



# NGUYÊN LÝ MÁY



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



## Chương 3 PHÂN TÍCH LỰC



# I. ĐẠI CƯƠNG

Mục đích của phân tích lực là xác định được áp lực khớp động, mômen hay lực cân bằng để:

- Xác định công suất máy (cơ cấu).
- Thiết kế khớp động và mặt cắt ngang các khâu.

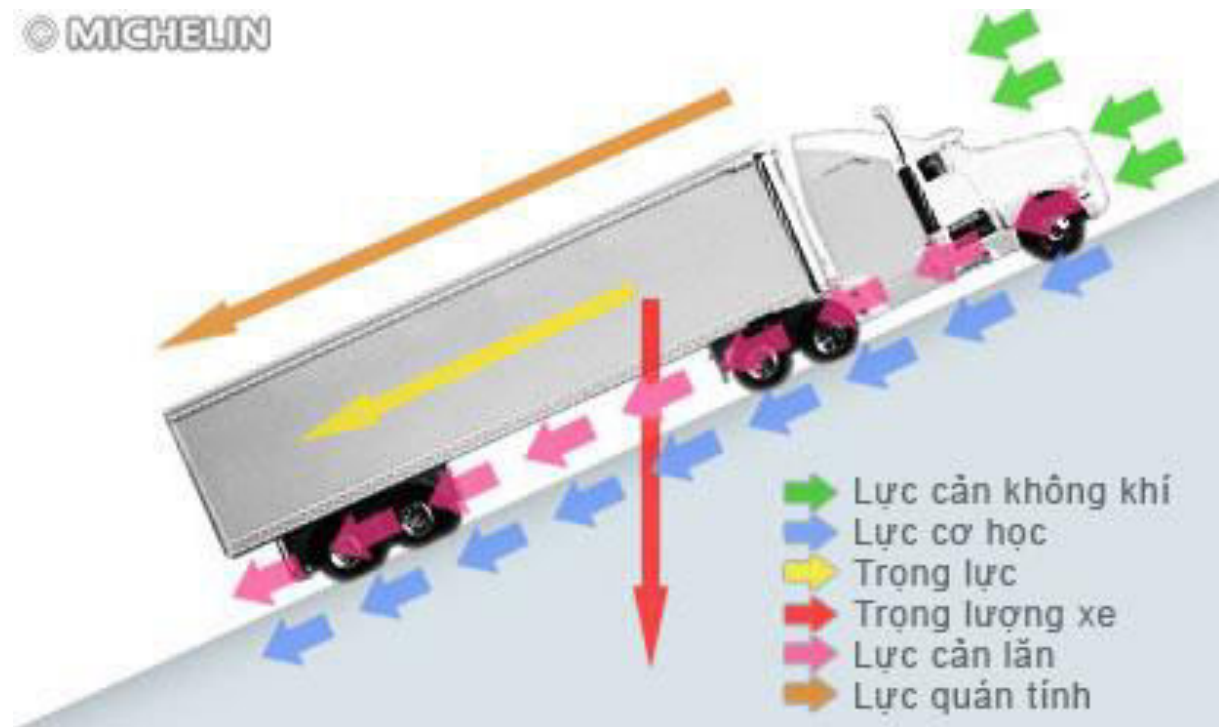


# I. ĐẠI CƯƠNG

## 1. Ngoại lực

- Lực cản kỹ thuật
- Trọng lượng các khâu
- Lực phát động
- Lực quán tính

© MICHELIN



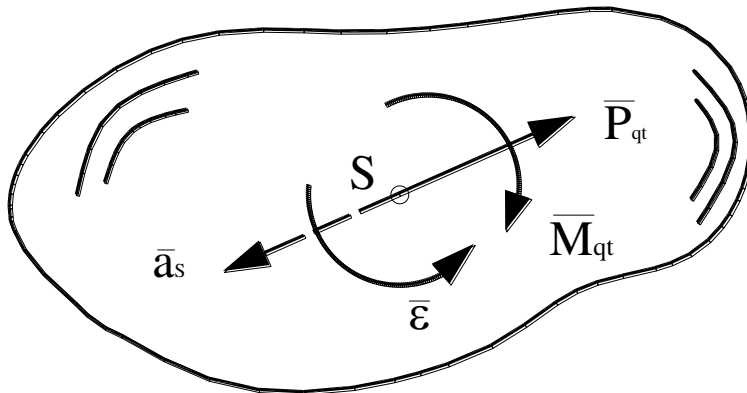


# I. ĐẠI CƯƠNG

## 2. Lực quán tính

- Cơ cấu là một hệ thống chuyển động có gia tốc, tức ngoại lực tác động lên cơ cấu không triệt tiêu nhau  $\rightarrow$  không thể dùng phương pháp tĩnh học để giải
- Để giải quyết bài toán hệ lực không cân bằng  $\rightarrow$  dùng nguyên lý **D'Alembert**

**“Nếu ngoài những lực tác dụng lên một cơ hệ chuyển động, ta thêm vào đó những lực quán tính và xem chúng như những ngoại lực thì cơ hệ được xem là ở trạng thái cân bằng, khi đó có thể dùng phương pháp tĩnh học để phân tích cơ hệ này”**



$$\sum_{\text{ur}} \vec{F} = m \cdot \vec{a}_s \Rightarrow \sum_{\text{ur}} \vec{F} - m \cdot \vec{a}_s = 0$$
$$\Rightarrow P_{qt} = -m \cdot a_s$$

$$\sum_{\text{ur}} \vec{M} = J_s \cdot \dot{\epsilon} \Rightarrow \sum_{\text{ur}} \vec{F} - J_s \cdot \dot{\epsilon} = 0$$
$$\Rightarrow M_{qt} = -J_s \cdot \dot{\epsilon}$$

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

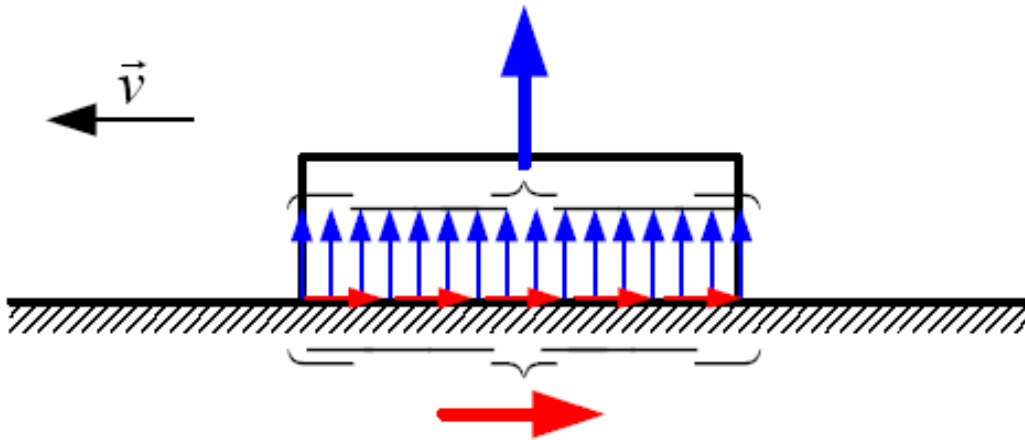
Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



# I. ĐẠI CƯƠNG

## 3. Nội lực

- Lực tác dụng lẫn nhau giữa các khâu trong cơ cấu (phản lực liên kết)
- Tại mỗi tiếp điểm của thành phần khớp động, phản lực này gồm hai phần
  - + Thành phần áp lực: vuông góc với phương chuyển động tương đốiTổng các thành phần áp lực trong một khớp → **áp lực khớp động**



$$PLLK = ALKD + F_{ms}$$

- + Thành phần ma sát: song song với phương chuyển động tương đối
- Tổng các thành phần ma sát trong một khớp →
- lực ma sát**



## II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

### 1. Điều kiện tĩnh định

- Muốn giải các bài toán áp lực khớp động:

**Số phương trình lập được = số ẩn chứa trong các phương trình**

**Đây là điều kiện tĩnh định của bài toán**

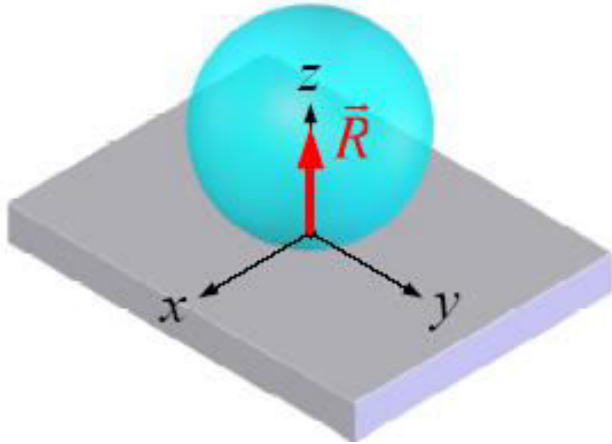
- Giả sử tách từ cơ cấu ra một chuỗi động  $n$  khâu,  $p_k$  khớp loại  $k$
- + Số phương trình lập được:  $6n$  phương trình
- + Số ẩn chứa trong chuỗi động: phụ thuộc vào số lượng và loại khớp động



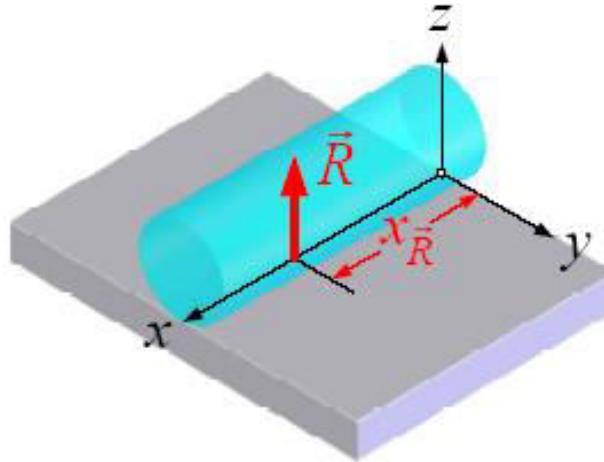
# II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

## 1. Điều kiện tĩnh định

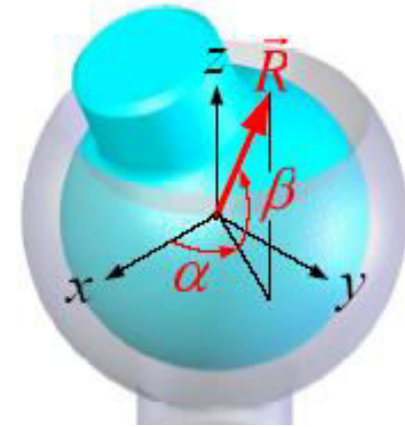
Không gian:



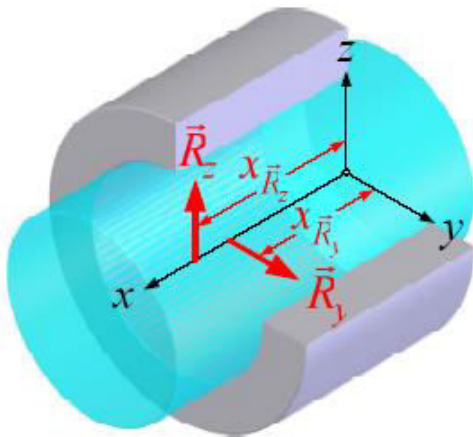
Khớp loại 1  $|\vec{R}|?$



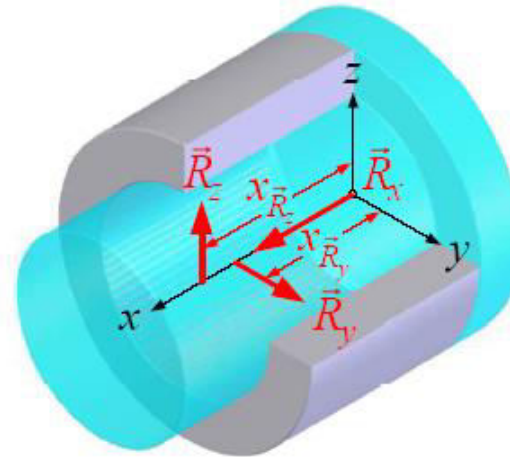
Khớp loại 2  $|\vec{R}|? x_{\vec{R}}?$



Khớp loại 3  $\alpha? \beta? |\vec{R}|?$



Khớp loại 4  $|\vec{R}_y|? |\vec{R}_z|? x_{\vec{R}_y} x_{\vec{R}_z}?$



Khớp loại 5  $|\vec{R}_y|? |\vec{R}_z|? |\vec{R}_x|? x_{\vec{R}_y} x_{\vec{R}_z}?$

ghệ





## II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

### 1. Điều kiện tĩnh định

#### Không gian:

Như vậy, khớp loại  $k$  chứa  $k$  ản  $\rightarrow$  tổng số ản trong chuỗi là  $\sum_{k=1}^5 kP_k$

- Để tính phản lực khớp động  $\rightarrow$  tách cơ cấu thành các chuỗi động hở, trên đó phản lực ở các khớp chờ là ngoại lực và **viết các phương trình lực cho chuỗi**
- Điều kiện để giải được bài toán:

Số phương trình lực lập được = số ản chứa trong các phương trình

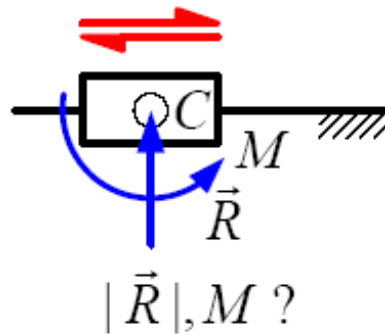
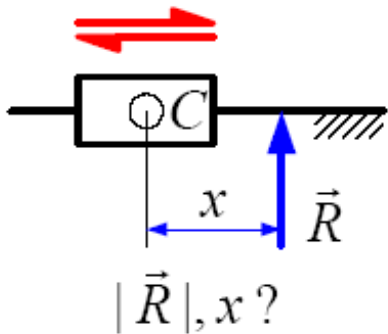
$$6n = \sum_{k=1}^5 kP_k \quad \text{hay} \quad 6n - \sum_{k=1}^5 kP_k = 0$$



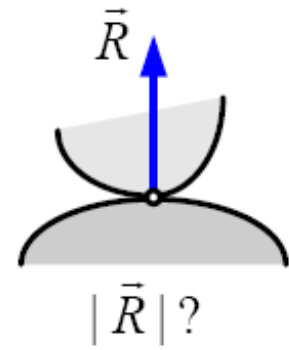
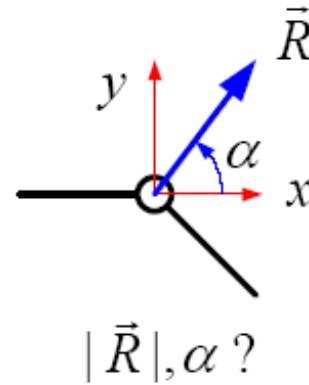
# II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

## 1. Điều kiện tĩnh định

### Mặt phẳng:



Khớp loại 5



Khớp loại 4



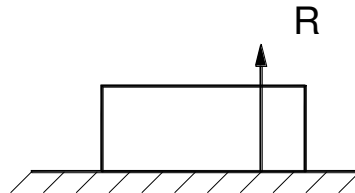
# II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

## 1. Điều kiện tĩnh định

Đối với cơ cấu phẳng:

- Số phương trình:  $3n$
- Số ẩn số:

a) Khớp tịnh tiến

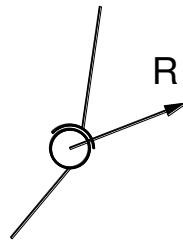


+ Điểm đặt ?

+ Phương  $\perp$  phương trượt **2 ẩn số**

+ Độ lớn ?

b) Khớp quay



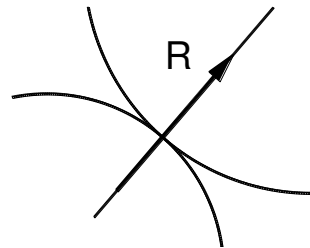
+ Điểm đặt: tại tâm khớp

+ Phương ?

**2 ẩn số**

+ Độ lớn ?

c) Khớp cao



+ Điểm đặt: điểm tiếp xúc

+ Phương pháp tuyến

**1 ẩn số**

+ Độ lớn ?

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



## II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

### 1. Điều kiện tĩnh định

-Đối với cơ cấu phẳng điều kiện để giải được bài toán:

$$3n - (2p_5 + p_4) = 0$$

-Các nhóm tĩnh định thỏa điều kiện trên

→ Để xác định các phản lực khớp động, ta phải tách cơ cấu thành những nhóm tĩnh định và viết phương trình lực cho từng nhóm này



# II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

## 2. Xác định áp lực khớp động

- Các bước xác định áp lực khớp động
  - + Tách nhóm tĩnh định
  - + Tách các khâu trong nhóm tĩnh định

Đặt các áp lực khớp động và các ngoại lực lên khâu

- + Viết các phương trình cân bằng lực cho từng khâu
- + Giải các phương trình viết cho các khâu thuộc một nhóm tĩnh định

Giải cho các nhóm ở xa khâu dẫn trước (ngược lại với bài toán động học)

Với cơ cấu phẳng, một khâu viết được 3 phương trình

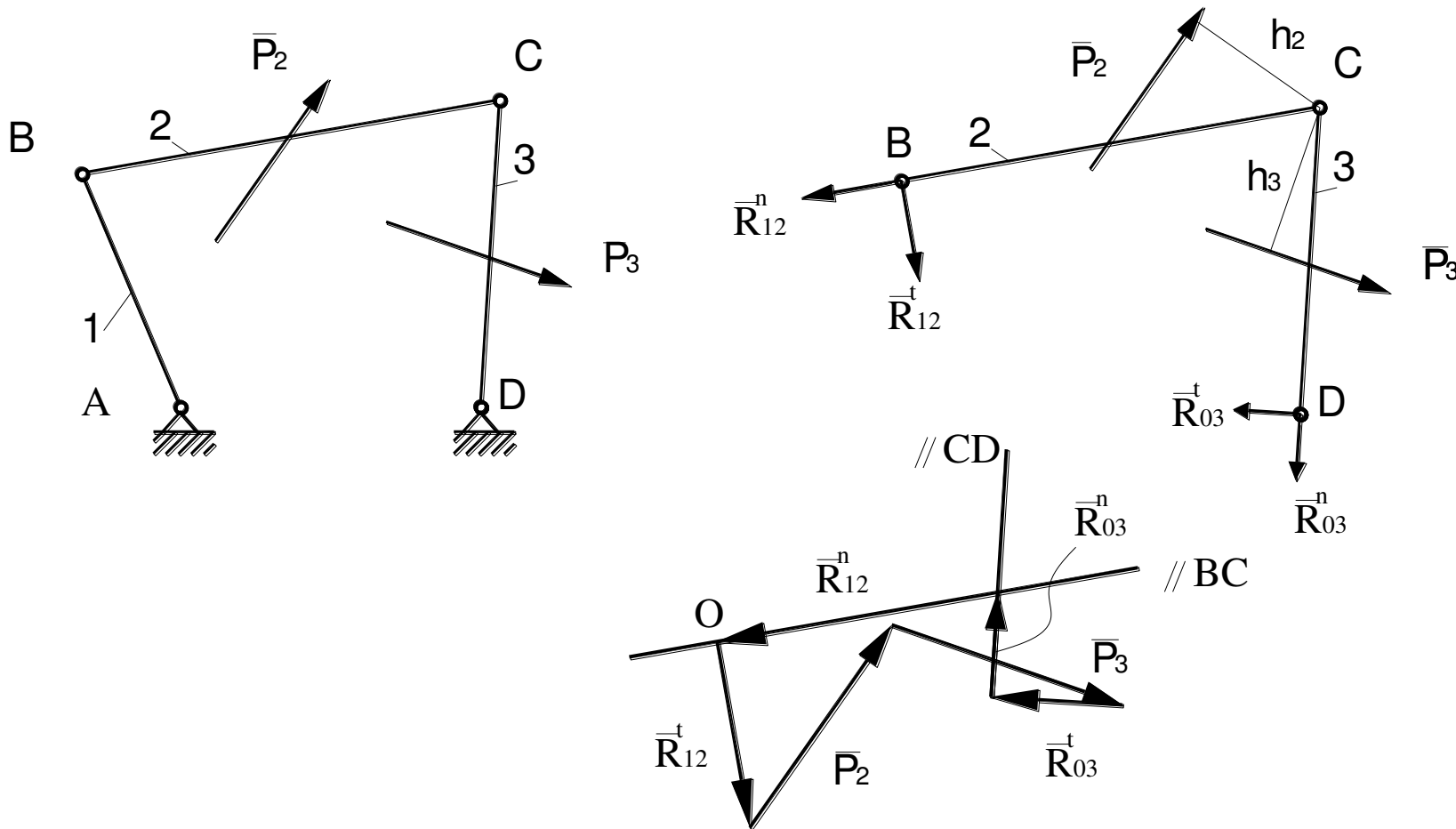
$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \overset{u}{F}_x = 0 \\ \sum \overset{u}{F}_y = 0 \\ \sum M_{oz} = 0 \end{array} \right. \text{ hay } \left\{ \begin{array}{l} \sum \overset{u}{F} = 0 \\ \sum M_{oz} = 0 \end{array} \right.$$

- Các phương trình lực trên có thể được giải bằng các phương pháp đã biết: phương pháp giải tích vector, phương pháp họa đồ vector (đa giác lực) ...

# II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG



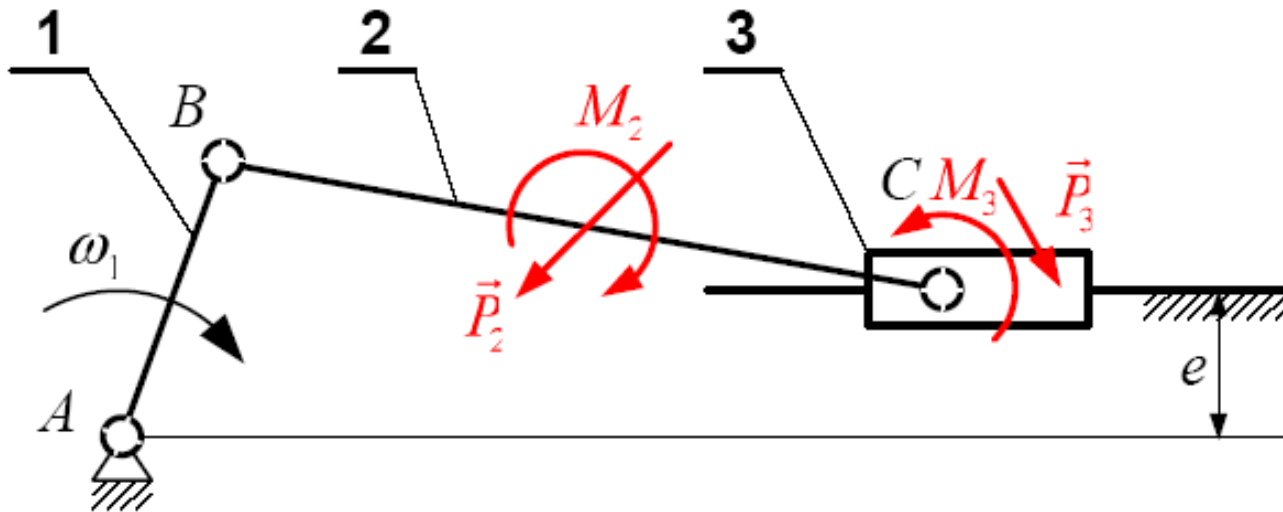
## Ví dụ 1:



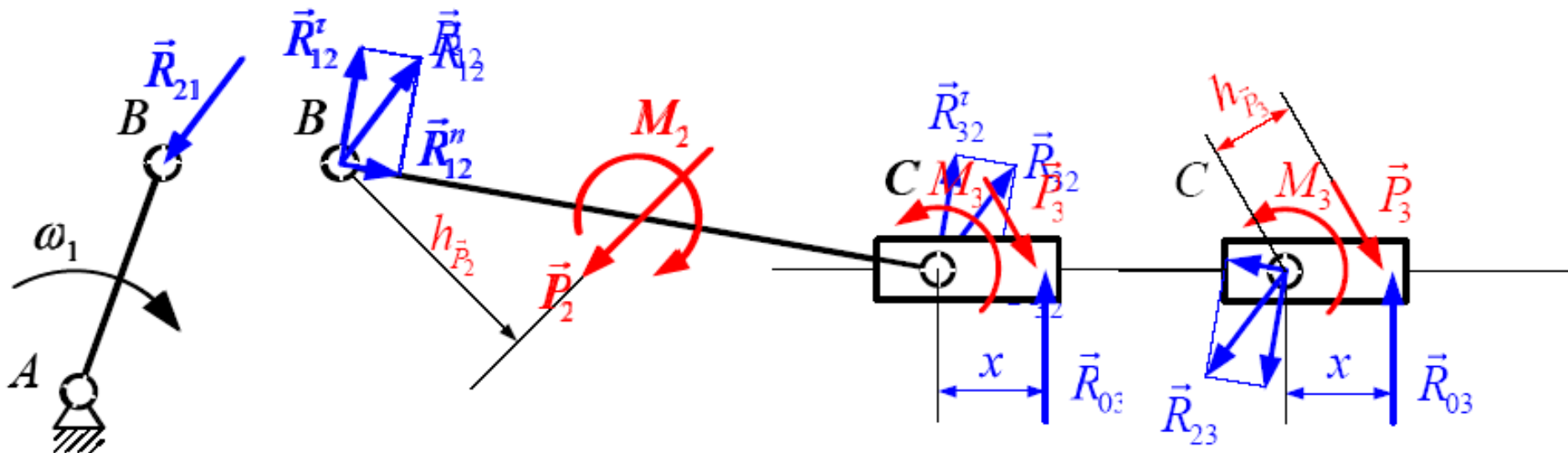


## II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

Ví dụ 2:



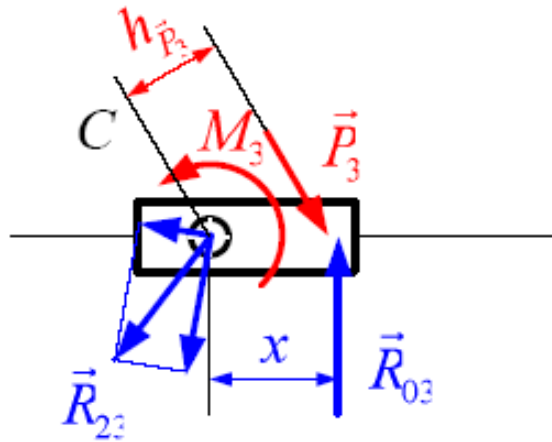
- Tách nhóm tĩnh định, tách các khâu trong nhóm, đặt lực lên khâu



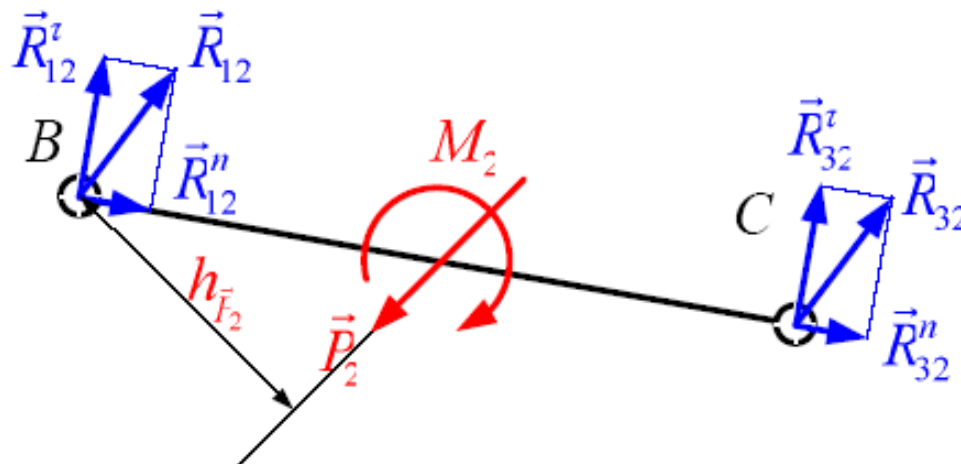


## II. ÁP LỰC KHỚP ĐỘNG

- Viết phương trình lực cho từng khâu trong cùng một nhóm



$$\begin{cases} \sum \vec{P} = \vec{P}_3 + \vec{R}_{03} + \vec{R}_{23} = 0 \\ \sum M_C = M_3 + R_{03}x + P_3 h_{P_{13}} = 0 \end{cases}$$



$$\begin{cases} \sum \vec{P} = \vec{P}_2 + \vec{R}_{12} + \vec{R}_{32} = 0 \\ \sum M_B = -M_2 + R_{32}^{\tau} l_{BC} - P_2 h_{P_2} = 0 \end{cases}$$

- Giải các phương trình lực của cùng một nhóm

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



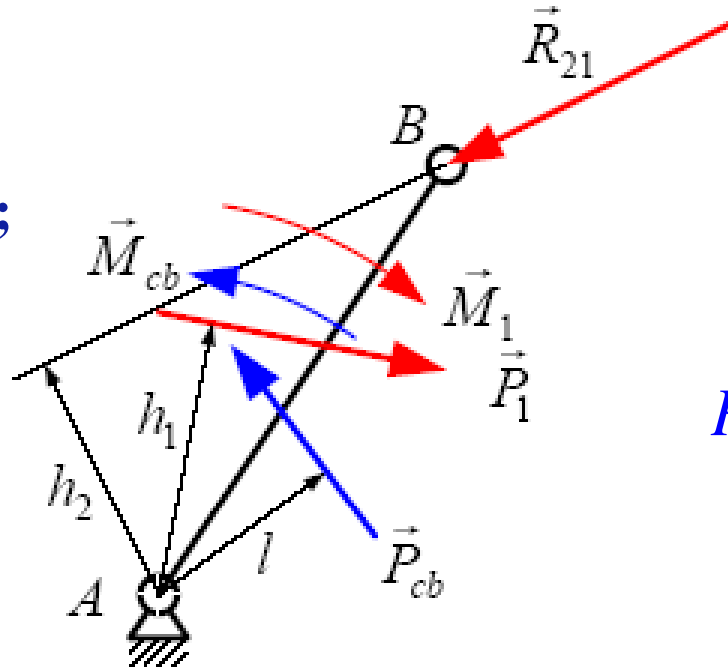
# III. LỰC CÂN BẰNG TRÊN KHÂU DẪN



## 1. Phương pháp phân tích lực

Lực cân bằng: (Quy ước)

- Đặt tại trung điểm khâu dẫn;
- Phương  $\perp$  khâu dẫn.



$$P_{cb} = \frac{M_{cb}}{l}$$

$$l = \frac{l_{AB}}{2}$$

$$\sum M_A = R_{21}h_{21} - P_1h_1 + P_{cb} \cdot l - M_1 = 0$$

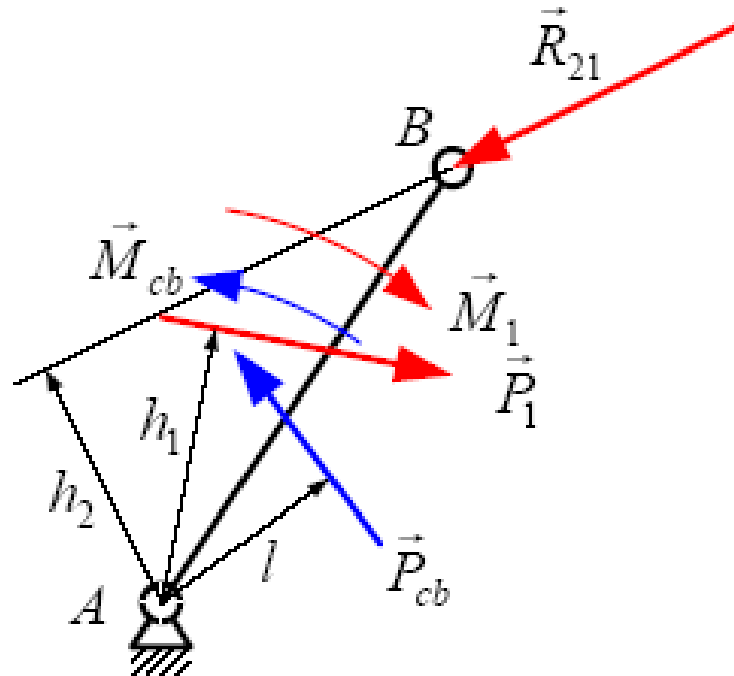
$$\Rightarrow P_{cb} = \frac{1}{l} (-R_{21}h_{21} + P_1h_1 + M_1)$$

# III. LỰC CÂN BẰNG TRÊN KHÂU DẪN



## 1. Phương pháp phân tích lực

Momen cân bằng:



$$P_{cb} = \frac{M_{cb}}{l}$$

$$l = \frac{l_{AB}}{2}$$

$$\sum M_A = R_{21}h_{21} - P_1h_1 + M_{cb} - M_1 = 0$$

$$\Rightarrow M_{cb} = -R_{21}h_{21} + P_1h_1 + M_1$$

# III. LỰC CÂN BẰNG TRÊN KHÂU DẪN



## 2. Phương pháp di chuyển khả dĩ

- Môment (lực) cân bằng trên khâu dẫn là moment (lực) cân bằng tất cả các lực (kể cả lực quán tính) tác dụng lên cơ cấu  $\rightarrow$  tổng công suất tức thời của tất cả các lực tác dụng lên cơ cấu bằng không
- Theo nguyên lý di chuyển khả dĩ

$$\sum N_{P_i} + \sum N_{M_i} = 0$$

$N_{P_i}$  công suất của lực  $P_i$

$N_{M_i}$  công suất của môment  $M_i$

$\mathbf{u}_i^k$   
 $V_i$  vận tốc của điểm đặt lực  $P_i$

- Công suất của lực  $P_i$   $N_{P_i} = P_i V_i$

- Công suất của moment  $M_i$   $N_{M_i} = M_i \omega_i$

$\mathbf{u}_i^k$   
 $\omega_i$  vận tốc của khâu chịu tác dụng của moment  $M_i$

# III. LỰC CÂN BẰNG TRÊN KHÂU DẪN



## 2. Phương pháp di chuyển khả dĩ

- Môment (lực) cân bằng trên khâu dẫn

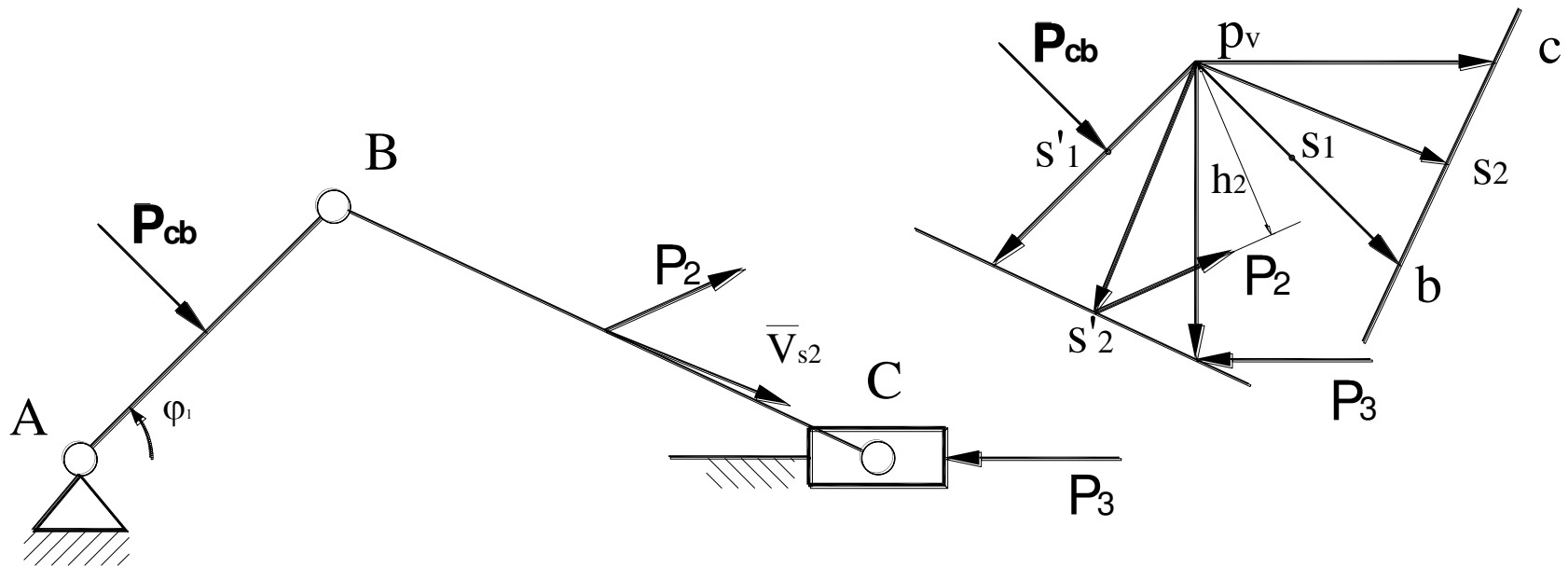
$$\vec{M}_{cb} \vec{\omega}_1 + \sum \left( \vec{P}_i \vec{V}_i^k + \vec{M}_i \vec{\omega}_i \right) = 0 \Rightarrow \vec{M}_{cb}$$

$$\vec{P}_{cb} \vec{V}_1 + \sum \left( \vec{P}_i \vec{V}_i^k + \vec{M}_i \vec{\omega}_i \right) = 0 \Rightarrow \vec{P}_{cb}$$



# III. LỰC CÂN BẰNG TRÊN KHÂU DẪN

## 2. Phương pháp di chuyển khả dĩ



$$P_{cb} \cdot h_{cb} + P_2 h_2 - P_3 h_3 = 0$$

**Tổng quát:  $P_{cb} \cdot h_{cb} + P_1 h_1 + P_2 h_2 + \dots + P_n h_n = 0$**