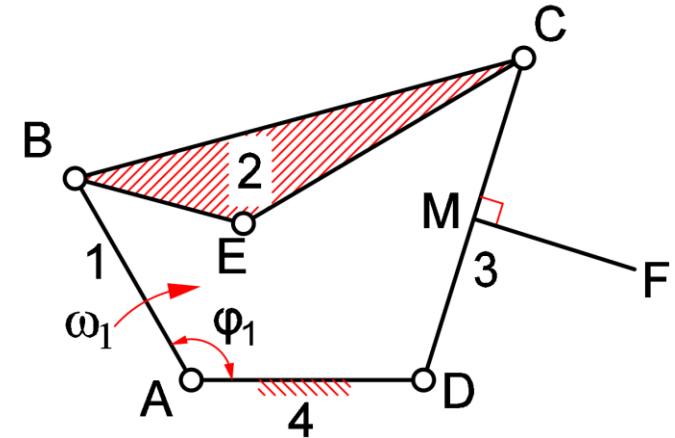


## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Bài giải VD 2.2:

#### • Phân tích:

- ✓ Khâu 1 quay quanh  $A$  cố định đã biết vận tốc góc và chiều dài  $L_{AB}$  nên ta tính được vận tốc dài của điểm  $B \rightarrow$  vận tốc khâu 1 đã xác định.
- ✓ Vì  $B$  cũng thuộc khâu 2 chuyển động song phẳng nên để vận tốc khâu 2 xác định ta cần phải tìm vận tốc góc của nó.
- ✓ Để tìm vận tốc khâu 3 quay quanh  $D$  cố định thì cần phải biết vận tốc góc của khâu 3 và vận tốc dài của 1 điểm thuộc khâu 3. Ta sẽ tìm vận tốc của điểm  $C$  sau đó sẽ tìm vận tốc góc của khâu 3.



## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Bài giải VD 2.2:

#### • Phương trình véc tơ vận tốc:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_B + \vec{v}_{C/B}$$

Phương	$\perp CD$	$\perp AB$	$\perp BC$
Chiều	?	$\nearrow$	?
Độ lớn	$\omega_3 L_{CD}$	$\omega_1 L_{AB}$	$\omega_2 L_{BC}$

#### • Vận tốc của điểm B: $v_B = \omega_1 L_{AB} = 10 \cdot 1 = 10 \text{ m/s}$

#### • Họa đồ véc tơ vận tốc:

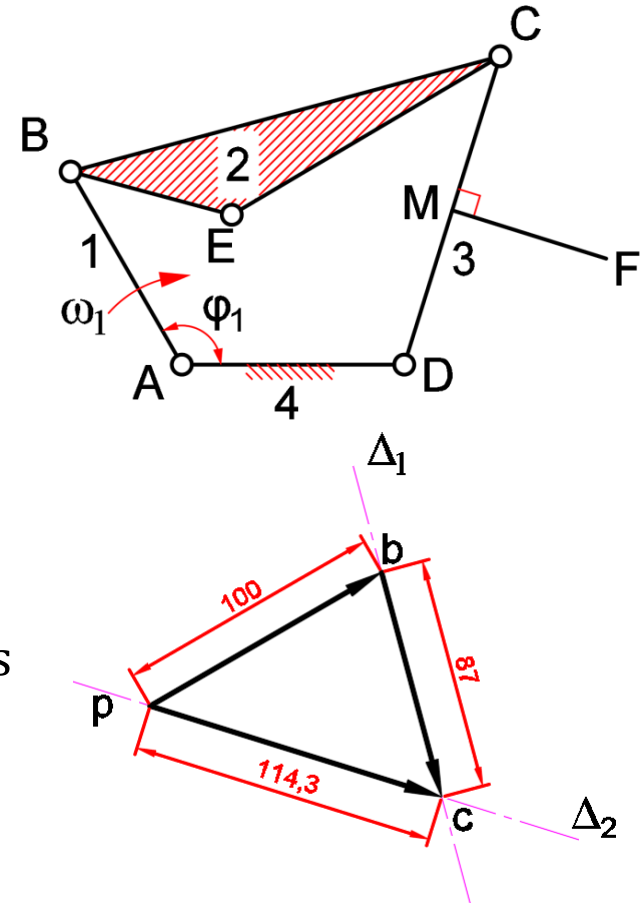
✓ Chọn tỷ lệ xích:  $\mu_v = \frac{v_B}{pb} = \frac{10}{100} = 0,1 \left( \frac{\text{m/s}}{\text{mm}} \right)$

✓ Chọn 1 điểm  $p$  làm gốc, từ  $p$  vẽ véc tơ  $pb = 100 \text{ mm}$  để biểu diễn vận tốc  $\vec{v}_B$

✓ Qua  $b$  vẽ đường thẳng  $\Delta_1$  vuông góc với  $BC$  để thể hiện phương vận tốc  $\vec{v}_{C/B}$

✓ Qua  $p$  vẽ đường thẳng  $\Delta_2$  vuông góc với  $DC$  để thể hiện phương vận tốc  $\vec{v}_C$

✓ Như vậy ta có  $\vec{pc}$  biểu diễn  $\vec{v}_C$  và  $\vec{bc}$  biểu diễn  $\vec{v}_{C/B}$



## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Bài giải VD 2.2:

#### • Xác định vận tốc từ họa đồ:

- ✓ Vận tốc của điểm C: Dùng thước đo độ dài pc.

$$v_C = pc \cdot \mu_v = 114,3 \cdot 0,1 = 11,43 \text{ m/s}$$

- ✓ Vận tốc góc của khâu 3:

$$\omega_3 = \frac{v_C}{L_{CD}} = \frac{11,43}{1,45} = 7,88 \text{ rad/s}$$

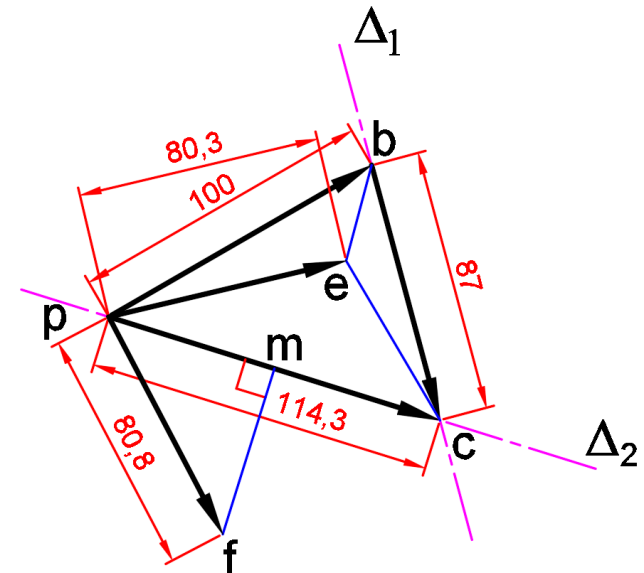
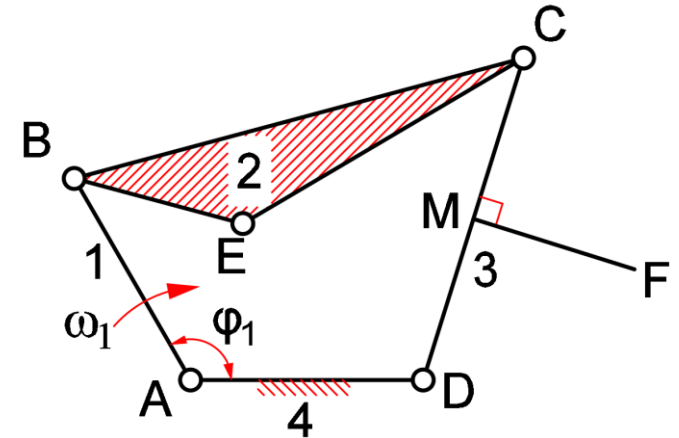
(Quay cùng chiều kim đồng hồ)

- ✓ Vận tốc tương đối của điểm C so với B: Dùng thước đo độ dài bc.

$$v_{C/B} = bc \cdot \mu_v = 87 \cdot 0,1 = 8,7 \text{ m/s}$$

- ✓ Vận tốc góc của khâu 2:

$$\omega_2 = \frac{v_{C/B}}{L_{BC}} = \frac{8,7}{2} = 4,35 \text{ rad/s} \quad (\text{Quay cùng chiều kim đồng hồ})$$



## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Bài giải VD 2.2:

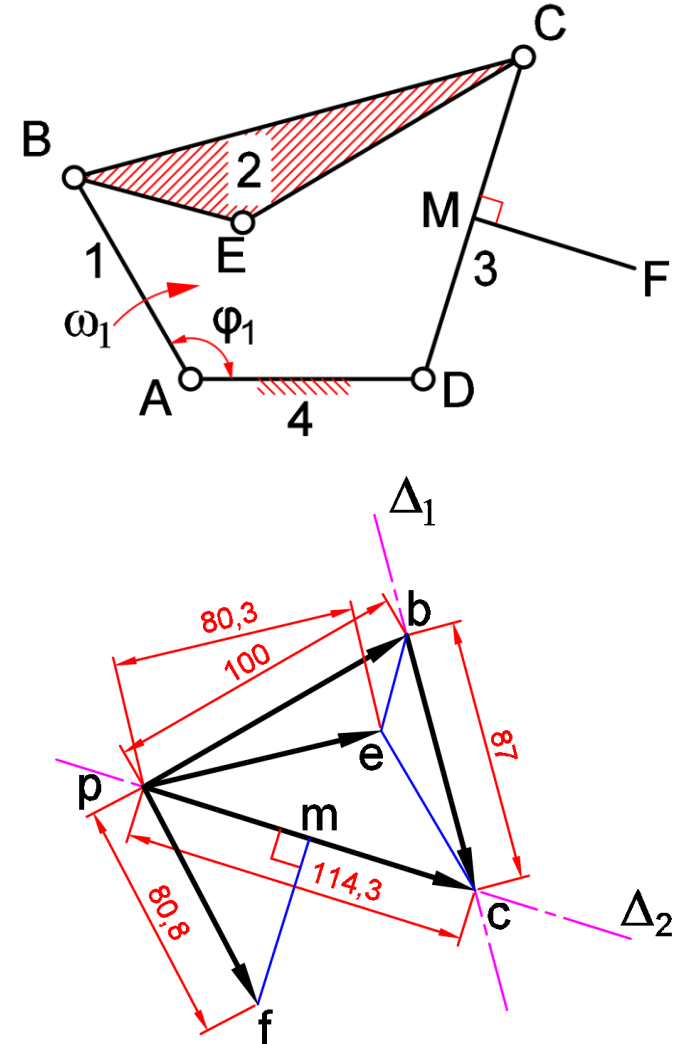
#### • Xác định vận tốc từ họa đồ:

✓ Vận tốc của điểm  $E$  và điểm  $F$ :

*Cách 1 - Áp dụng định lý đồng dạng thuận:* 3 điểm  $B, C, E$  cùng thuộc khâu 2. Mút của các véc tơ vận tốc của các điểm  $B, C, E$  lần lượt là các điểm  $b, c, e$ , ta có  $\triangle BCE$  đồng dạng  $\triangle bce$  (lưu ý  $B, C, E$  và  $b, c, e$  phải đi 1 vòng cùng chiều với nhau vì là đồng dạng thuận). Tương tự ta có  $\triangle DCF$  đồng dạng  $\triangle pcf$  (lưu ý mút của các véc tơ vận tốc của các điểm  $C, D$  lần lượt là  $c$  và  $d \equiv p$ ). Như vậy ta có véc tơ  $\overrightarrow{pe}$  biểu diễn véc tơ vận tốc  $\overrightarrow{v_E}$  và véc tơ  $\overrightarrow{pf}$  biểu diễn véc tơ vận tốc  $\overrightarrow{v_F}$ .

$$v_E = pe \cdot \mu_v = 80,3 \cdot 0,1 = 8,03 \text{ m/s} \quad (\text{Phương, chiều như trên họa đồ})$$

$$v_F = pf \cdot \mu_v = 80,8 \cdot 0,1 = 8,08 \text{ m/s} \quad (\text{Phương vuông góc với } DF, \text{ chiều như trên hình vẽ})$$





## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Bài giải VD 2.2:

#### • Xác định vận tốc từ họa đồ:

✓ Vận tốc của điểm  $E$  và điểm  $F$ :

Cách 2 – Sử dụng các phương trình véc tơ

$$\vec{v}_E = \vec{v}_B + \vec{v}_{E/B}$$

Phương      ?       $\perp AB$        $\perp BE$

Chiều      ?      ↗      ↘

Độ lớn      ?       $\omega_1 L_{AB}$        $\omega_2 L_{BE}$

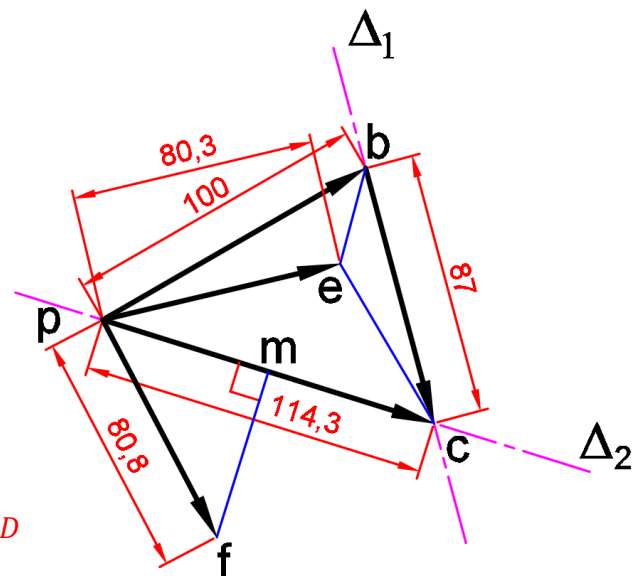
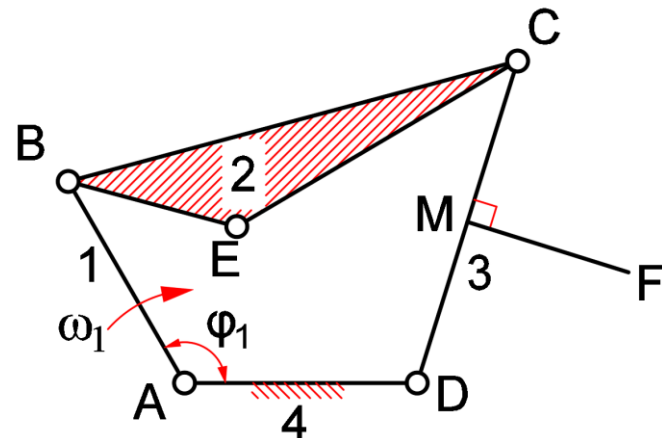
(Dựa vào họa đồ ta tìm được  $v_E$ )

$$\vec{v}_F = \vec{v}_D + \vec{v}_{F/D} \quad \text{Hay } \vec{v}_F \equiv \vec{v}_{F/D}$$

Phương       $\perp DF$       –       $\perp DF$

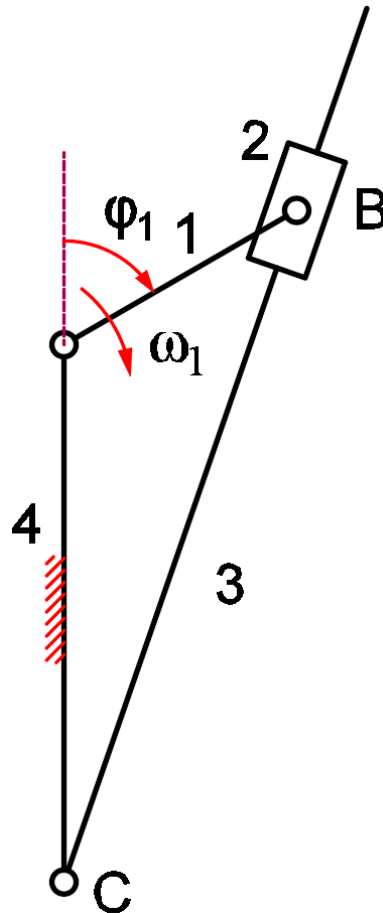
Chiều      ↘      –      ↘

Độ lớn       $\omega_3 L_{DF}$       0       $\omega_3 L_{DF}$



## 2.2. Bài toán vận tốc


❖ **Ví dụ 2.3:** Cho cơ cấu Culit có độ dài các khâu  $L_{AB} = 1$  m,  $L_{AC} = 2$  m đã biết. Khâu dẫn 1 quay đều với vận tốc góc  $\omega_1 = 10$  rad/s. Hãy xác định vận tốc của tất cả các khâu của cơ cấu tại vị trí khâu dẫn 1 có góc quay xác định  $\varphi_1 = 60^\circ$

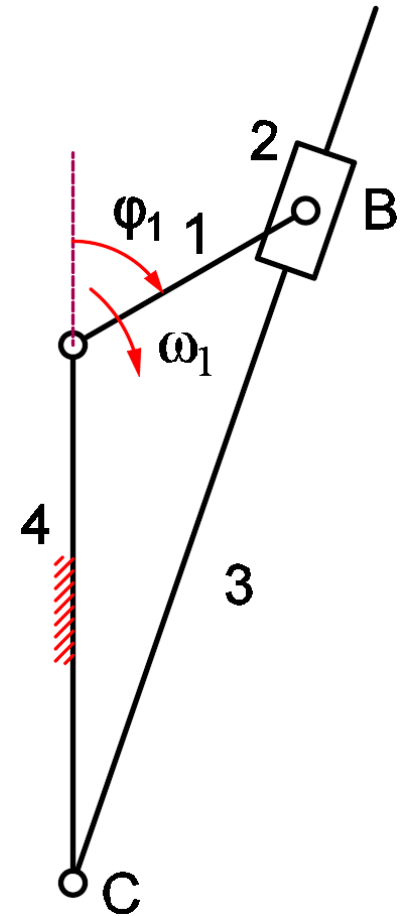


## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Minh họa phương pháp giải VD 2.3:

- Khâu 2 và 1 nối nhau bằng khớp quay nên  $\vec{v}_{B2} = \vec{v}_{B1}$
- Khâu 2 và 3 nối nhau bằng khớp trượt nên  $\omega_2 = \omega_3$
- Vậy, chỉ cần tìm vận tốc  $\vec{v}_{B3}$  của điểm  $B_3$  (điểm  $B$  thuộc khâu 3)
- Phương trình véc tơ vận tốc:

	$\vec{v}_{B2}$	=	$\vec{v}_{B3}$	+	$\vec{v}_{B2/B3}$
Phương	$\perp AB$		$\perp BC$		$// BC$
Chiều			?		?
Độ lớn	$\omega_1 L_{AB}$		$\omega_3 L_{AB}$		?



- Độ lớn vận tốc của điểm  $B_2$ :  $v_{B2} = v_{B1} = \omega_1 L_{AB} = 10 \cdot 1 = 10 \text{ m/s}$

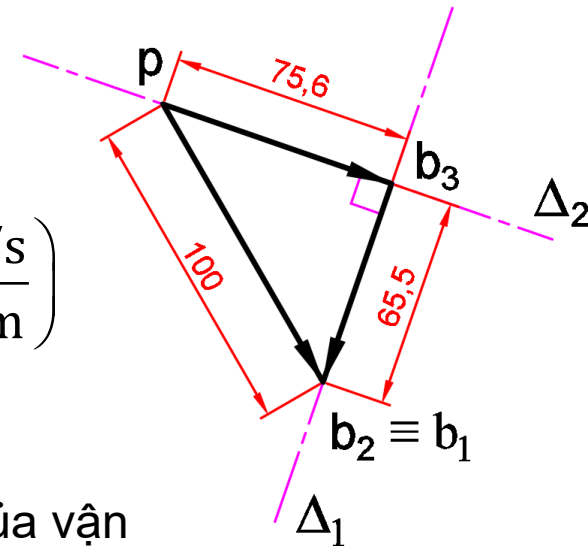
- Độ dài BC: 
$$L_{BC} = \sqrt{L_{AB}^2 + L_{AC}^2 - 2L_{AB}L_{AC} \cos BAC}$$
$$= \sqrt{1^2 + 2^2 - 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \cos 120^\circ} = \sqrt{7} \text{ m}$$

## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Minh họa phương pháp giải VD 2.3:

#### • **Họa đồ véc tơ vận tốc:**

- ✓ Chọn 1 tỷ lệ xích thích hợp:  $\mu_v = \frac{v_{B2}}{pb_2} = \frac{10}{100} = 0,1 \left( \frac{\text{m/s}}{\text{mm}} \right)$
- ✓ Chọn  $p$  làm gốc, từ  $p$  vẽ  $\overrightarrow{pb_2}$  biểu diễn  $\overrightarrow{v_{B2}} \equiv \overrightarrow{v_{B1}}$
- ✓ Qua  $b_2$  vẽ đường thẳng  $\Delta_1 // BC$  để thể hiện phương của vận tốc  $\overrightarrow{v_{B2/B3}}$
- ✓ Qua  $p$  vẽ đường thẳng  $\Delta_2$  vuông góc với  $BC$  để hiện phương của vận tốc  $\overrightarrow{v_{B3}}$
- ✓ Suy ra được  $\overrightarrow{pb_3}$  biểu diễn  $\overrightarrow{v_{B3}}$  và  $\overrightarrow{b_2b_3}$  biểu diễn  $\overrightarrow{v_{B2/B3}}$ .



## 2.2. Bài toán vận tốc

### ❖ Minh họa phương pháp giải VD 2.3:

#### • Xác định các vận tốc từ họa đồ:

- ✓ Vận tốc tương đối của  $B_2$  so với  $B_3$ : Dùng thước đo  $b_2b_3$

$$v_{B_2/B_3} = b_3b_2 \cdot \mu_v = 65,5 \cdot 0,1 = 6,55 \text{ (m/s)}$$

(Phương, chiều như trên họa đồ)

- ✓ Vận tốc của điểm  $B_3$ : Dùng thước đo  $pb_3$

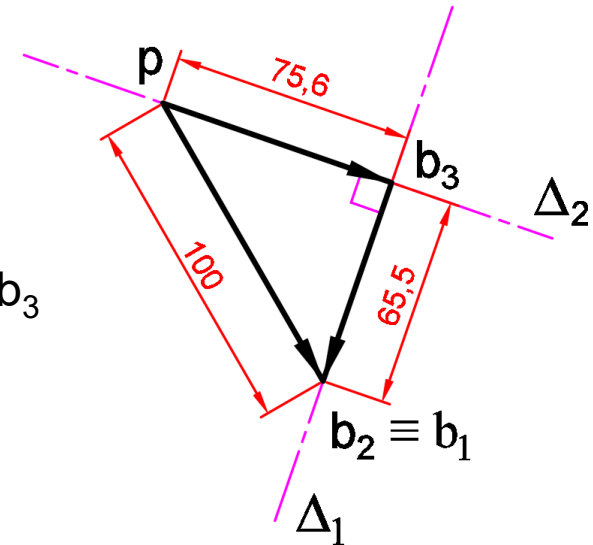
$$v_{B_3} = pb_3 \cdot \mu_v = 75,6 \cdot 0,1 = 7,56 \text{ (m/s)}$$

(Phương, chiều như trên họa đồ)

- ✓ Vận tốc góc của khâu 3:  $\omega_3 = \frac{v_{B_3}}{L_{BC}} = \frac{7,56}{\sqrt{7}} = 2,86 \text{ rad/s}$

(Có chiều quay thuận theo chiều của  $v_{B_3}$ , có nghĩa là quay cùng chiều kim đồng hồ)

- ✓ Vận tốc góc của khâu 2:  $\vec{\omega}_2 \equiv \vec{\omega}_3$

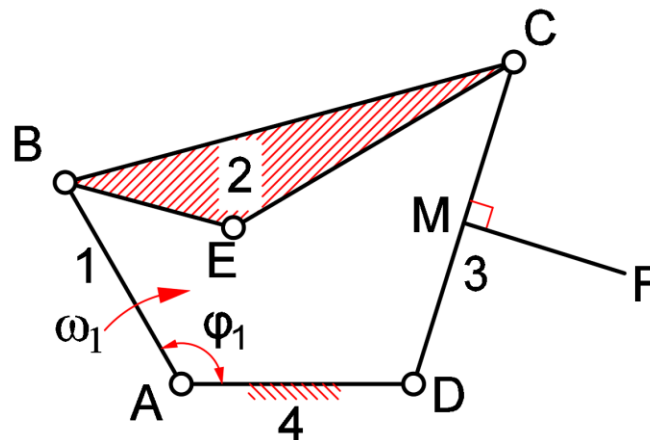


### 2.3. Bài toán gia tốc

- ❖ **Số liệu cho trước:** Lược đồ động của cơ cấu, khâu dẫn và quy luật vận tốc của khâu dẫn, quy luật gia tốc của khâu dẫn.
- ❖ **Yêu cầu:** Xác định gia tốc của các khâu thuộc cơ cấu tại một vị trí cho trước.
- ❖ **Phương pháp giải:**
  - Sử dụng phương pháp họa đồ hoặc phương pháp giải tích
  - **Gia tốc của 1 khâu được xác định khi:** Hoặc biết gia tốc góc của khâu và gia tốc dài của 1 điểm thuộc khâu, hoặc biết gia tốc dài của 2 điểm thuộc khâu.
  - Luôn luôn phải giải bài toán vận tốc trước bài toán gia tốc
  - **Định lý đồng dạng thuận:**
    - ✓ Hình nối các điểm trên cùng một khâu đồng dạng thuận với hình nối mút các vector **gia tốc tuyệt đối** của các điểm đó trên họa đồ gia tốc.
    - ✓ Định lý đồng dạng thuận được áp dụng để xác định gia tốc của một điểm bất kỳ trên một khâu khi đã biết gia tốc hai điểm khác nhau thuộc khâu đó.

### 2.3. Bài toán gia tốc

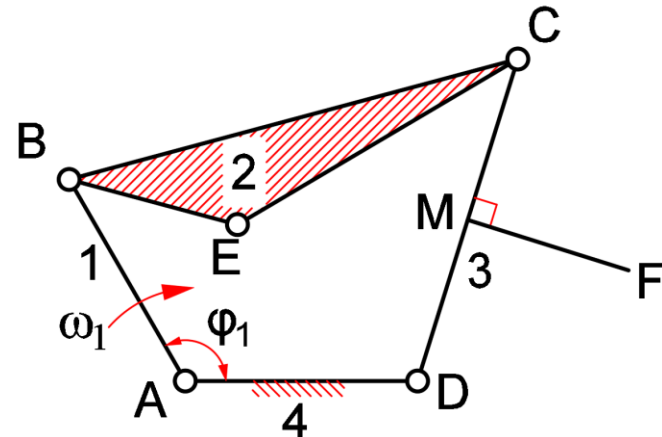
❖ **Ví dụ 2.4:** Cho trước lược đồ động của cơ cấu 4 khâu bản lề  $ABCD$ . Khâu dẫn  $AB$  quay đều với vận tốc góc  $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$ . Cho kích thước các khâu:  $L_{AB} = L_{AD} = 1 \text{ m}$ ,  $L_{BC} = 2 \text{ m}$ ,  $L_{BE} = 0,5 \text{ m}$ ,  $L_{CD} = 1,45 \text{ m}$ ,  $L_{MF} = 0,5L_{CD}$ ,  $\widehat{CBE} = 30^\circ$ ,  $\widehat{ABC} = 75^\circ$ . Hãy xác định gia tốc của tất cả các khâu của cơ cấu, gia tốc của điểm  $E$  và điểm  $F$  tại vị trí khâu dẫn hợp với phương ngang 1 góc  $\varphi_1 = 120^\circ$ .



## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Bài giải VD 2.4:

- Bài toán vận tốc đã giải xong ở ví dụ 2.2.
- Do gia tốc của 1 khâu xác định nếu biết gia tốc dài của 2 điểm thuộc khâu **hoặc** vận tốc góc, gia tốc góc khâu và gia tốc dài của 1 điểm thuộc khâu đó nên ở đây ta chỉ cần xác định gia tốc của điểm C.



- Phương trình véc tơ gia tốc:**  $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{C/B}$

	$\vec{a}_C^n$	+	$\vec{a}_C^t$	=	$\vec{a}_B^n$	+	$\vec{a}_B^t$	+	$\vec{a}_{C/B}^n$	+	$\vec{a}_{C/B}^t$
Phương	// CD		$\perp CD$		// AB		-		// BC		$\perp BC$
Chiều	$C \rightarrow D$		?		$B \rightarrow A$		-		$C \rightarrow B$		?
Độ lớn	$\omega_3^2 L_{CD}$		$\varepsilon_3 L_{CD}$		$\omega_1^2 L_{AB}$		0		$\omega_2^2 L_{BC}$		$\varepsilon_2 L_{BC}$



## 2.3. Bài toán gia tốc

❖ **Bài giải VD 2.4:**

- **Độ lớn các gia tốc đã biết:**

$$a_B^n = \omega_1^2 L_{AB} = 10^2 \cdot 1 = 100 \text{ m/s}^2$$

$$a_B^t = \varepsilon_1 L_{AB} = 0 \cdot 1 = 0 \text{ m/s}^2 \text{ (Khâu 1 quay đều nên gia tốc góc bằng 0)}$$

$$a_{C/B}^n = \omega_2^2 L_{BC} = 4,35^2 \cdot 2 = 37,85 \text{ m/s}^2$$

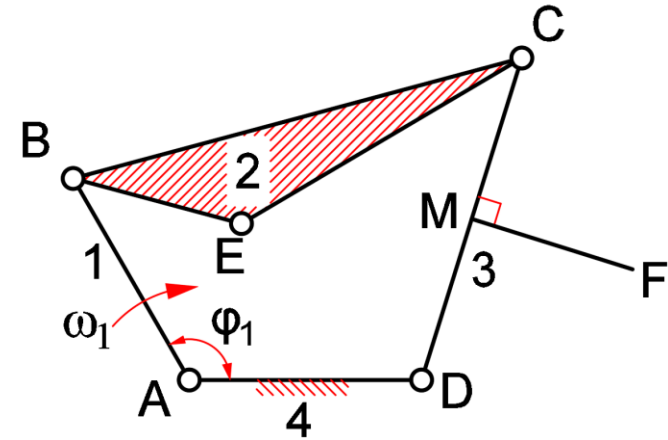
$$a_c^n = \omega_3^2 L_{CD} = 7,88^2 \cdot 1,45 = 90,04 \text{ m/s}^2$$

- **Họa đồ véc tơ gia tốc:**

✓ Chọn tỷ lệ xích:  $\mu_a = \frac{a_B}{\pi b'} = \frac{100}{200} = 0,5 \left( \frac{\text{m/s}^2}{\text{mm}} \right)$

- ✓ Chọn điểm  $\pi$  làm gốc. Từ  $\pi$  vẽ  $\overrightarrow{\pi b'} \parallel AB$  biểu diễn  $\overrightarrow{a_B^n}$

- ✓ Qua  $b'$  vẽ  $\overrightarrow{b'n_{CB}} \parallel BC$  để biểu diễn  $\overrightarrow{a_{C/B}^n}$



## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Bài giải VD 2.4:

#### • Họ đồ véc tơ gia tốc (tiếp):

✓ Qua  $n_{CB}$  vẽ đường thẳng  $\Delta_1$  vuông góc với  $BC$  để

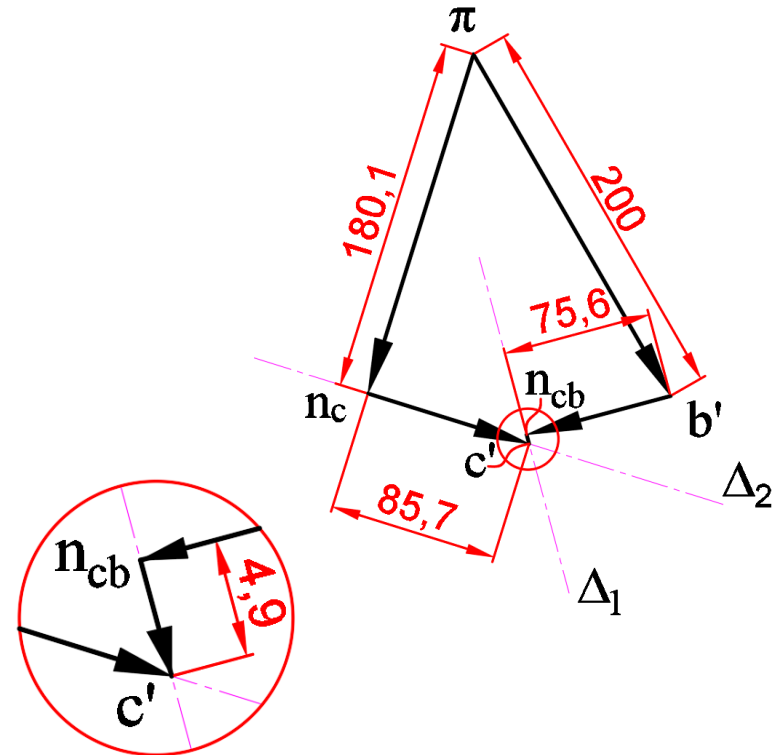
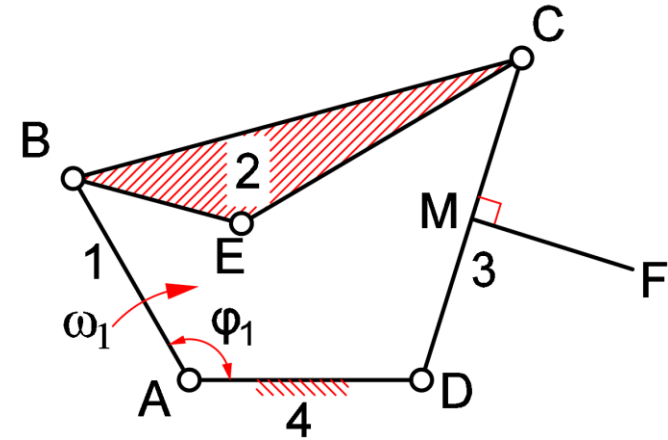
biểu diễn  $\overrightarrow{a_{C/B}^t}$

✓ Trở về  $\pi$  vẽ  $\overrightarrow{\pi n_C} \parallel CD$  để biểu diễn  $\overrightarrow{a_C^n}$

✓ Qua  $n_C$  vẽ đường thẳng  $\Delta_2$  vuông góc với  $CD$  để biểu diễn  $\overrightarrow{a_C^t}$

✓ Hai đường  $\Delta_1$  và  $\Delta_2$  gặp nhau tại  $c'$

✓ Suy ra  $\overrightarrow{\pi n_C}$  biểu diễn  $\overrightarrow{a_C^n}$ ,  $\overrightarrow{n_C c'}$  biểu diễn  $\overrightarrow{a_C^t}$ ,  $\overrightarrow{n_{cb} c'}$  biểu diễn  $\overrightarrow{a_{C/B}^t}$ ,



## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Bài giải VD 2.4:

#### • **Họa đồ véc tơ gia tốc (tiếp):**

- ✓ Để tìm các gia tốc của điểm  $E$  thuộc khâu 2 và điểm  $F$  thuộc khâu 3 ta áp dụng định lý đồng dạng thuận.  $\triangle BEC$  đồng dạng với  $\triangle b'e'c'$ , véc tơ  $\overrightarrow{\pi e'}$  biểu diễn gia tốc  $\overrightarrow{a_e}$ .  $\triangle DFC$  đồng dạng với  $\triangle \pi f'c'$ , véc tơ  $\overrightarrow{\pi f'}$  biểu diễn gia tốc  $\overrightarrow{a_f}$ .

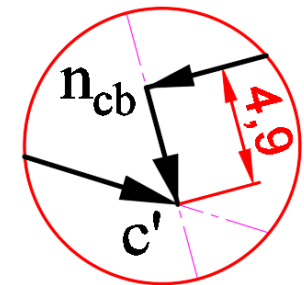
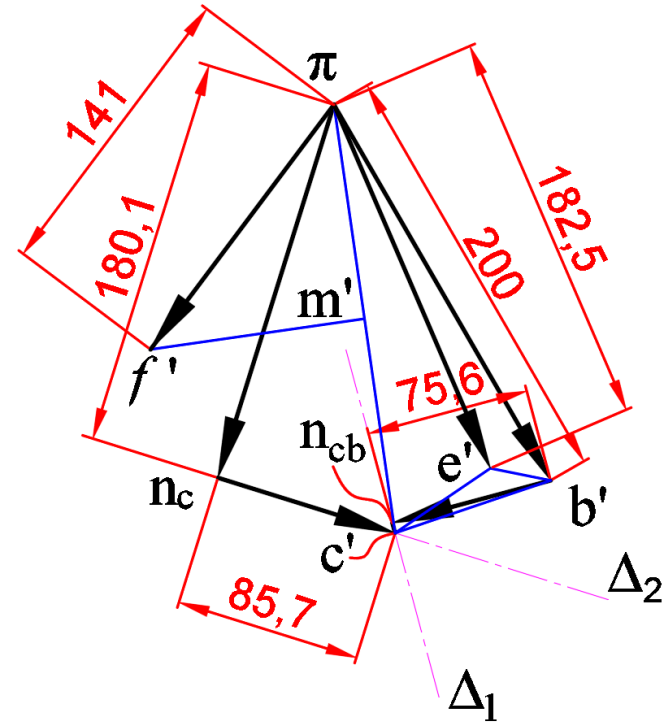
#### • **Xác định các gia tốc từ họa đồ:**

- ✓ Gia tốc tiếp tuyến của  $C$  so với  $B$ :

$$a_{C/B}^t = n_{cb} c' \cdot \mu_a = 4,9 \cdot 0,5 = 2,45 \text{ m/s}^2$$

- ✓ Gia tốc góc của khâu 2:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{C/B}^t}{L_{BC}} = \frac{2,45}{2} = 1,225 \text{ rad/s}^2 \quad (\text{Quay cùng chiều kim đồng hồ})$$



## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Bài giải VD 2.4:

#### • Xác định các gia tốc từ họa đồ (tiếp):

##### ✓ Gia tốc tiếp tuyến của C thuộc khâu 3

$$a_c^t = n_c c' \cdot \mu_a = 85,7 \cdot 0,5 = 42,85 \text{ m/s}^2$$

##### ✓ Gia tốc góc của khâu 3:

$$\varepsilon_3 = \frac{a_c^t}{L_{CD}} = \frac{42,85}{1,45} = 29,55 \text{ rad/s}^2$$

(Quay cùng chiều kim đồng hồ)

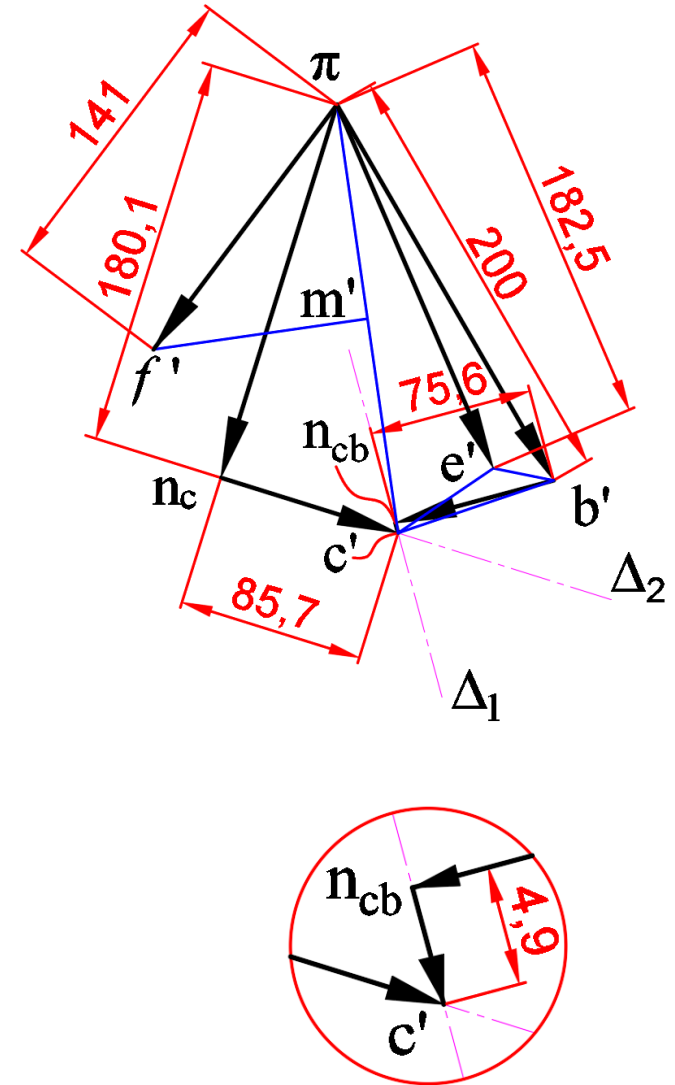
##### ✓ Gia tốc của điểm E thuộc khâu 2

$$a_E = \pi e' \cdot \mu_a = 182,5 \cdot 0,5 = 91,25 \text{ m/s}^2$$

##### ✓ Gia tốc của điểm F thuộc khâu 3

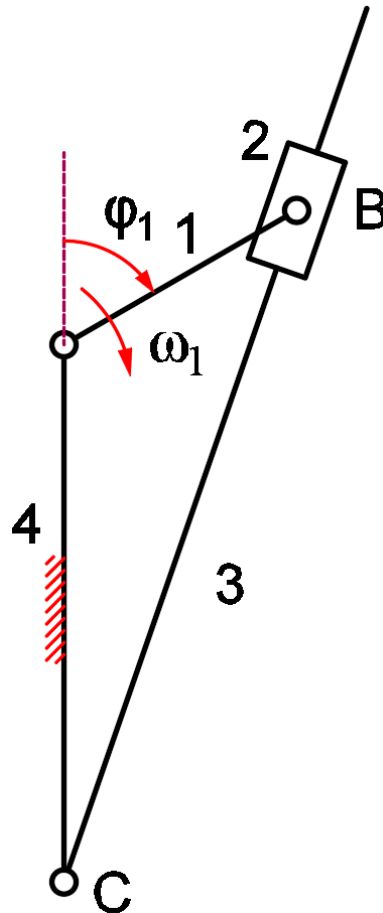
$$a_F = \pi f' \cdot \mu_a = 141 \cdot 0,5 = 70,5 \text{ m/s}^2$$

*Lưu ý: Chiều của các véc tơ gia tốc dài như thể hiện trên họa đồ gia tốc.*



### 2.3. Bài toán gia tốc

❖ **Ví dụ 2.5:** Cho cơ cấu Culit có độ dài các khâu  $L_{AB} = 1$  m,  $L_{AC} = 2$  m đã biết. Khâu dẫn 1 quay đều với vận tốc góc  $\omega_1 = 10$  rad/s. Hãy xác định vận tốc của tất cả các khâu của cơ cấu tại vị trí khâu dẫn 1 có góc quay xác định  $\varphi_1 = 60^\circ$



## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Minh họa phương pháp giải ví dụ 2.5:

- Giả sử bài toán vận tốc đã giải xong ở ví dụ 2.3.
- Khâu 2 và 1 nối nhau bằng khớp quay nên:  $\vec{a}_{B2} = \vec{a}_{B1}$
- Khâu 3 và khâu 2 nối nhau bằng khớp trượt nên:

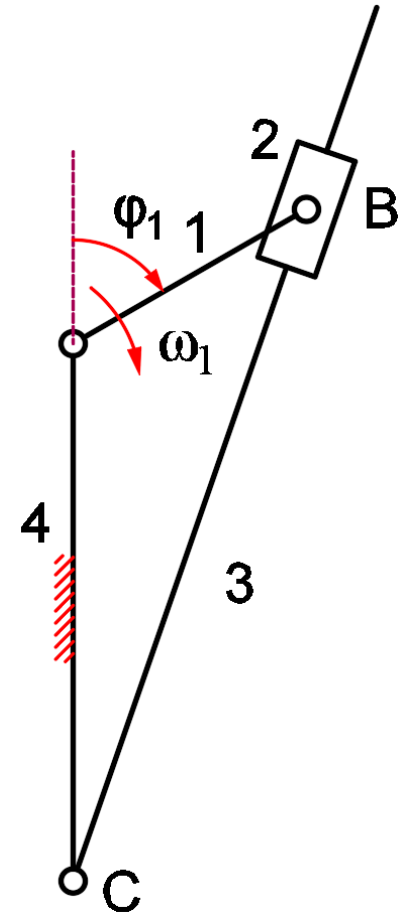
$$\vec{\omega}_3 = \vec{\omega}_2 \quad \text{và} \quad \vec{\varepsilon}_3 = \vec{\varepsilon}_2$$

- Phương trình véc tơ gia tốc:**

$$\vec{a}_{B2} = \vec{a}_{B3} + \vec{a}_{B2/B3}^c + \vec{a}_{B2/B3}^r$$

Vì  $\vec{a}_{B2} = \vec{a}_{B1} = \vec{a}_{B1}^n + \vec{a}_{B1}^t$  nên:

	$\vec{a}_{B1}^n$	+	$\vec{a}_{B1}^t$	=	$\vec{a}_{B3}^n$	+	$\vec{a}_{B3}^t$	+	$\vec{a}_{B2/B3}^c$	+	$\vec{a}_{B2/B3}^r$
Phương	// AB	—	// BC		⊥ BC		⊥ BC		⊥ BC		// BC
Chiều	B → A	—	B → C		?		↘		?		?
Độ lớn	$\omega_1^2 L_{AB}$	0	$\omega_3^2 L_{AB}$		$\varepsilon_3 L_{BC}$		$2\omega_3 v_{B2/B3}$		?		?



## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Minh họa phương pháp giải ví dụ 2.5:

#### • Tính độ lớn các gia tốc:

- ✓ Gia tốc pháp tuyến của  $B$  thuộc khâu 1:

$$a_{B1}^n = \omega_1^2 L_{AB} = 10^2 \cdot 1 = 100 \text{ m/s}^2$$

- ✓ Gia tốc tiếp tuyến của  $B$  thuộc khâu 1:

$$a_{B1}^t = \varepsilon_1 L_{AB} = 0 \quad (\text{Khâu 1 quay đều nên } \varepsilon_1 = 0)$$

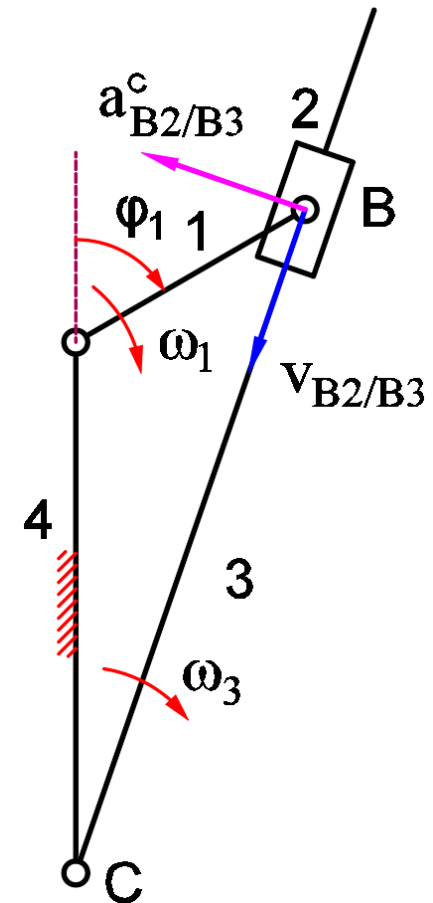
- ✓ Gia tốc pháp tuyến của  $B$  thuộc khâu 3:

$$a_{B3}^n = \omega_3^2 L_{BC} = 2,86^2 \cdot \sqrt{7} = 21,6 \text{ m/s}^2$$

- ✓ Gia tốc Coriolis:

$$a_{B2/B3}^c = 2\omega_3 v_{B2/B3} = 2 \cdot 2,86 \cdot 6,55 = 37,47 \text{ m/s}^2$$

(Chiều của gia tốc Coriolis được xác định bằng cách quay véc tơ vận tốc  $\overrightarrow{v_{B2/B3}}$  đi 1 góc  $90^\circ$  theo chiều quay của  $\omega_3$ )

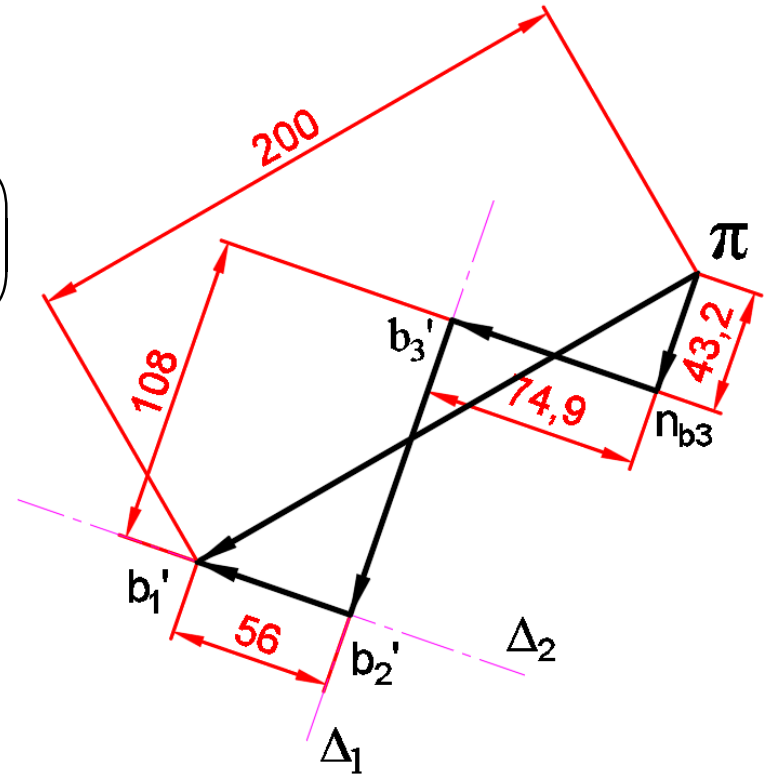


## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Minh họa phương pháp giải ví dụ 2.5:

#### • Họa đồ véc tơ gia tốc:

- ✓ Chọn tỷ lệ xích:  $\mu_a = \frac{a_{B1}^n}{n_{b1}} = \frac{100}{200} = 0,5 \left( \frac{\text{m/s}^2}{\text{mm}} \right)$
- ✓ Chọn điểm  $\pi$  làm gốc. Từ  $\pi$  vẽ  $\overrightarrow{\pi n_{b3}} \parallel BC$  biểu diễn  $\overrightarrow{a_{B3}^n}$
- ✓ Qua  $n_{b3}$  vẽ  $\overrightarrow{n_{b3}b'_3}$  vuông góc với  $BC$  để biểu diễn  $\overrightarrow{a_{B2/B3}^C}$
- ✓ Qua  $b'_3$  vẽ đường thẳng  $\Delta_1 \parallel BC$  để biểu diễn phương của  $\overrightarrow{a_{B2/B3}^r}$
- ✓ Trở về gốc  $\pi$ . Vẽ  $\overrightarrow{\pi b'_1} \parallel AB$  biểu diễn  $\overrightarrow{a_{B1}^n}$
- ✓ Qua  $b'_1$  vẽ đường thẳng  $\Delta_2$  vuông góc với  $BC$  để biểu diễn phương của  $\overrightarrow{a_{B3}^t}$
- ✓ Suy ra  $\overrightarrow{b'_3b'_2}$  biểu diễn gia tốc  $\overrightarrow{a_{B2/B3}^r}$ ;  $\overrightarrow{b'_2b'_1}$  biểu diễn gia tốc  $\overrightarrow{a_{B3}^t}$





## 2.3. Bài toán gia tốc

### ❖ Minh họa phương pháp giải ví dụ 2.5:

#### • Xác định gia tốc từ họa đồ:

✓ Gia tốc tương đối của  $B_2$  so với  $B_3$ :

$$a_{B_2/B_3}^r = b'_3 b'_2 \cdot \mu_a = 108 \cdot 0,5 = 54 \text{ m/s}^2$$

✓ Gia tốc tiếp tuyến của điểm  $B_3$ :

$$a_{B_3}^t = b'_2 b'_1 \cdot \mu_a = 56 \cdot 0,5 = 28 \text{ m/s}^2$$

✓ Gia tốc góc của khâu 3:

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{B_3}^t}{L_{BC}} = \frac{28}{\sqrt{7}} = 4\sqrt{7} \text{ rad/s}^2$$

(Quay ngược chiều kim đồng hồ)

✓ Gia tốc góc của khâu 2:  $\vec{\varepsilon}_2 \equiv \vec{\varepsilon}_3$

*Lưu ý: Chiều của các gia tốc dài như được thể hiện trên họa đồ.*

