



NGUYÊN LÝ MÁY



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



Chương 1

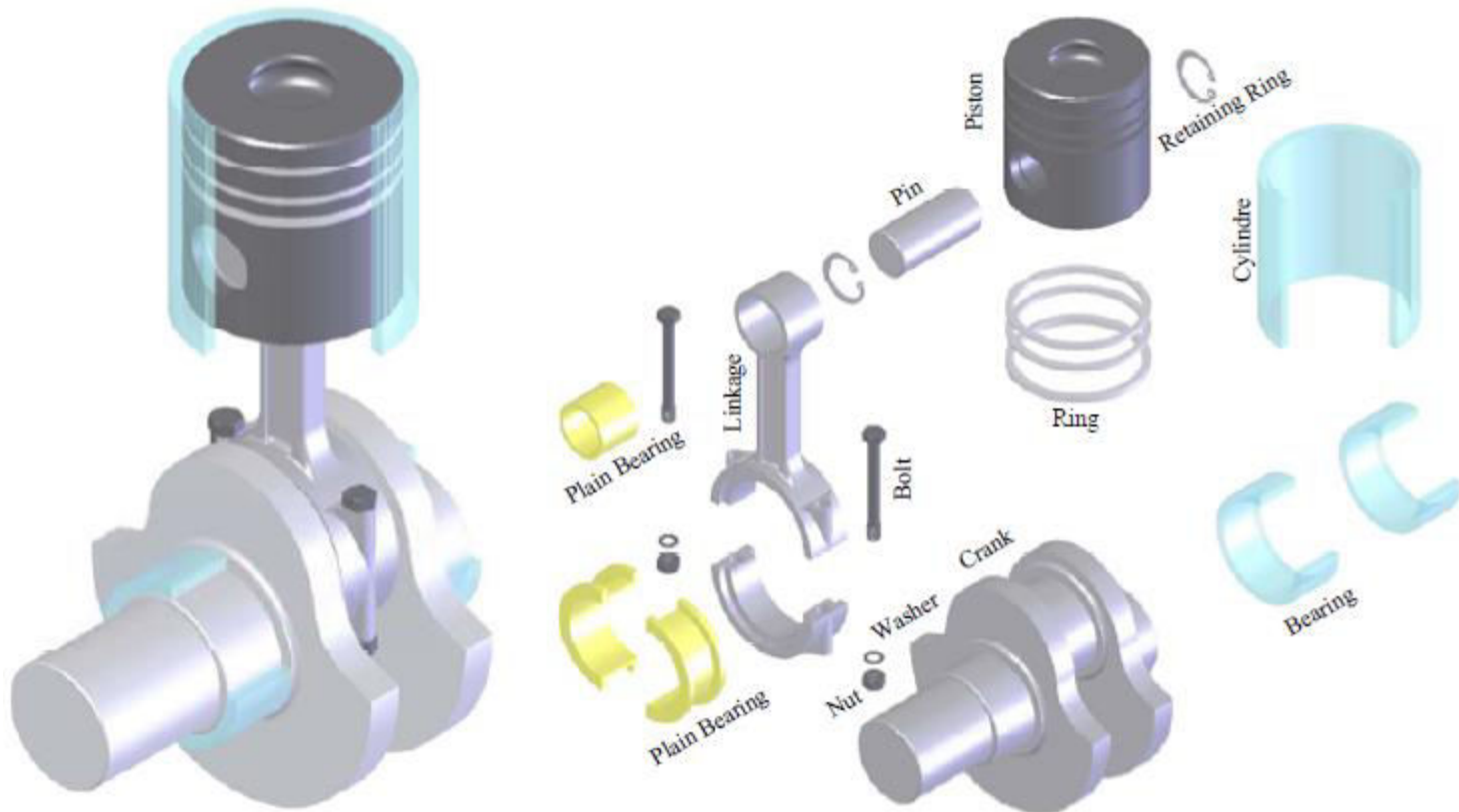
CẤU TẠO VÀ PHÂN LOẠI CƠ CẤU



I. Những khái niệm cơ bản

1. Tiết máy

Tiết máy: máy hay cơ cấu có thể tháo rời ra thành nhiều bộ phận khác nhau, bộ phận không thể tháo rời ra được nữa gọi là **tiết máy**.

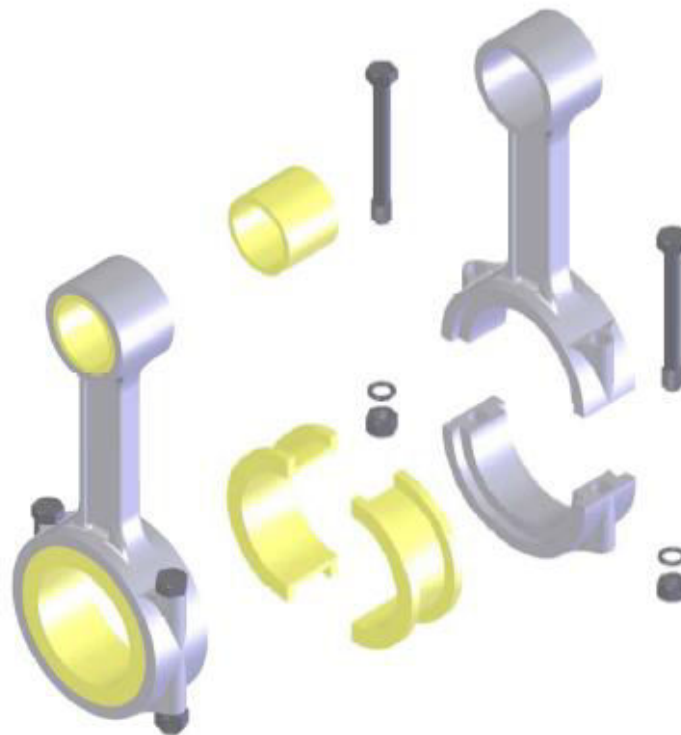




I. Những khái niệm cơ bản

2. Khâu

Khâu : trong cơ cấu và máy, toàn bộ những bộ phận có chuyển động tương đối so với bộ phận khác gọi là khâu.



Tên gọi:

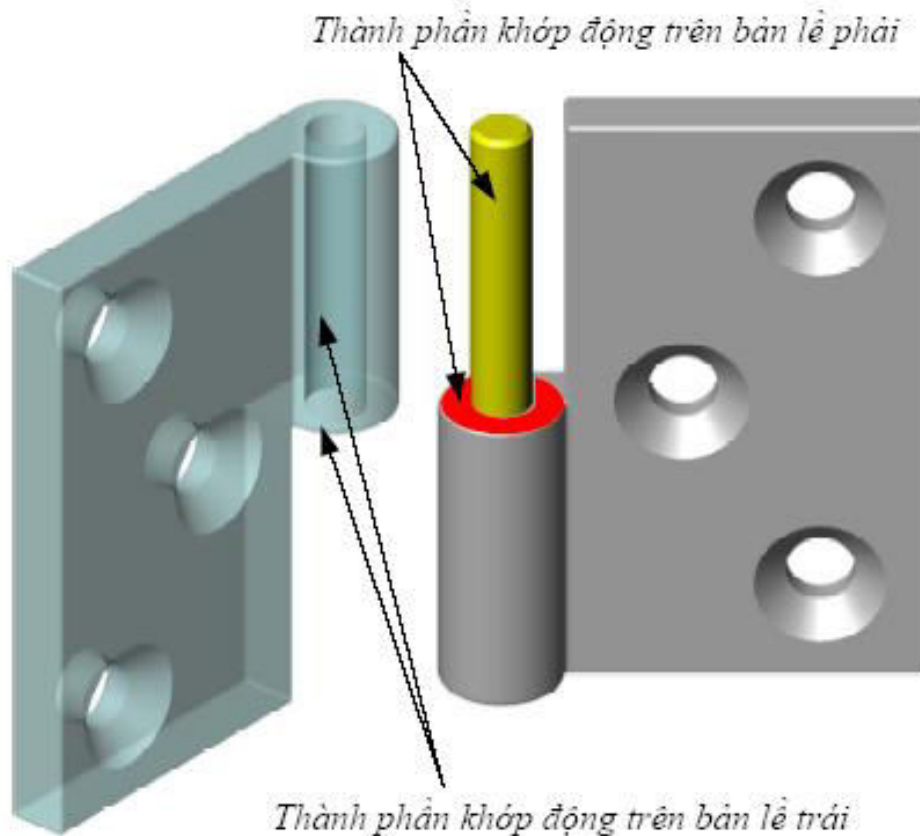
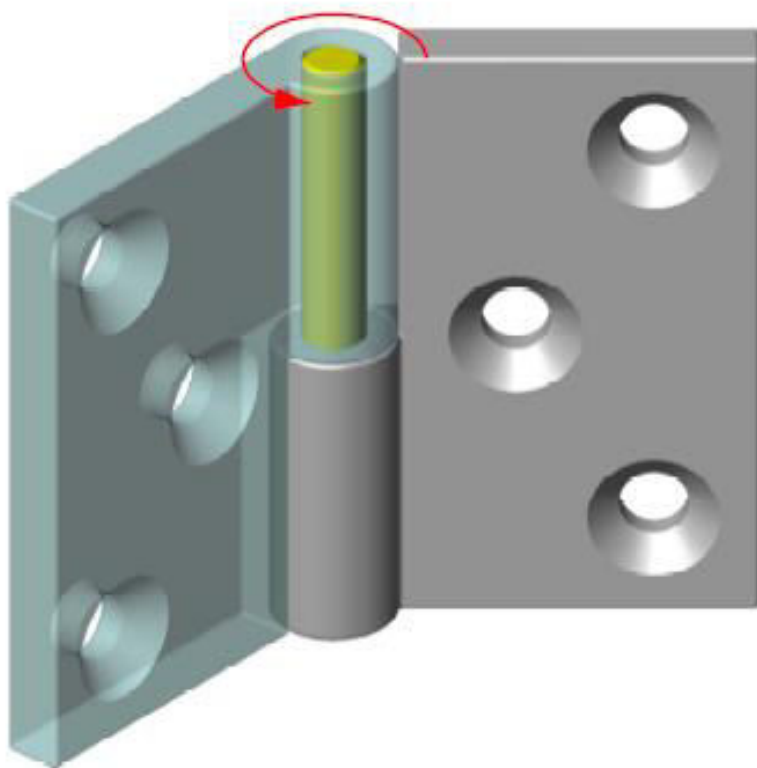
1. Khâu dẫn,
2. Khâu bị dẫn
3. Giá (khâu cố định)



I. Những khái niệm cơ bản

3. Khớp động

- + Mỗi nối động giữa hai khâu liên nhau để hạn chế một phần chuyển động tương đối giữa chúng \Rightarrow **khớp động**
- + Toàn bộ chỗ tiếp xúc giữa hai khâu gọi là một thành phần khớp động.

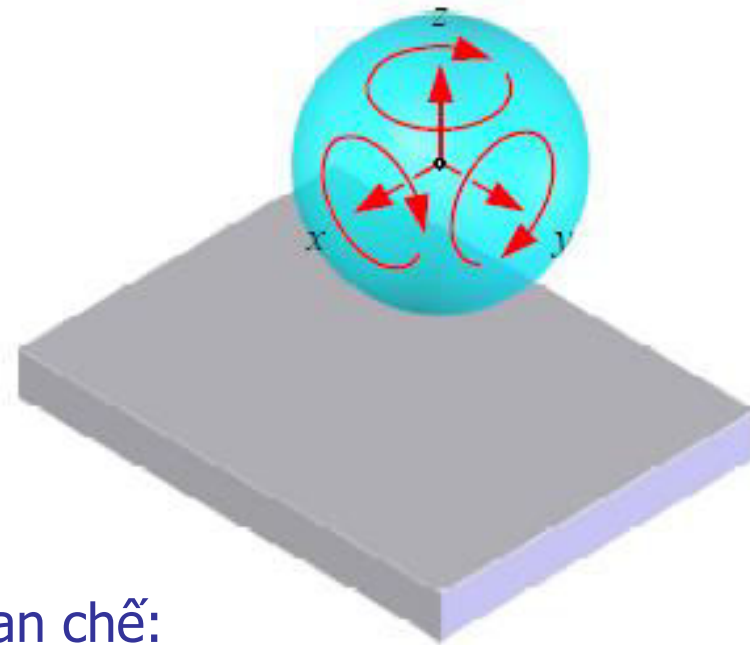
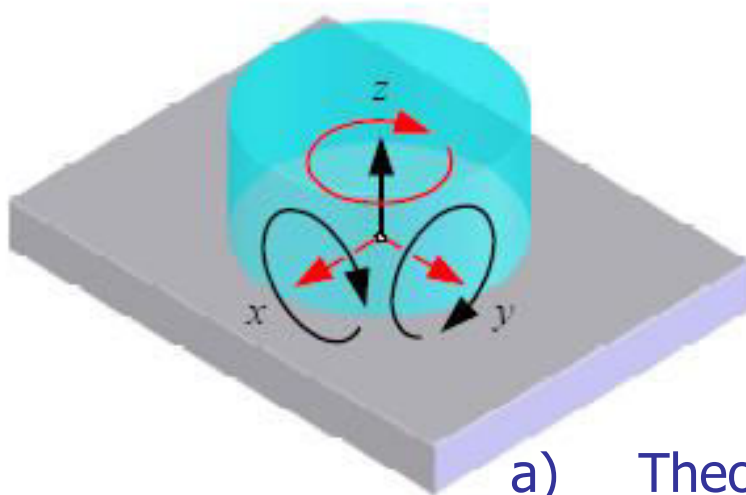




I. Những khái niệm cơ bản

Phân loại khớp động

- Bậc tự do của khâu
 - + Một khâu năng chuyển động độc lập đối với một hệ qui chiếu \rightarrow 1 BTD
 - + Giữa hai khâu trong mặt phẳng \rightarrow 3 BTD: T_x, T_y, Q_z
 - + Giữa hai khâu trong không gian \rightarrow 6 BTD: $T_x, T_y, T_z, Q_x, Q_y, Q_z$



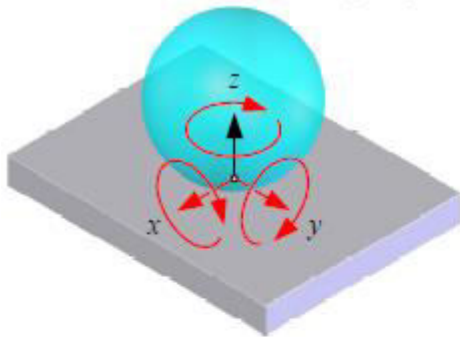
a) Theo số BTD bị hạn chế:
Khớp động loại $k \rightarrow$ hạn chế k BTD hay có k ràng buộc



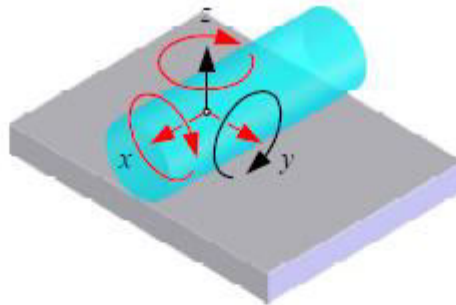
I. Những khái niệm cơ bản

Phân loại khớp động

a) Theo số BTD bị hạn chế



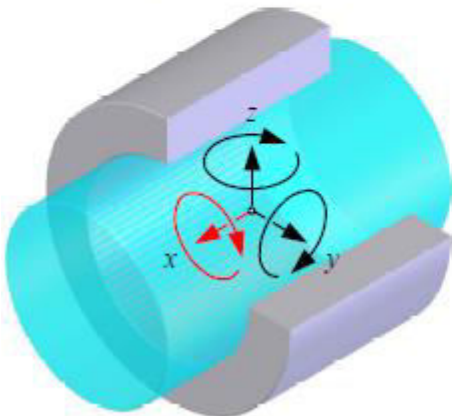
Khớp loại 1



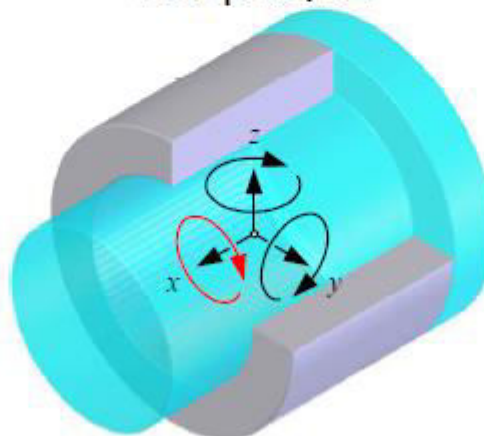
Khớp loại 2



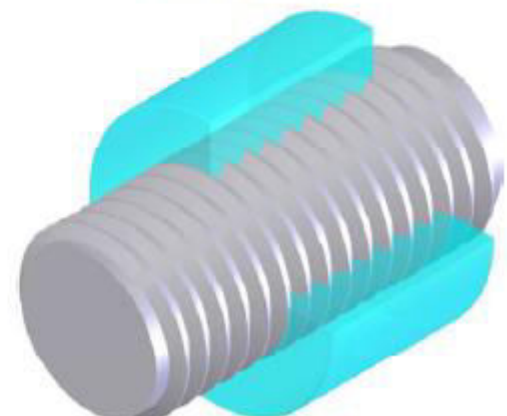
Khớp loại 3



Khớp loại 4



Khớp loại 5



Khớp loại ?

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

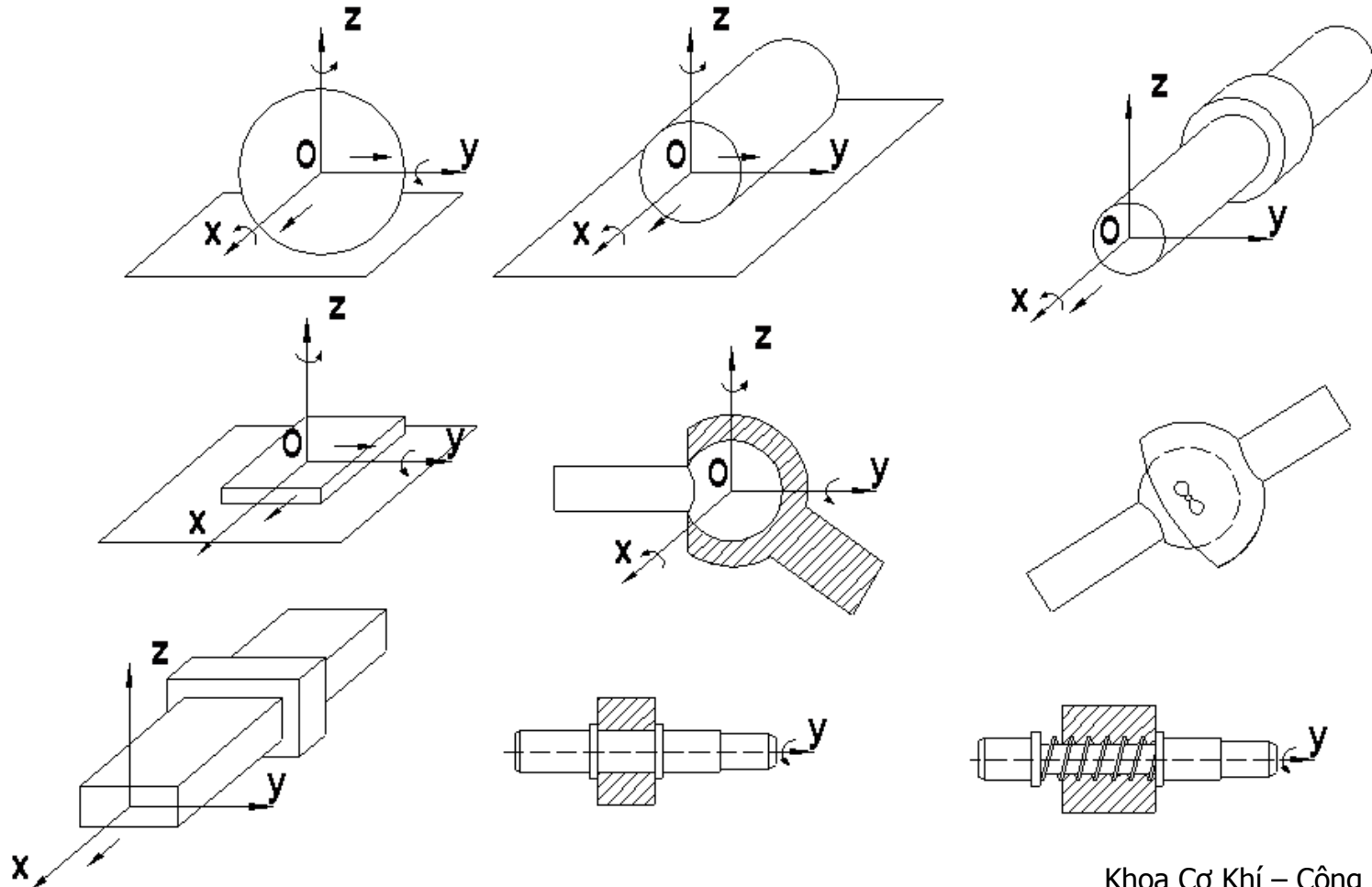
Trường ĐH Nông Lâm TP HCM



I. Những khái niệm cơ bản

Phân loại khớp động

a) Theo số BTD bị hạn chế



Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

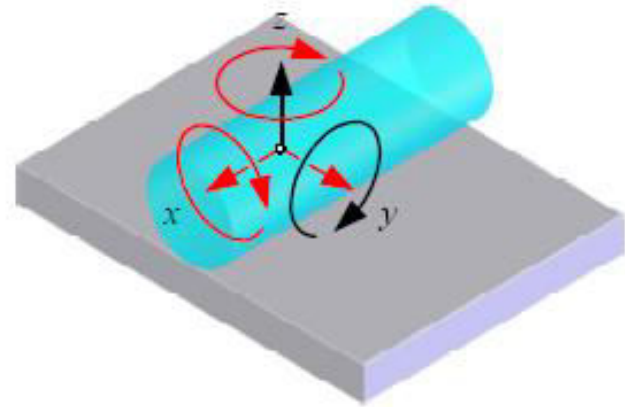
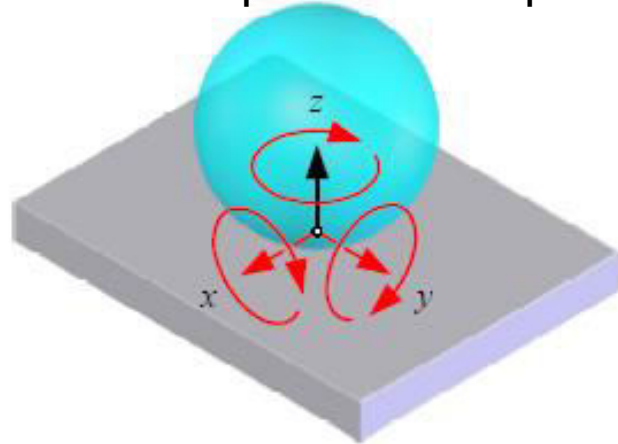
Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



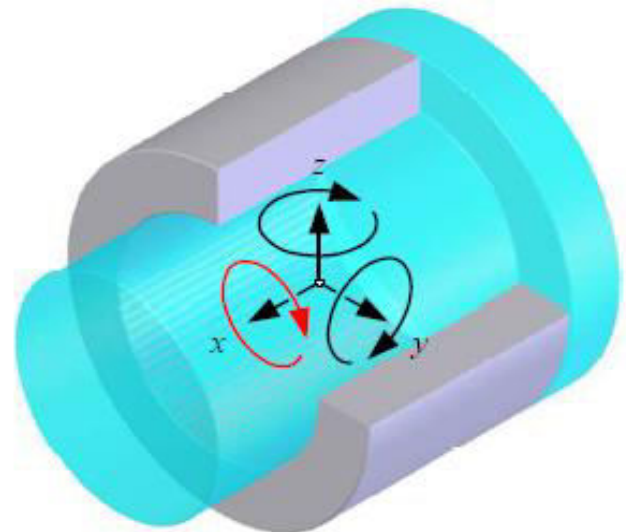
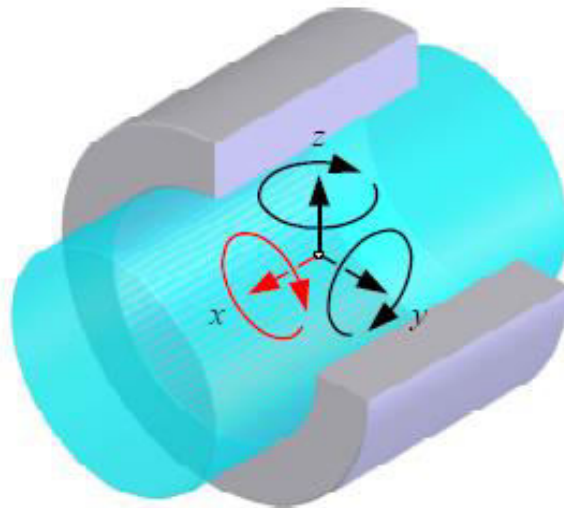
I. Những khái niệm cơ bản

b) Theo đặc điểm tiếp xúc

+ Khớp cao: thành phần khớp động là đường hay điểm



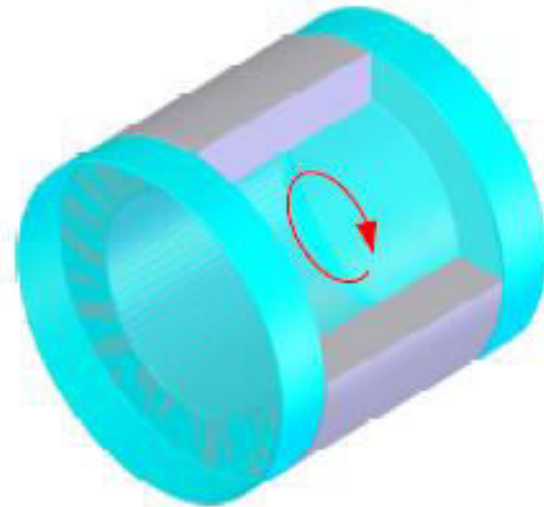
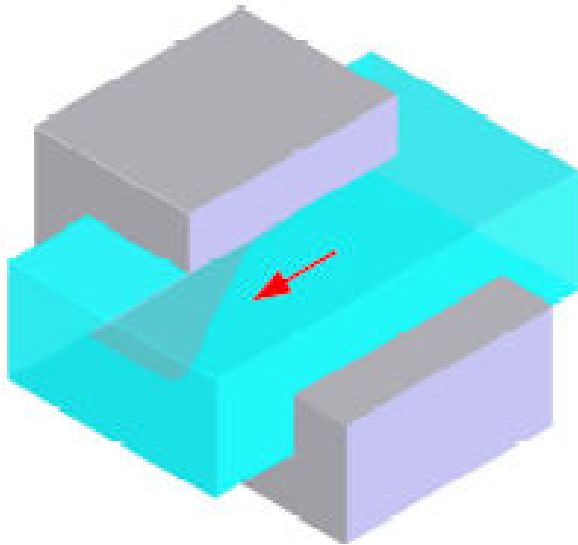
+ Khớp thấp: thành phần khớp động là mặt



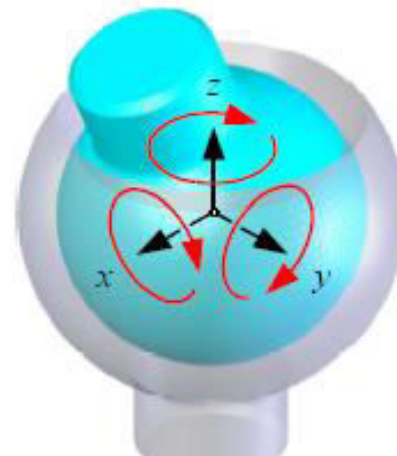


I. Những khái niệm cơ bản

c) Theo tính chất của chuyển động tương đối giữa các khâu



Khớp tịnh tiến – Khớp quay
Khớp phẳng – Khớp không gian

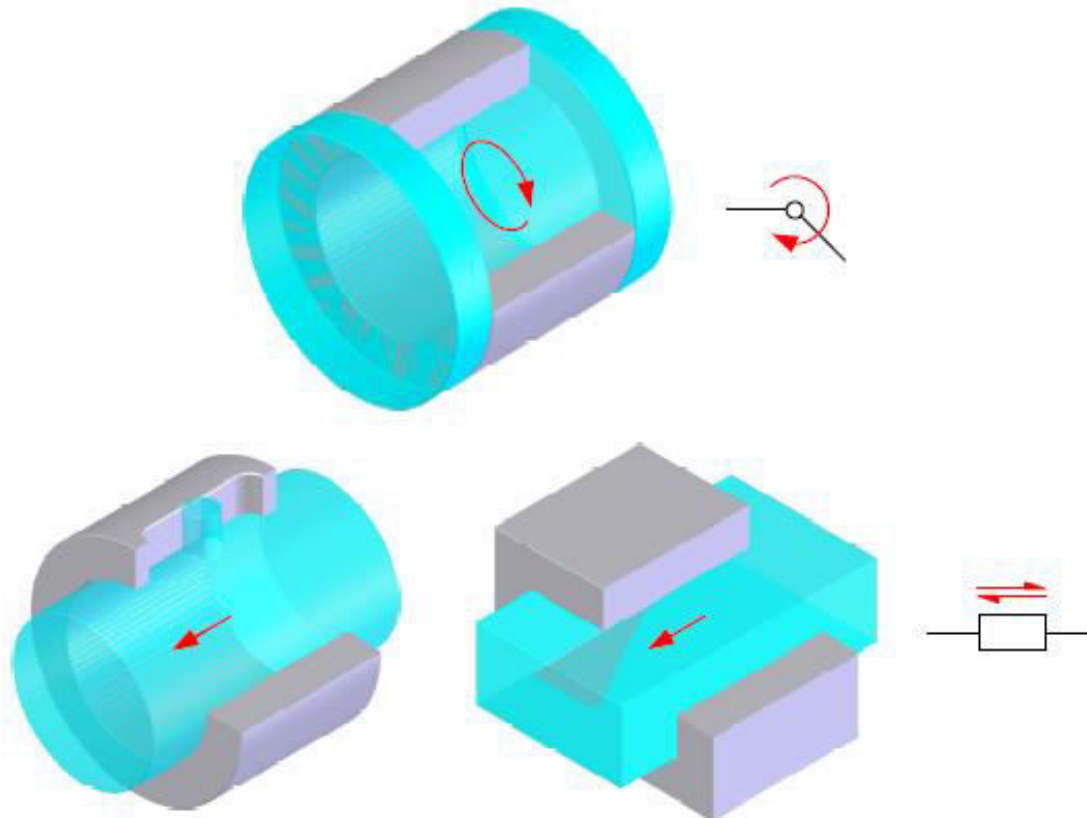




I. Những khái niệm cơ bản

4. Lực đồ động

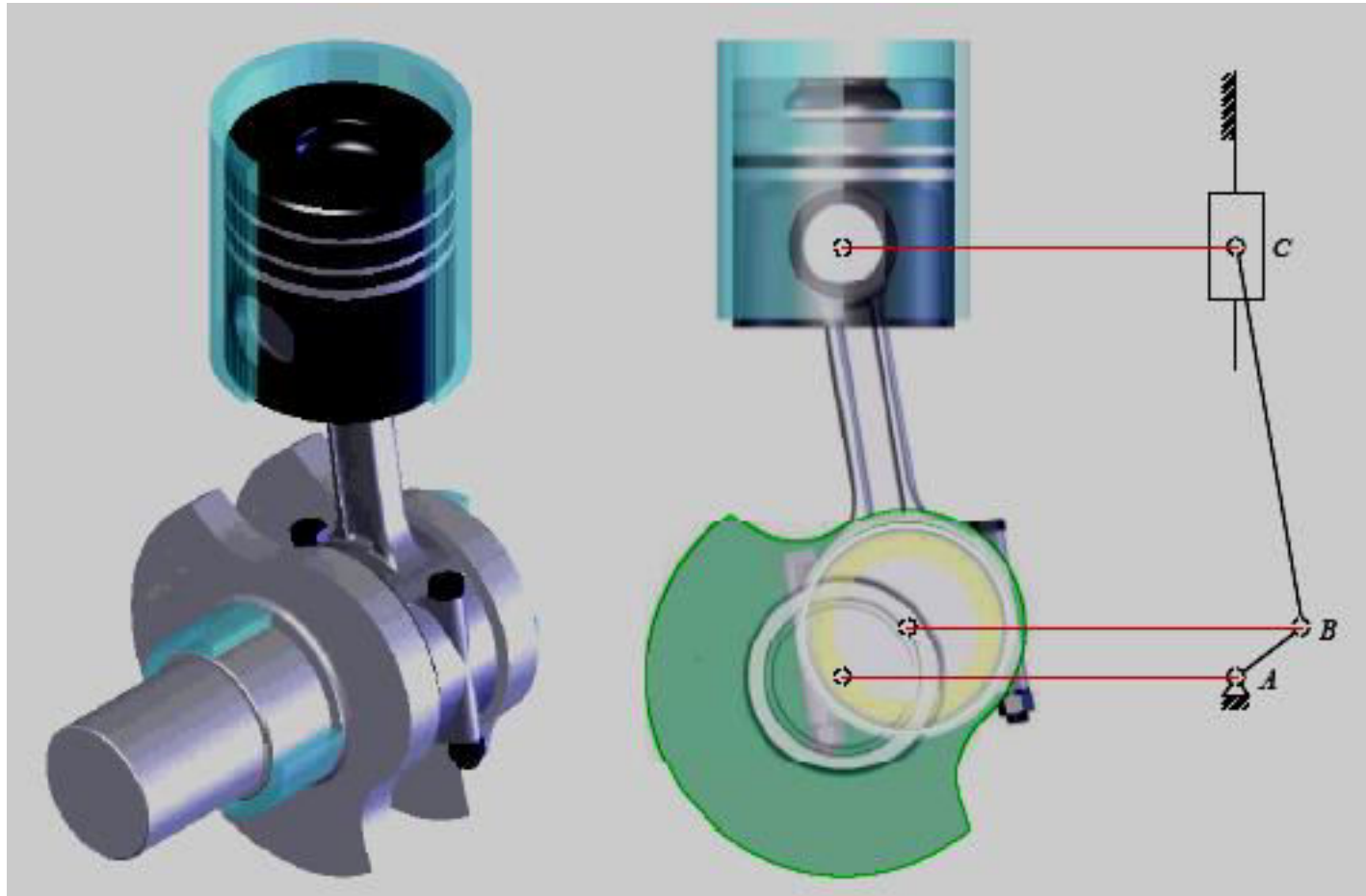
- Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, các khớp được biểu diễn trên những hình vẽ bằng những lược đồ qui ước.





I. Những khái niệm cơ bản

- Các khâu cũng được thể hiện qua các lược đồ đơn giản gọi là lược đồ khâu



- Trên lược đồ khâu phải thể hiện đầy đủ các khớp chuyển động, các kích thước có ảnh hưởng đến chuyển động của khâu và chuyển động của cơ cấu.



I. Những khái niệm cơ bản

5 Chuỗi động

Nhiều khâu nối với nhau bằng các khớp động trong một hệ thống tạo thành một chuỗi động

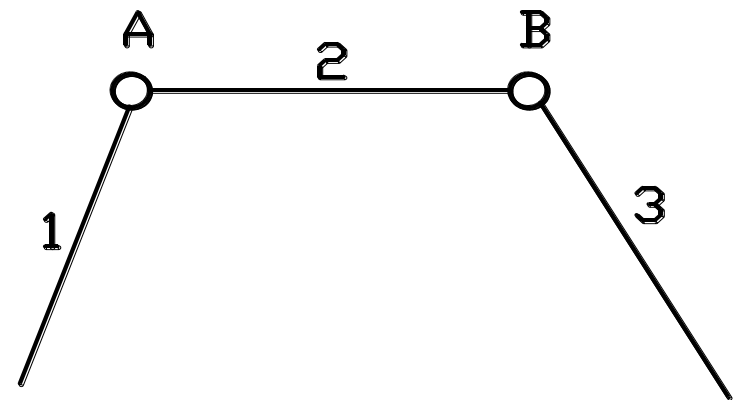
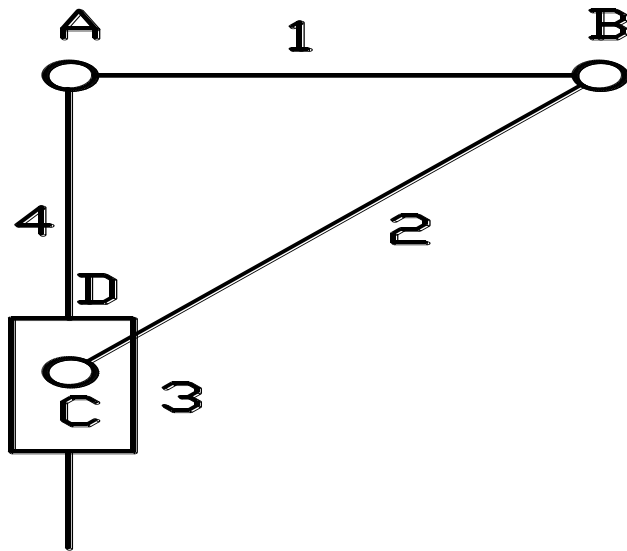
- Phân loại chuỗi động:

+ Chuỗi động kín

+ Chuỗi động phẳng

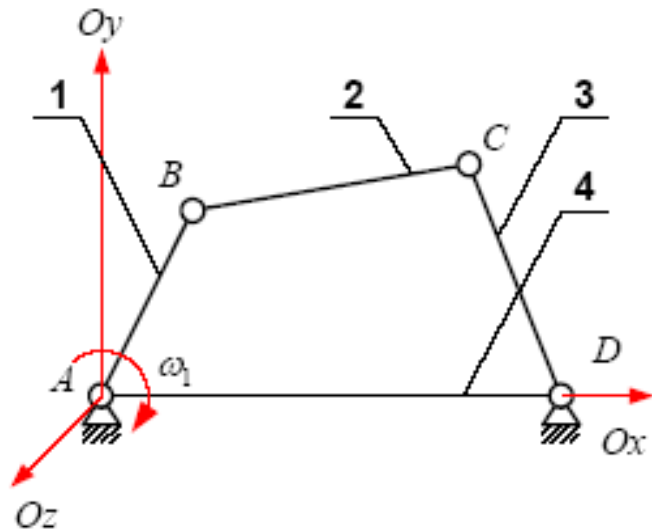
+ Chuỗi động hở

+ Chuỗi động không gian

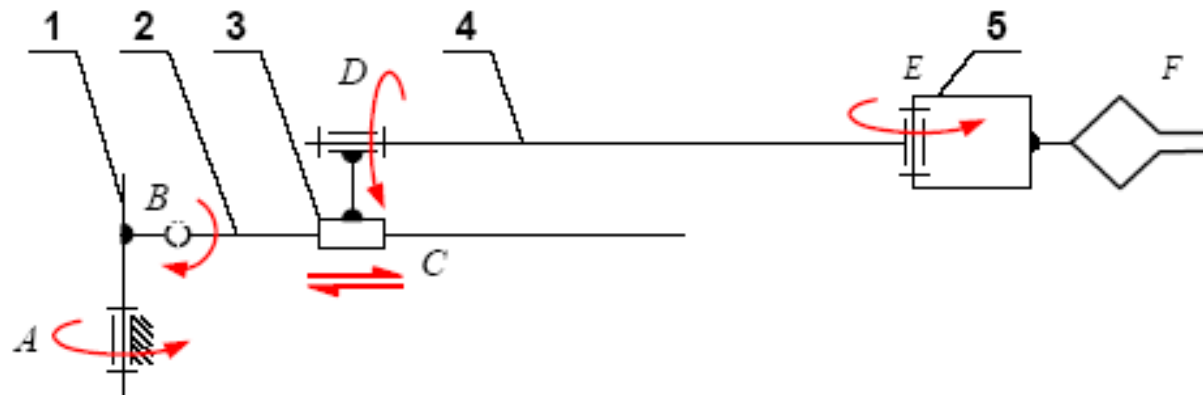




I. Những khái niệm cơ bản



Chuỗi động phẳng

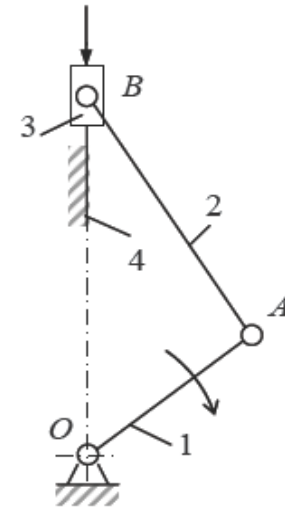
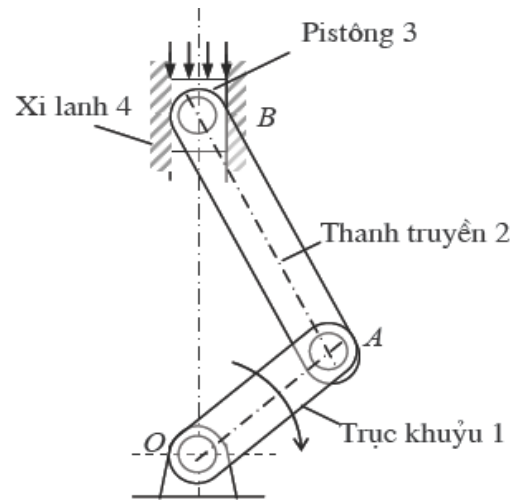


Chuỗi động không gian



I. Những khái niệm cơ bản

6. Cơ cấu



Nhìn nghĩa

là những thành phần cơ bản của máy có **chuyển năng xác định**.

Nó là những hệ thống cơ học dùng để biến đổi chuyển năng của 1 hay một số vật thể thành chuyển năng cần thiết của các vật thể khác.

Nhiệm vụ

Thực hiện các quá trình kỹ thuật nhờ chuyển năng của các phần tử cơ học

Phần tử

Khâu & Khớp năng

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TP HCM

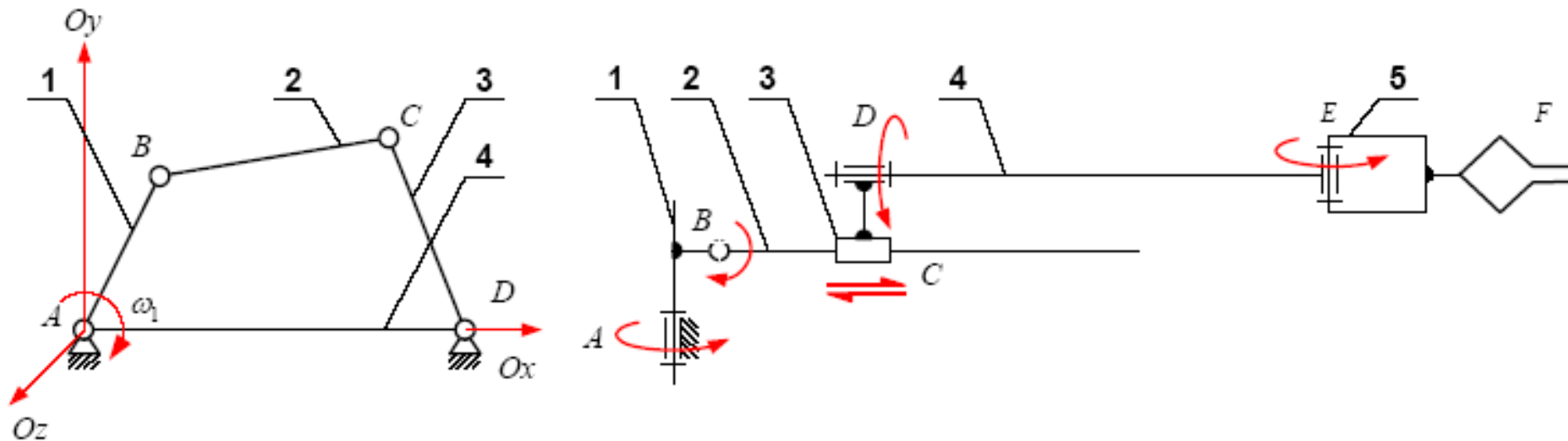


I. Những khái niệm cơ bản

6. Cơ cấu

Cơ cấu là một chuỗi động có một khâu cố định và chuyển động theo qui luật xác định. Khâu cố định được gọi là giá.

- Phân loại cơ cấu: cơ cấu phẳng – cơ cấu không gian





II. Bậc tự do cơ cấu

1. Định nghĩa

- Bậc tự do (BTD) của cơ cấu là thông số độc lập cần thiết để xác định vị trí của cơ cấu, nó cũng là số khả năng chuyển động tương đối độc lập của cơ cấu đó.

2. Tính bậc tự do của cơ cấu không gian (trường hợp tổng quát): W

$$W = W_0 - R.$$

Trong đó: W_0 – BTD tổng cộng của các khâu động nếu để rời
 R – số ràng buộc của tất cả khớp động trong cơ cấu

1. Số bậc tự do trong cơ cấu

1 khâu để rời trong không gian có 6 BTD \rightarrow BTD tổng cộng của n khâu động là

$$W_0 = 6n$$

2. Số ràng buộc chứa trong cơ cấu

Khớp loại k hạn chế k bậc tự do. Nếu gọi p_k là số khớp loại k chứa trong cơ cấu
 \rightarrow tổng các ràng buộc do p_k khớp loại k gây nên là $p_k \cdot k$

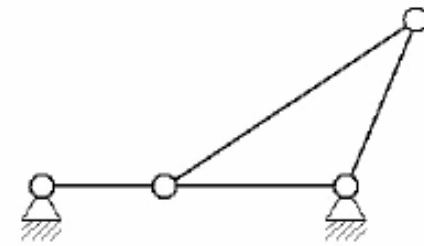
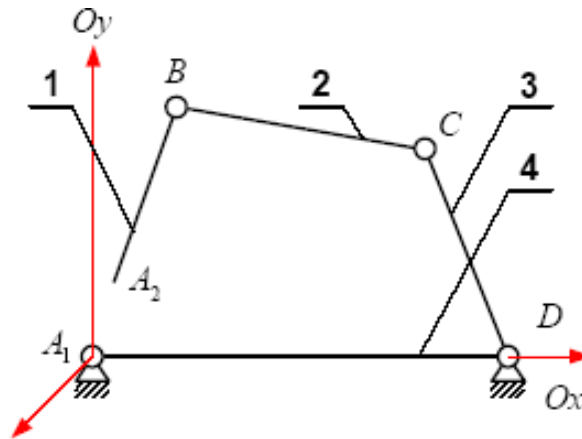
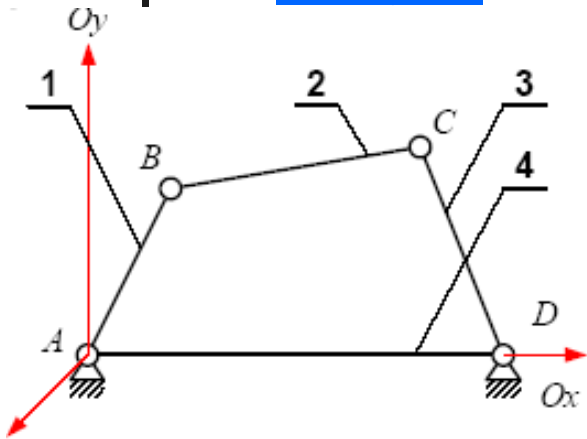
$$R = \sum_{k=1}^5 p_k k = 5p_5 + 4p_4 + 3p_3 + 2p_2 + 1p_1$$

Trong thực tế số ràng buộc thường nhỏ hơn giá trị trên vì trong cơ cấu tồn tại các ràng buộc trùng.



II. Bậc tự do cơ cấu

Ví dụ 1: Xét cơ cấu 4 khâu bản lề



+ Ràng buộc trực tiếp: ràng buộc giữa hai khâu do khớp nối trực tiếp giữa hai khâu đó được gọi là ràng buộc trực tiếp.

+ Ràng buộc gián tiếp: nếu tháo khớp A, giữa khâu 1 và 4 có ràng buộc gián tiếp

- (1) ~~T_{Oz}~~ (2) ~~Q_{Ox}~~ (3) ~~Q_{Oy}~~

+ Ràng buộc trùng: nối khâu 1 và 4 bằng khớp A, giữa chúng có ràng buộc trực tiếp

- sau (1) ~~T_{Oz}~~ (2) ~~Q_{Ox}~~ (3) ~~Q_{Oy}~~ (4) ~~T_{Ox}~~ (5) ~~T_{Oy}~~

→ 3 ràng buộc trùng. Ràng buộc trùng chỉ xảy ra ở khớp đóng kín của cơ cấu.

Gọi R_0 là số ràng buộc trùng → tổng số ràng buộc trong cơ cấu:

$$R = \sum_{k=1}^5 kp_k - R_0$$

Khoa C
Trường

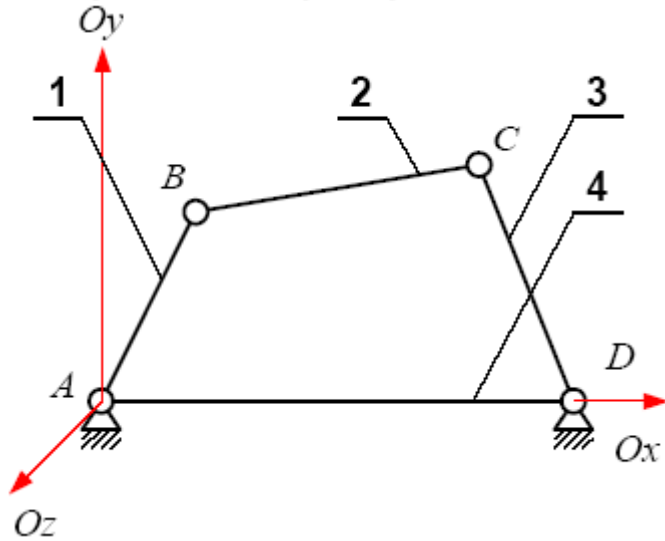


II. Bậc tự do cơ cấu

Công thức tính bậc tự do của cơ cấu không gian:

$$W = 6n - \left(\sum_{k=1}^6 k p_k - R_0 \right)$$

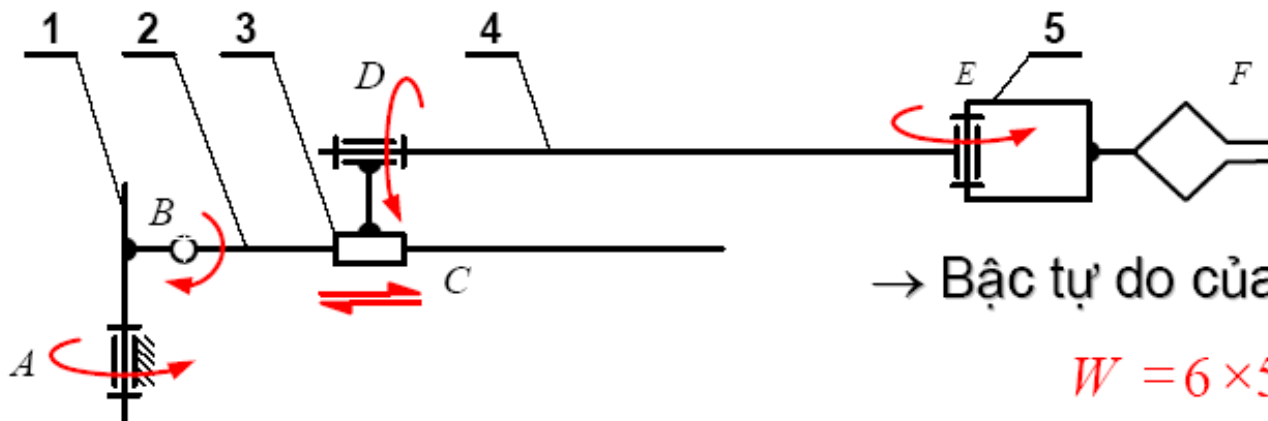
Ví dụ 1: Tính bậc tự do của cơ cấu 4 khâu bản lề



Số khâu động $n = 3$
 Số khớp loại 5 $p_5 = 4$
 Số ràng buộc trùng $R_0 = 3$
 → Bậc tự do của cơ cấu

$$W = 6.3 - (5.4 - 3) = 1 \text{ BTĐ}$$

Ví dụ 2: Tính bậc tự do của cơ cấu bàn tay máy



Số khâu động $n = 5$
 Số khớp loại 5 $p_5 = 5$

→ Bậc tự do của cơ cấu

$$W = 6 \times 5 - (5 \times 5) = 5 \text{ btd}$$



II. Bậc tự do cơ cấu

3. Bậc tự do của cơ cấu phẳng

a) Số bậc tự do trong cơ cấu

1 khâu để rời có 3 BTĐ → số BTĐ tổng cộng của n khâu động: $W_0 = 3n$

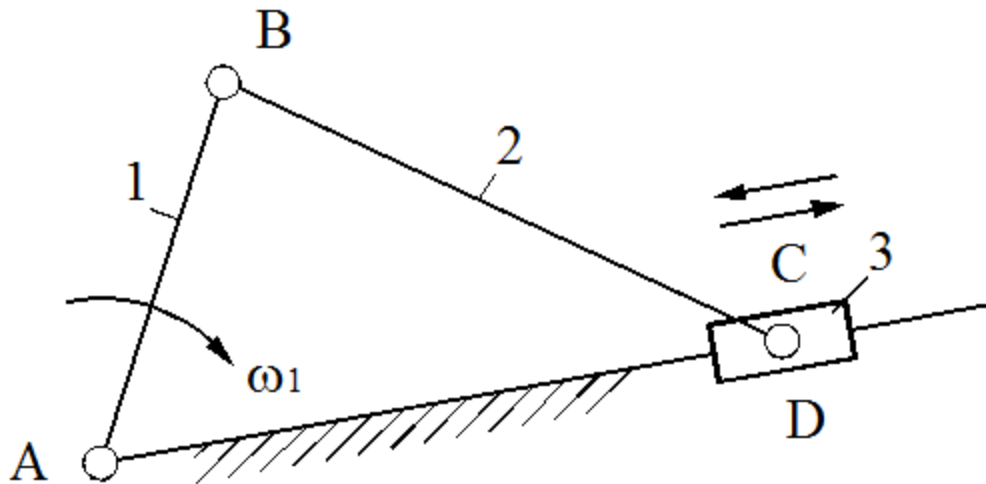
b) Số ràng buộc chứa trong cơ cấu

Cơ cấu phẳng có hai loại khớp: - khớp loại 4 chứa 1 ràng buộc
- khớp loại 5 chứa 2 ràng buộc

→ tổng số ràng buộc trong cơ cấu: $R = 1p_4 + 2p_5 - R_0$

$$\Rightarrow W = 3n - (p_4 + 2p_5 - R_0)$$

Ví dụ 3: Tính bậc tự do của cơ cấu tay quay – con trượt



Số khâu động $n = 3$
Số khớp loại 5 $p_5 = 4$

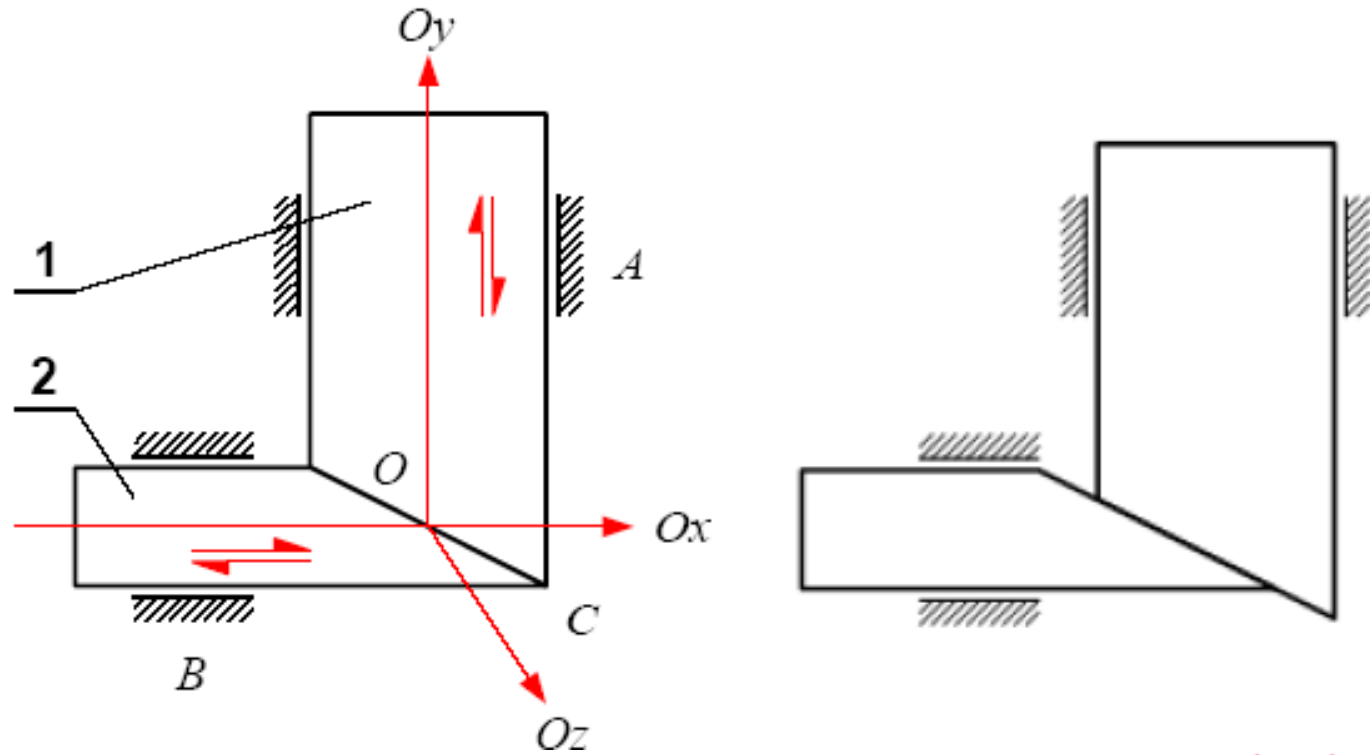
→ Bậc tự do của cơ cấu
 $W = 3.3 - (0 + 2.4 - 0) = 1 \text{ BTĐ}$



II. Bậc tự do cơ cấu

Ví dụ 4: Tính bậc tự do của cơ cấu chêm như hình vẽ

- Cơ cấu toàn khớp loại 5 với $n = 2$,
 $p_5 = 3$
- Chọn hệ qui chiếu gắn với giá



- Chưa đóng khớp A , khâu 1 có khả năng: (1) T_{Ox} (2) T_{Oy} (3) Q_{Oz}
- Đóng khớp A , khâu 1 có khả năng: (1) $\cancel{T_{Ox}}$ (2) T_{Oy} (3) $\cancel{Q_{Oz}}$

→ Bậc tự do của cơ cấu

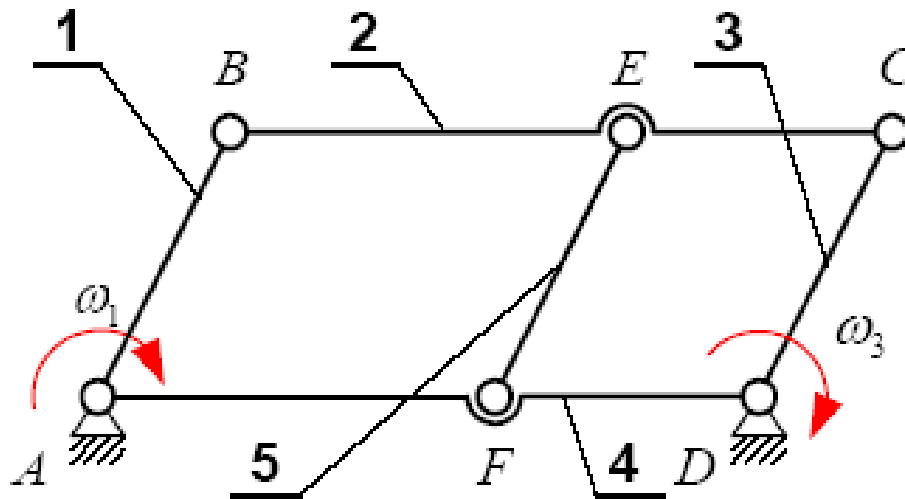
$$W = 3 \times 2 - (2 \times 3 - 1) = 1 \text{ btd}$$



II. Bậc tự do cơ cấu

RÀNG BUỘC THỪA

Ví dụ 5: Tính bậc tự do của cơ cấu hình bình hành



Cơ cấu toàn khớp loại 5 với: $n = 4$, $p_5 = 6$

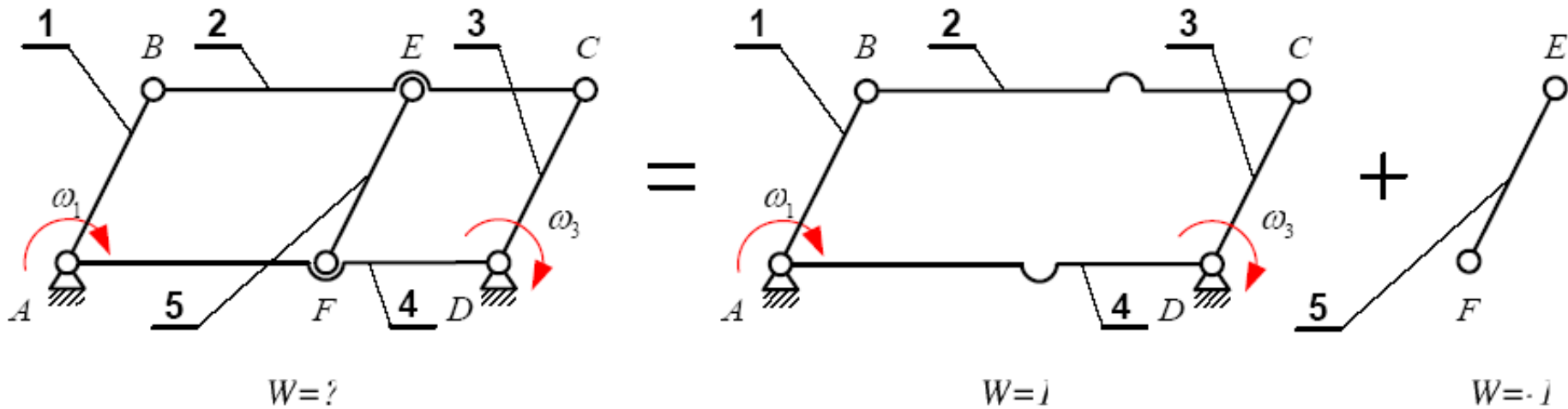
- Bậc tự do của cơ cấu là

$$W = 3.4 - (0 + 2.6) = 0 \text{ BTĐ}$$

- Trên thực tế cơ cấu này làm việc được → điều này có gì mâu thuẫn không ?



II. Bậc tự do cơ cấu



- Chú ý khâu 5 không có tác dụng gì trong chuyển động của cơ cấu ABCD
- Nếu bỏ khâu 5 ra, cơ cấu thành cơ cấu 4 khâu bản lề với BTD bằng 1
- Khi thêm khâu 5 và 2 khớp E, F vào
 - + thêm khâu 5 (EF) → thêm 3 bậc tự do
 - + thêm 2 khớp loại 5 (E, F) → thêm 4 ràng buộc
 - thêm 1 ràng buộc

Gọi **r** là số **ràng buộc thừa** có trong cơ cấu, BTD của cơ cấu phẳng

$$W = 3n - (2p_5 + p_4) + r$$

Trong cơ cấu hình bình hành ở trên, $r = 1$ và $W = 3.4 - (2.6 + 0) + 1 = 1$ BTD

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

II. Bậc tự do cơ cấu



BẬC TỰ DO THỪA

Ví dụ 6: Tính bậc tự do của cơ cấu cam cần đẩy đáy con lăn

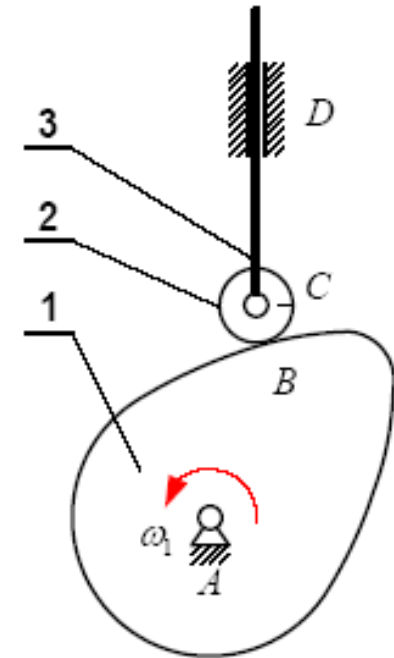
$$n = 3$$

$$p_4 = 1$$

$$p_5 = 3$$

$$W = 3.3 - (2.3 + 1) = 2 \text{ BTD}$$

→ Kết quả này có đúng không?



- Trong thực tế cơ cấu trên chỉ có 1 BTD vì chuyển động lăn của con lăn 2 quanh khớp C không ảnh hưởng đến chuyển động có ích của cơ cấu nên không được kể vào bậc tự do của cơ cấu.

- BTD thêm vào mà không làm ảnh hưởng đến chuyển động của cơ cấu gọi là **BTD thừa**, kí hiệu là **s**

- Trở lại cơ cấu cam ở trên $W = 3.3 - (2.3+1) - 1 = 1 \text{ BTD}$

II. Bậc tự do cơ cấu



Tóm lại công thức tính BTD

- Đối với cơ cấu không gian

$$W = 6n - \left(\sum_{k=1}^5 k p_k - R_0 \right)$$

- Đối với cơ cấu phẳng (trừ cơ cấu chêm)

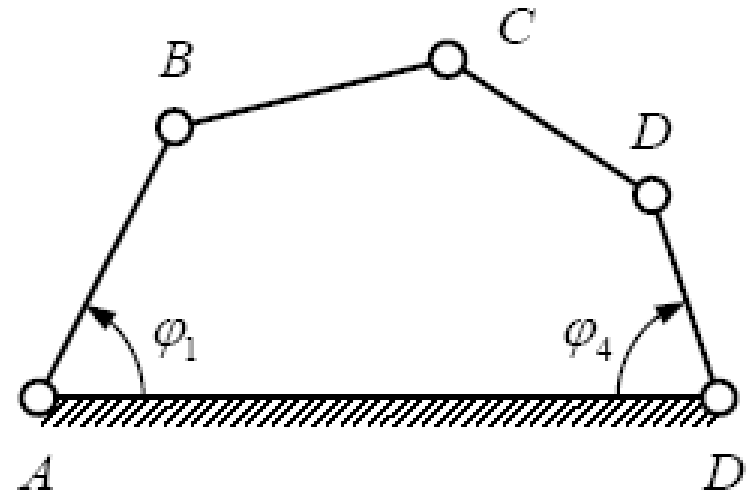
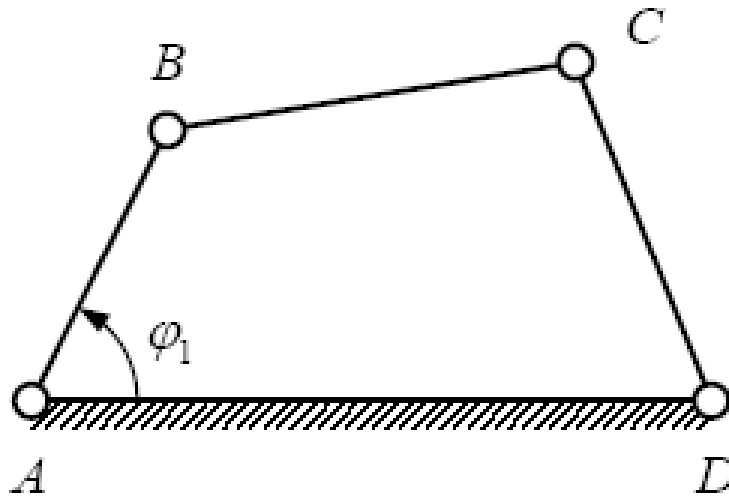
$$W = 3n - (2p_5 + p_4) + r - s$$

Với n : số khâu động k : loại khớp động p_k : số khớp loại k
 R_0 : số ràng buộc trùng r : số ràng buộc thừa s : số BTD thừa

II. Bậc tự do cơ cấu



4. Ý nghĩa của bậc tự do – Khâu dẫn và khâu bị dẫn



Số BTD cơ cấu là:

- ...

- ...

III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng



Nguyên lý tạo thành cơ cấu

Một cơ cấu có W BTD là cơ cấu được tạo thành bởi W khâu dẫn và những nhóm có BTD bằng **zero**

$$W = W_{\text{Khâu dẫn}} + 0 + \dots + 0$$

Khâu dẫn nhóm có BTD = 0

1. Nhóm tĩnh định

Đối với nhóm tĩnh định toàn khớp thấp:

$$W = 3n - 2p_5 \rightarrow p_5 = \frac{3n}{2}$$

⇒

n	2	4	6	...
p_5	3	6	9	...

$n = 2 \rightarrow p_5 = 3 \rightarrow$ nhóm 2 khâu 3 khớp: **Nhóm loại 2**

$n = 4 \rightarrow p_5 = 6 \rightarrow$ nhóm 4 khâu 6 khớp: **Nhóm loại 3**

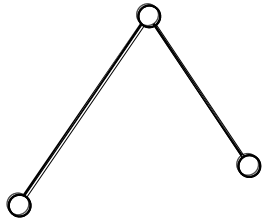
$n = 6 \rightarrow p_5 = 9 \rightarrow$ nhóm 6 khâu 9 khớp: **Nhóm loại 4**

.....

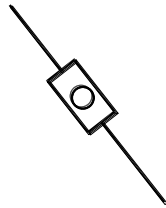
III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng



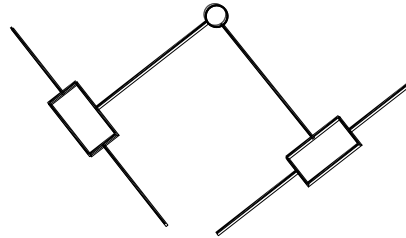
1. Nhóm tĩnh định (tt)



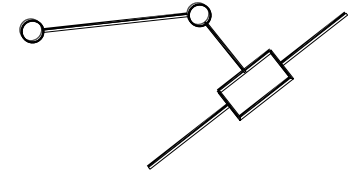
a)



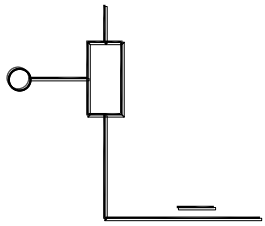
b)



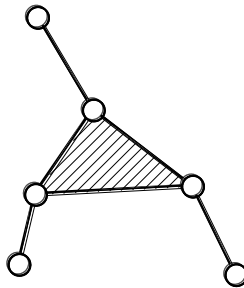
c)



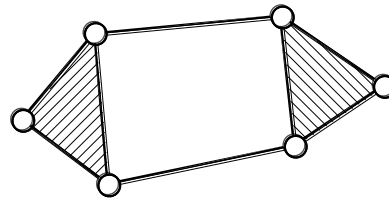
d)



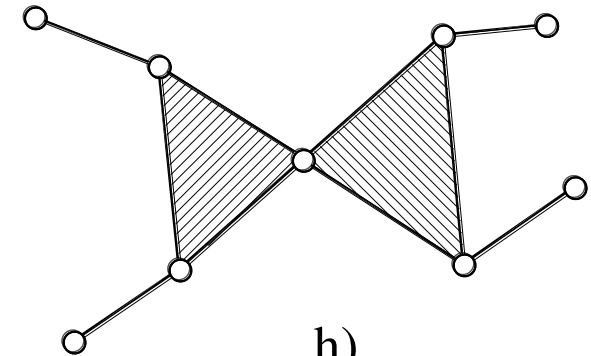
e)



f)



g)



h)

a, b, c, d, e: Nhóm loại 2

f, g: Nhóm loại 3

h: Nhóm loại 4

III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng

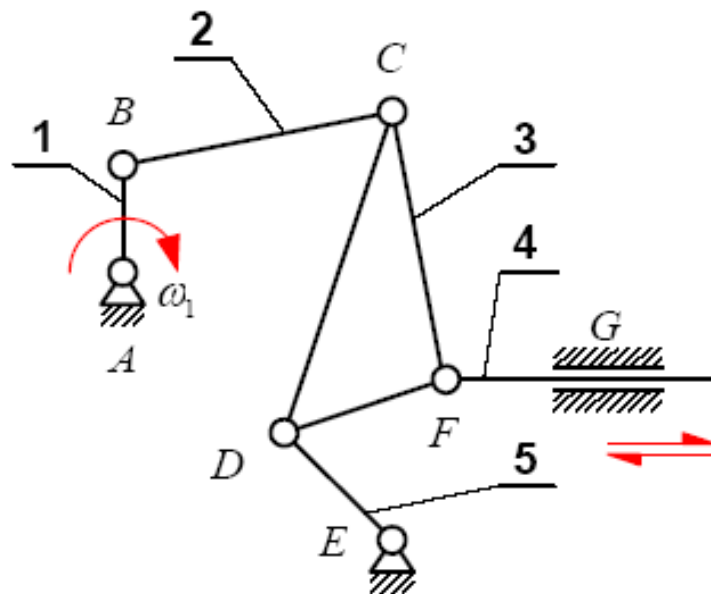
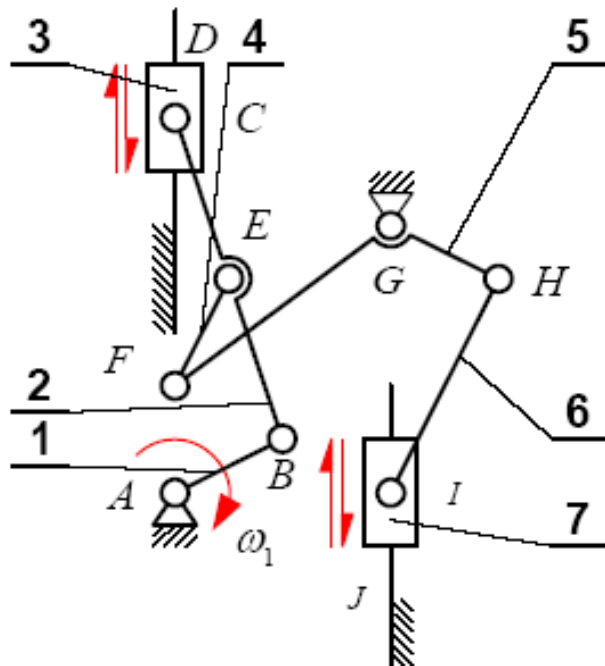


2. Nguyên tắc tách nhóm tĩnh định

Khi tách nhóm tĩnh định phải theo nguyên tắc sau:

- + Chọn trước khâu dẫn và giá
- + Tách những nhóm ở xa khâu dẫn trước rồi dần đến những nhóm ở gần hơn
- + Sau khi tách nhóm, phần còn lại phải là một cơ cấu hoàn chỉnh hoặc khâu dẫn
- + Phải tách nhóm đơn giản trước, nếu không được thì mới tách nhóm phức tạp hơn (loại cao hơn)

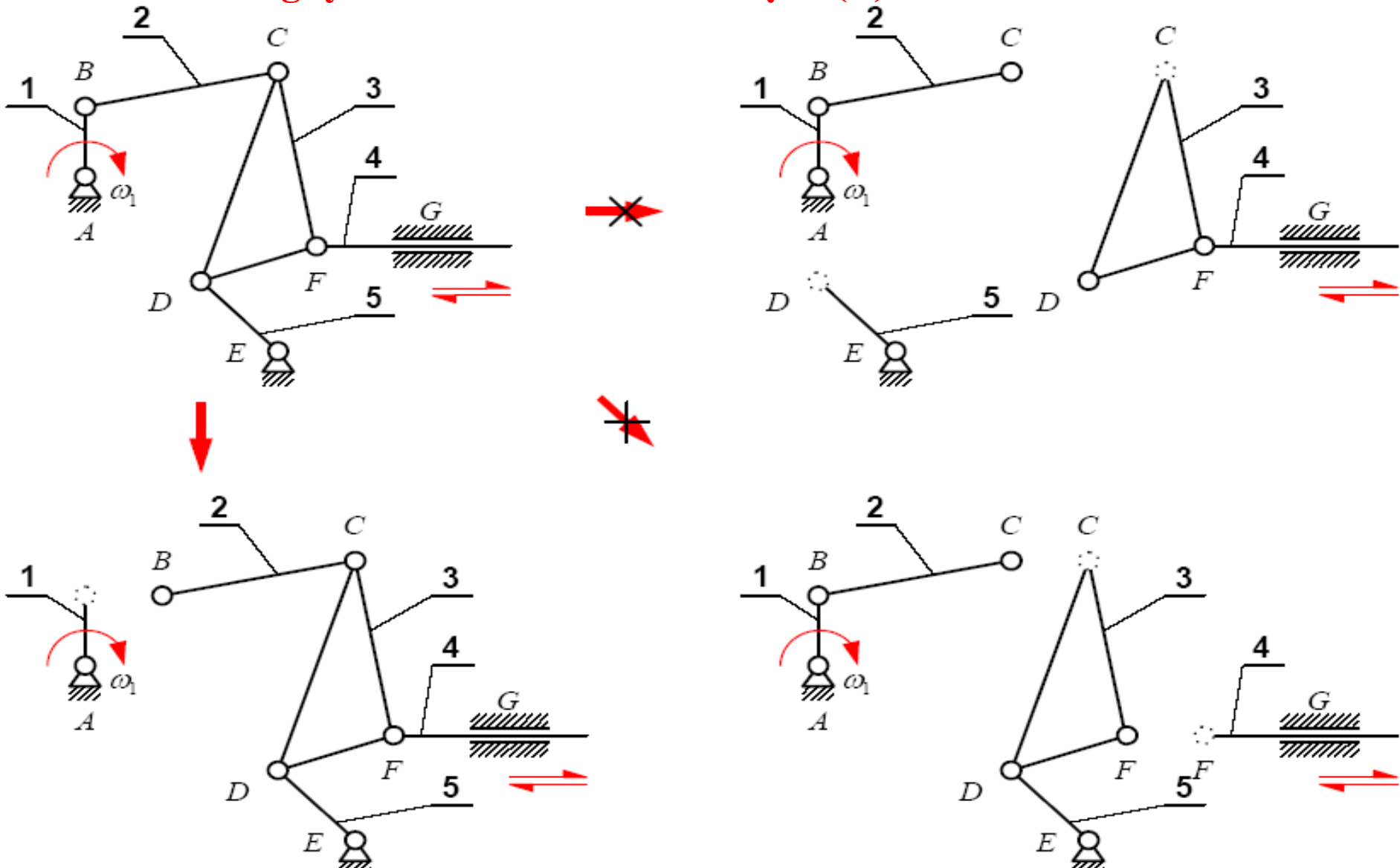
Ví dụ : Tách nhóm tĩnh định cơ cấu động cơ diezen, cơ cấu bơm oxy



III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng



2. Nguyên tắc tách nhóm tĩnh định (tt)



III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng



3. Nguyên tắc xếp loại cơ cấu

- Khâu dẫn gọi là cơ cấu loại 1
- Cơ cấu chỉ chứa 1 nhóm Át-xua thì **loại của cơ cấu là loại của nhóm Át-xua đó.**
- Cơ cấu chứa nhiều nhóm Át-xua thì **loại của cơ cấu là loại của nhóm Át-xua có loại cao nhất.**

III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng



3. Nguyên tắc xếp loại cơ cấu

Ví dụ: Tính BTD và xếp loại cơ cấu bốn khâu bản lề.

Ta có: $n = 3$; $p_5 = 4$; $p_4 = 0$

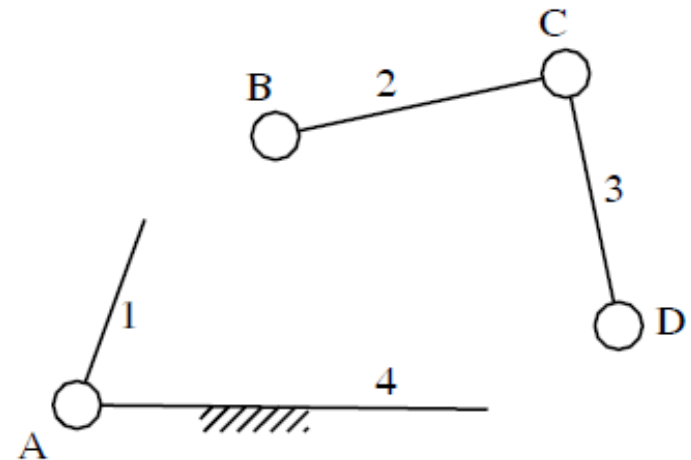
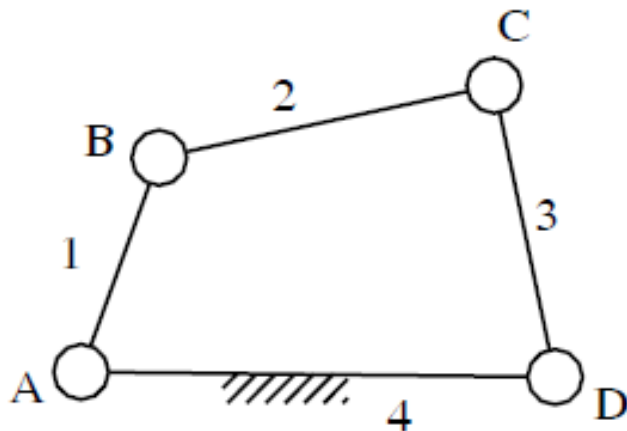
-BTD cơ cấu:

$$\begin{aligned} W &= 3n - (2p_5 + p_4) \\ &= 3.3 - (2.4 + 0) = 1 \end{aligned}$$

- Khâu dẫn: 1

- Tách nhóm: 32, 1

→ **Cơ cấu loại 2**



III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng



3. Nguyên tắc xếp loại cơ cấu

Ví dụ: Tính BTD và xếp loại cơ cấu bơm oxy.

Ta có: $n = 5$; $p_5 = 7$; $p_4 = 0$

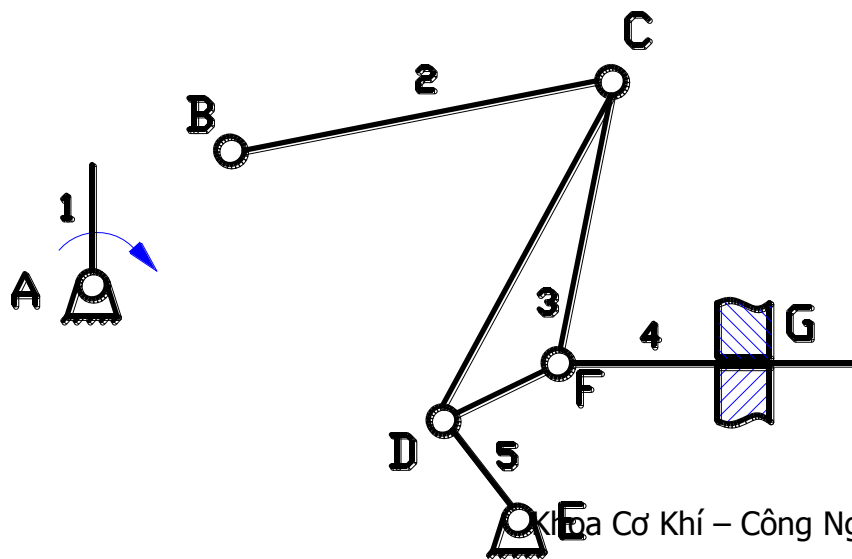
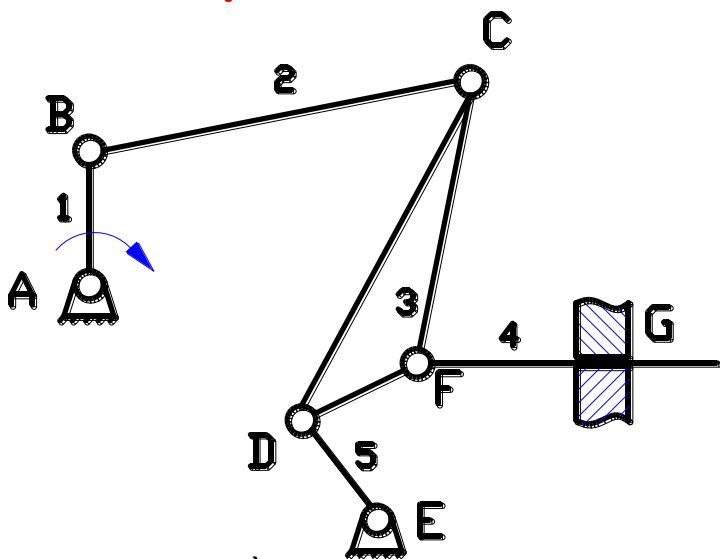
-BTD cơ cấu:

$$\begin{aligned} W &= 3n - (2p_5 + p_4) \\ &= 3.5 - (2.7 + 0) = 1 \end{aligned}$$

- Khâu dẫn: 1

- Tách nhóm: 5432, 1

→ **Cơ cấu loại 3**



III. Phân tích cấu tạo cơ cấu thanh phẳng



3. Nguyên tắc xếp loại cơ cấu

Ví dụ: Tính BTD và xếp loại cơ cấu máy bào ngang.

Ta có: $n = 5$; $p_5 = 7$; $p_4 = 0$

-BTD cơ cấu:

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

$$= 3.5 - (2.7 + 1) = 1$$

- Khâu dẫn: 1

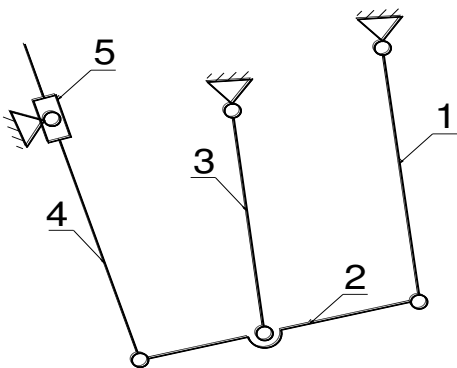
- Tách nhóm: 54, 32, 1

→ **Cơ cấu loại 2**

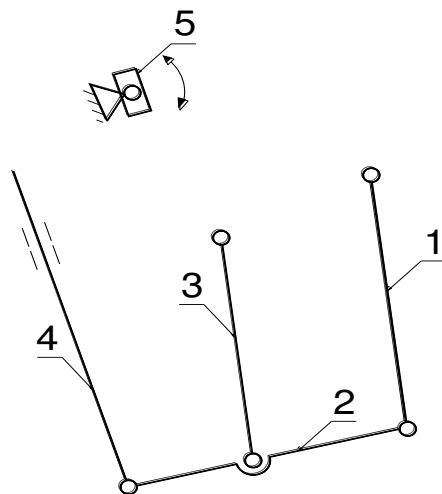
- Khâu dẫn: 5

- Tách nhóm: 1234, 5

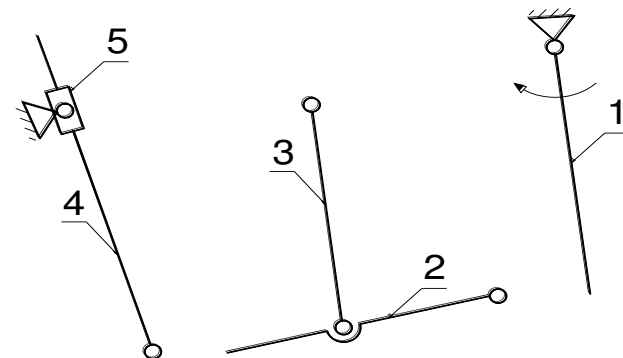
→ **Cơ cấu loại 3**



a)



b)



c)

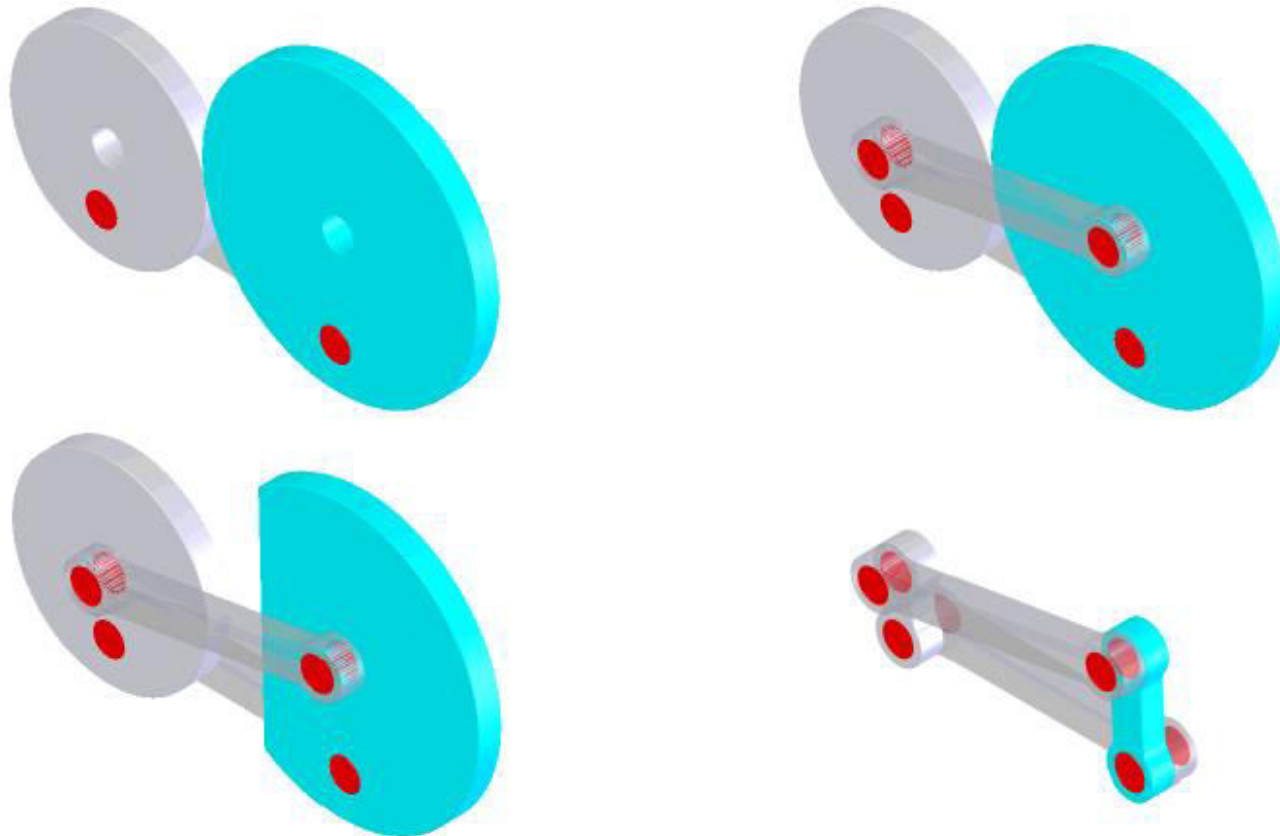
Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TP HCM

IV. Thay thế khớp cao bằng khớp thấp



- Trong cơ cấu phẳng, thường có khớp cao loại 4, để tách thành những nhóm tĩnh định như những cơ cấu phẳng toàn khớp thấp → thay thế các khớp cao thành những khớp thấp nhưng vẫn đảm bảo được chuyển động của cơ cấu



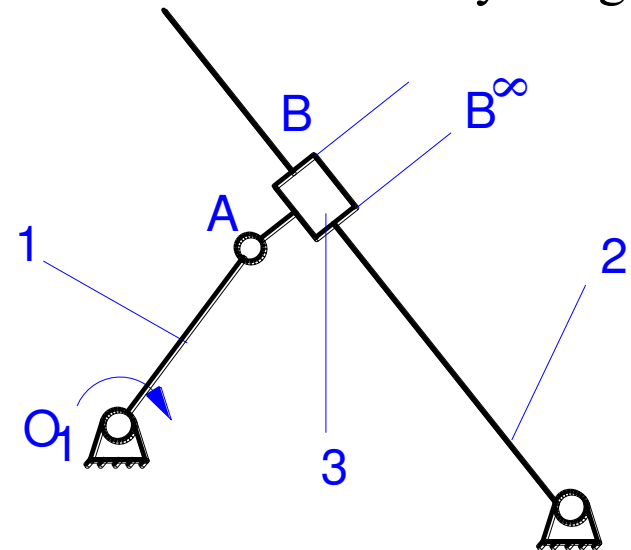
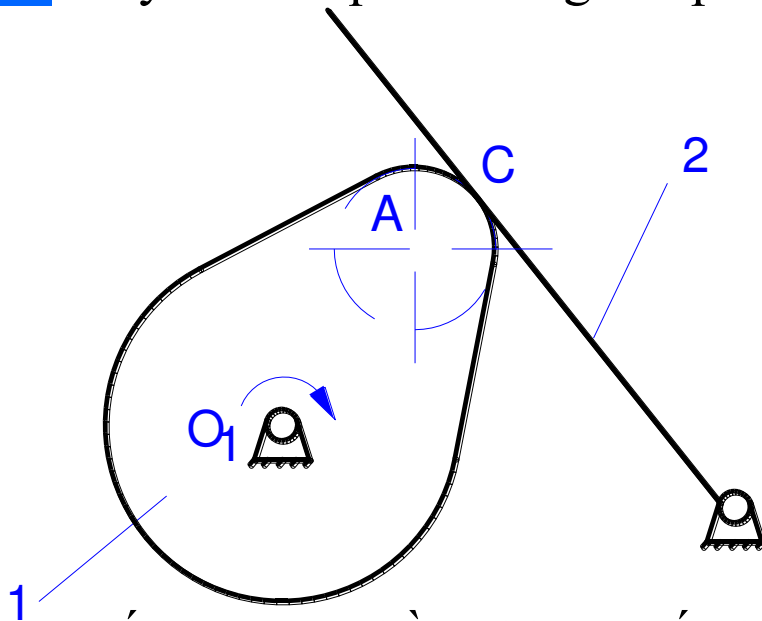
$$W = 3 \times 2 - (1 + 2 \times 2) = 1 \text{ BTĐ}$$

$$W = 3 \times 3 - (2 \times 4) = 1 \text{ BTĐ}$$

IV. Thay thế khớp cao bằng khớp thấp



- Thay thế khớp cao bằng khớp thấp phải đảm bảo hai điều kiện
 - + bậc tự do của cơ cấu không thay đổi
 - + quy luật chuyển động không đổi
- Nguyên tắc: dùng 1 khâu hai khớp bản lề và đặt các bản lề tại tâm cong của các thành phần khớp cao tại điểm tiếp xúc.
- **Ví dụ:** Thay thế khớp cao bằng khớp thấp ở cơ cấu cam cần lắc đáy bằng

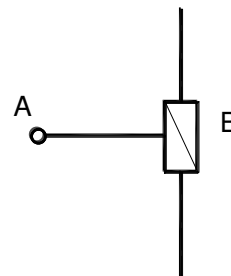
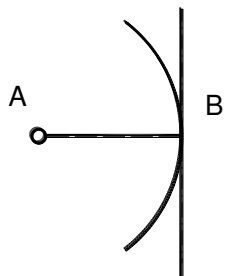
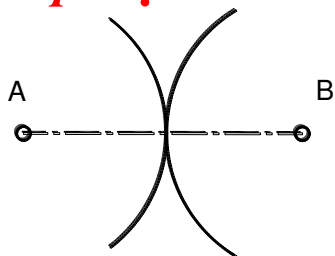


- Sự thay thế khớp cao bằng khớp thấp không phải chỉ để xem xét nhóm tĩnh định mà việc phân tích động học cơ cấu thay thế cho biết cả về định tính cũng như định lượng của cơ cấu thay thế tại vị trí đang xem xét.

IV. Thay thế khớp cao bằng khớp thấp



Một số khớp loại cao được thay thế bằng khớp thấp thường gặp



Khớp loại 4

Chuỗi động thay thế

