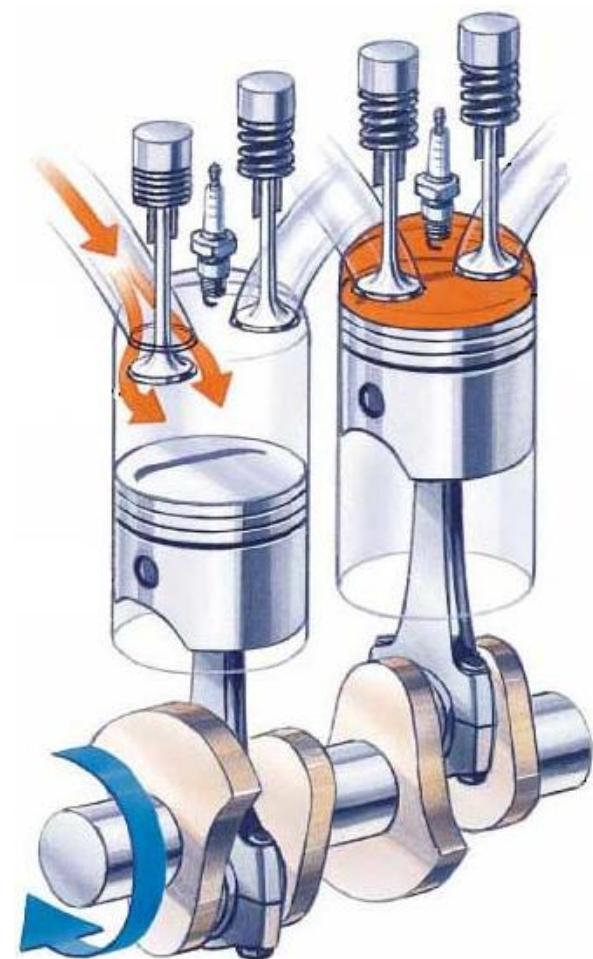


# CƠ SỞ TRUYỀN ĐỘNG CƠ KHÍ

Nguyễn Hữu Hào



# GIỚI THIỆU MÔN HỌC

## Nội dung môn học:

Cung cấp các kiến thức kiến thức cơ bản về cơ cấu và máy, cách giải quyết các bài toán về động học, động lực học của các cơ cấu và máy.

## Phương pháp học tập:

- Có tài liệu học tập
- Tham gia đầy đủ các buổi học
- Làm đầy đủ các bài tập (tự làm)
- Chủ động trong học tập và ôn tập các dạng bài toán trong môn học

## Phương pháp kiểm tra, đánh giá:

- |   |       |
|---|-------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Chuyên cần:</li><li>- Bài tập các chương:</li></ul>   | } 40% |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- KTGK: Tính toán các đặc trưng động học, quy luật chuyển động, thiết kế cơ cấu thanh, cơ cấu cam, cơ cấu bánh răng.</li><li>- Thi cuối kỳ: Phân tích và giải quyết bài toán động học và động lực học của một số cơ cấu và máy.</li></ul> |       |

# GIỚI THIỆU MÔN HỌC

## Tài liệu môn học:

### ❖ Giáo trình:

- Slide bài giảng của giảng viên.
- Lê Phước Ninh (2000), Nguyên lý máy, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Việt nam.

### ❖ Tài liệu tham khảo:

- Lê Phước Ninh (2004), Bài tập Nguyên lý máy, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Việt nam.
- Tạ Ngọc Hải (2006), Bài tập Nguyên lý máy, Nhà xuất bản Kỹ thuật, Việt Nam.
- John J. Uicker, Jr., Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley (2017), Theory of Machines and Mechanisms, Published in the United States of America by Oxford University Press

## 1.1. Nội dung và mục đích của phân tích cấu trúc:

### ❖ Nội dung:

- Khảo sát cơ cấu, điều kiện để cơ cấu có chuyển động xác định;
- Phân loại cơ cấu theo đặc trưng cấu trúc;
- Nghiên cứu nguyên lý tạo thành cơ cấu;
- Xây dựng lược đồ cơ cấu.

### ❖ Mục đích

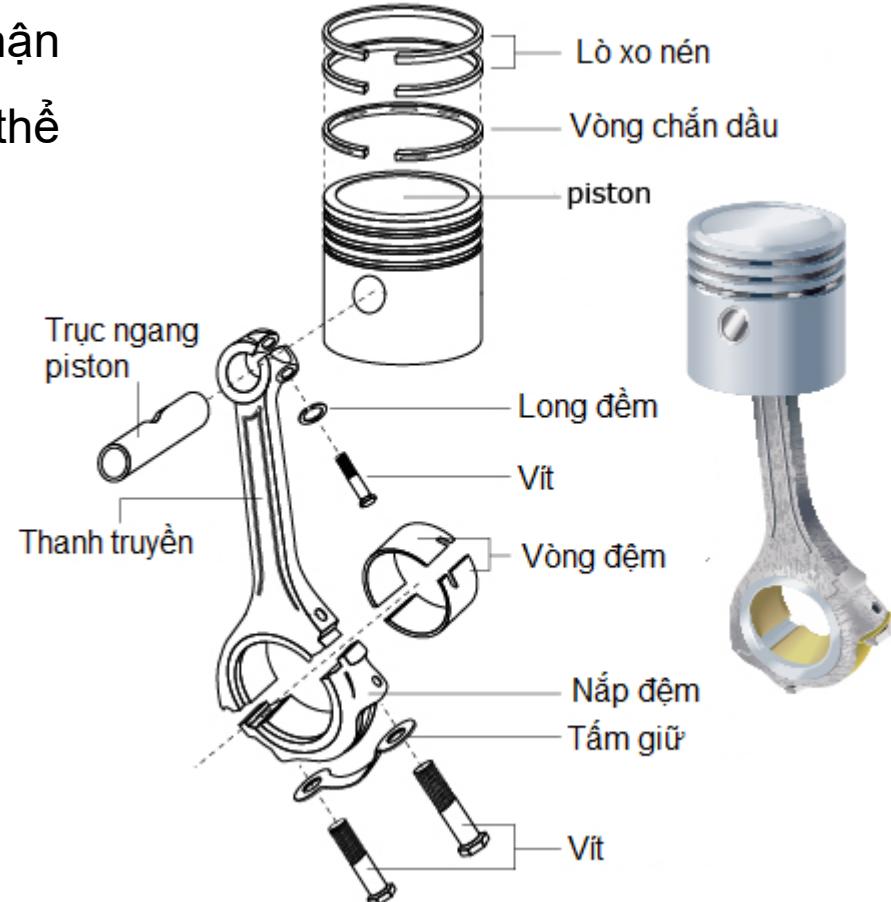
- Biết nguyên lý hình thành và khả năng chuyển động của cơ cấu từ đó xác định được tính công nghệ và khả năng ứng dụng của cơ cấu.
- Vì các tính chất động học, động lực học của cơ cấu và máy phụ thuộc vào cấu trúc của chúng, do đó từ kết quả phân tích cấu trúc ta chọn được phương pháp nghiên cứu động học, động lực học đối với từng loại cơ cấu và máy một cách hợp lý.

## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.1. Chi tiết máy

Máy có thể tháo rời ra thành nhiều bộ phận khác nhau, bộ phận hoàn chỉnh không thể tháo rời được nữa gọi là chi tiết máy.

- Cơ cấu hay máy do nhiều chi tiết ghép thành.
- Các chi tiết máy được nối động hoặc nối cứng với nhau.

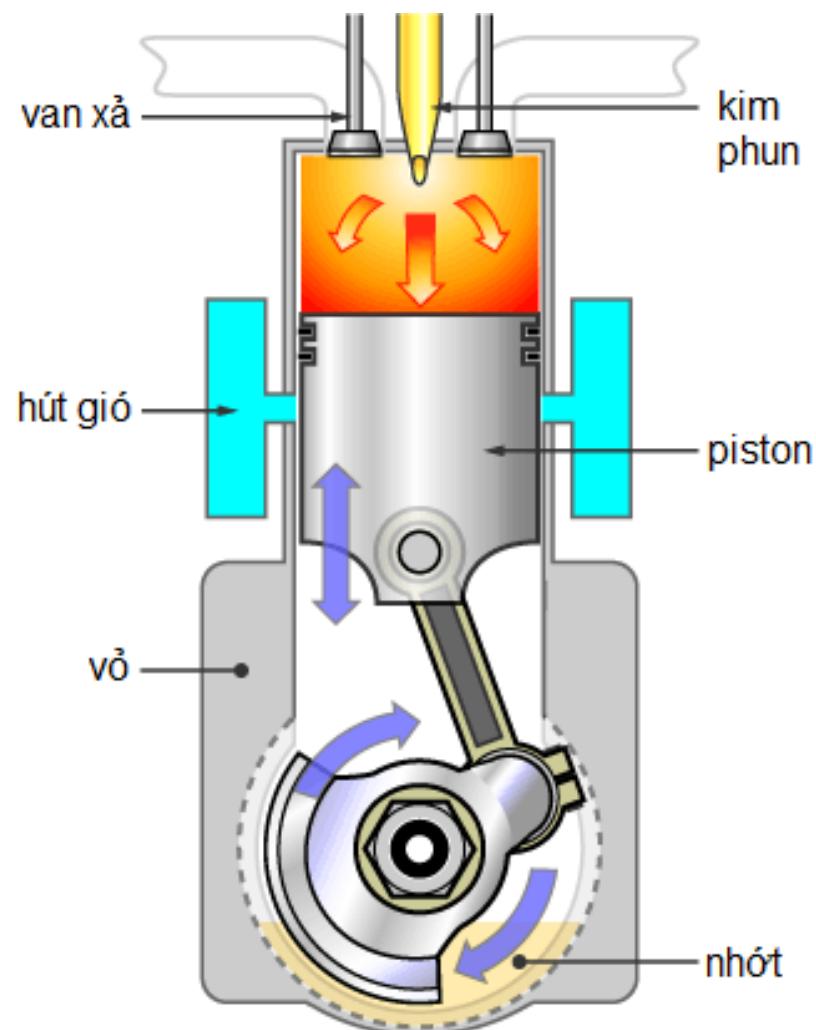


## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.2. Khâu

Máy gồm nhiều bộ phận chuyển động tương đối với nhau. Mỗi bộ phận chuyển động riêng biệt được gọi là một khâu.

- Khâu có thể là một chi tiết máy hoặc nhiều chi tiết máy ghép cứng lại với nhau.

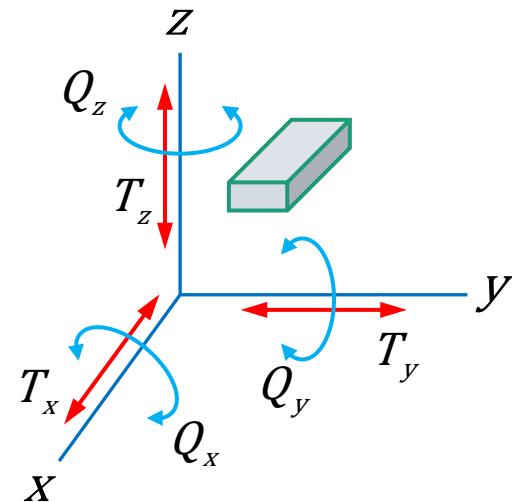
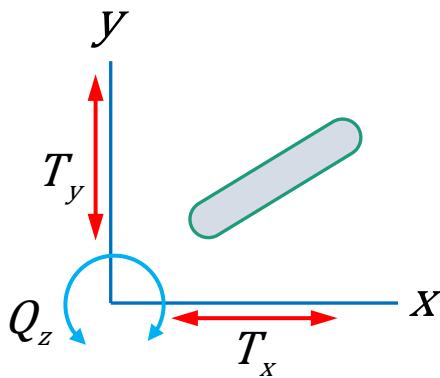


## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.3. Độ tự do

Số khả năng chuyển động độc lập của một vật hay một cơ cấu gắn với một hệ quy chiếu cho trước được gọi là độ tự do của vật hay của cơ cấu đó.

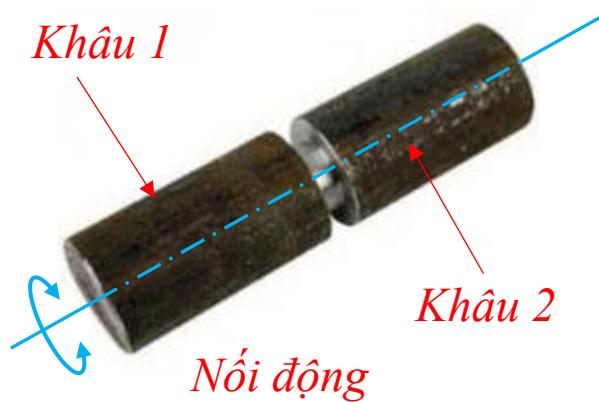
- Một vật tự do trong hệ quy chiếu phẳng  $x$ - $y$  có 3 BTD:  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $Q_z$
- Một vật tự do trong hệ quy chiếu không gian  $x$ - $y$ - $z$  có 6 BTD:  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $Q_z$



## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.4. Nối động, khớp động và phân loại khớp động

- ❖ **Nối động:** Để tạo thành cơ cấu, các khâu được liên kết với nhau theo một quy luật nào đó sao cho sau khi nối các khâu vẫn có khả năng chuyển động tương đối với nhau được gọi là nối động các khâu.
- ❖ **Thành phần khớp động:** Là vị trí tiếp xúc trên mỗi khâu
- ❖ **Khớp động:** Tập hợp các thành phần khớp động của 2 khâu tạo thành một khớp động

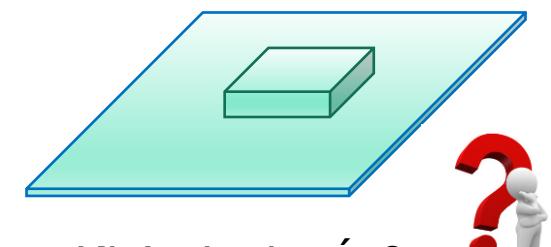
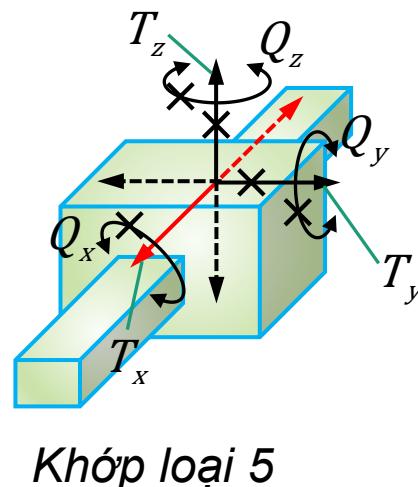
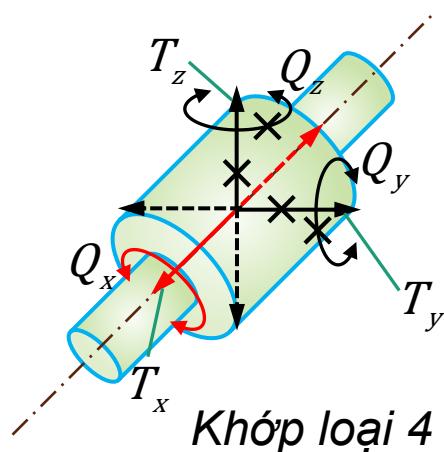
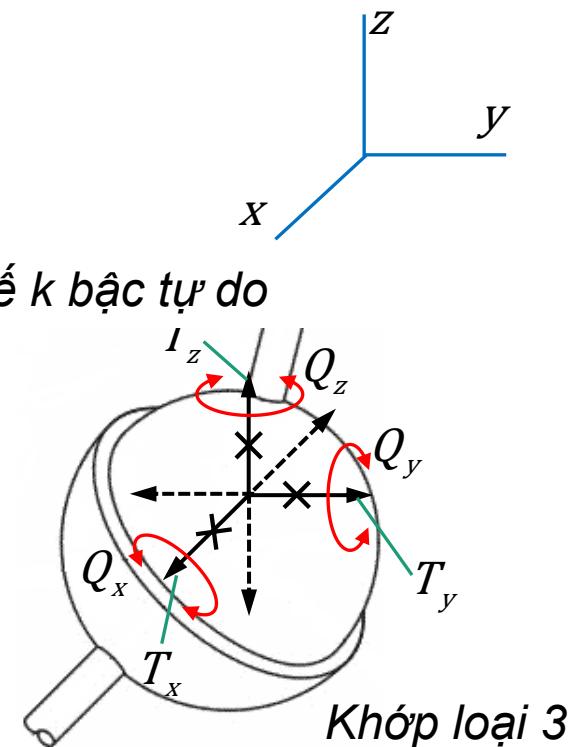
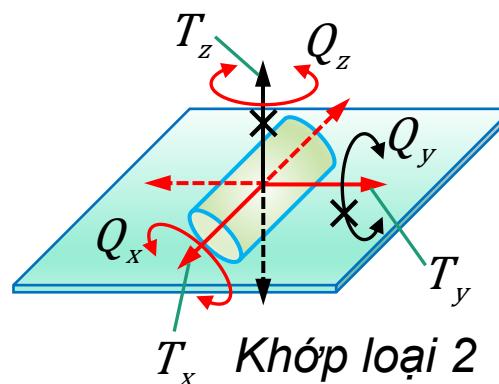
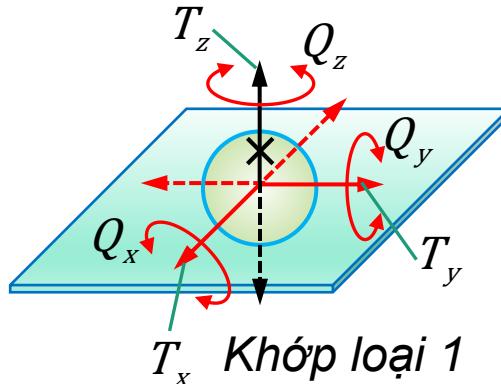


## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.4. Nối động, khớp động và phân loại khớp động

#### ❖ Phân loại khớp động:

- **Theo số bậc tự do bị hạn chế:** Khớp loại k bị hạn chế k bậc tự do

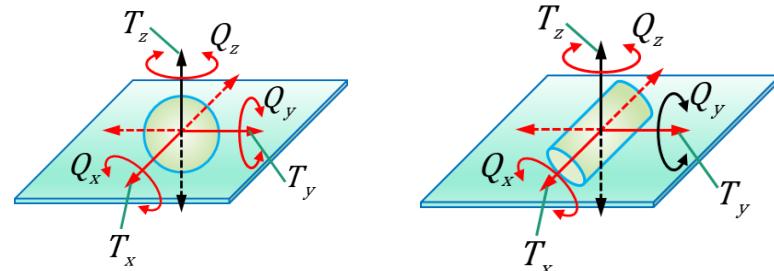


## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.4. Nối động, khớp động và phân loại khớp động

#### ❖ Phân loại khớp động:

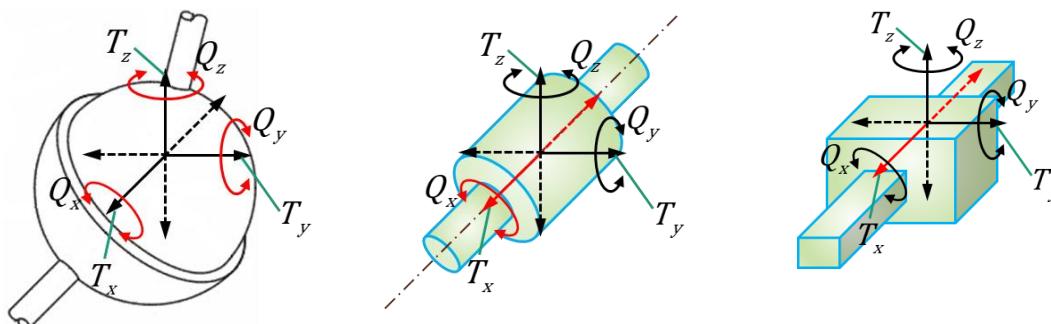
- **Theo đặc điểm tiếp xúc:** Khớp loại cao và khớp loại thấp
- ✓ Khớp loại cao: Thành phần khớp động là điểm hoặc đường



Kết cấu đơn giản, dễ thực hiện các chuyển động phức tạp.

Không có tính thuận nghịch

- ✓ Khớp loại thấp: Thành phần khớp động là mặt



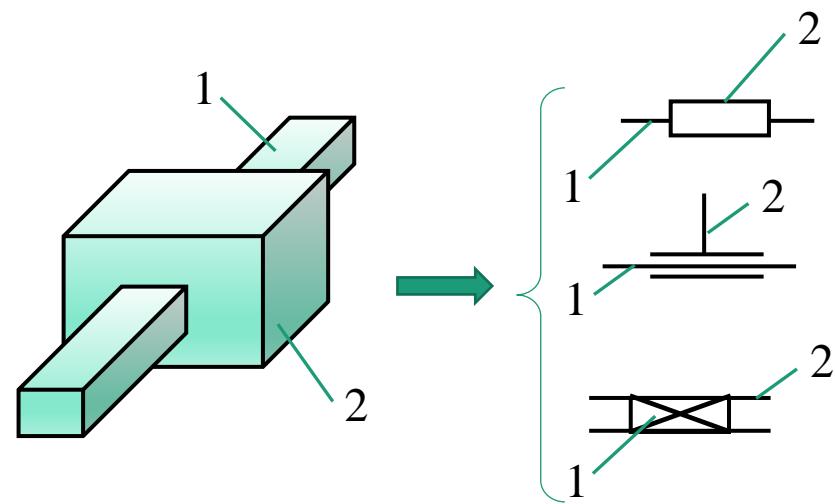
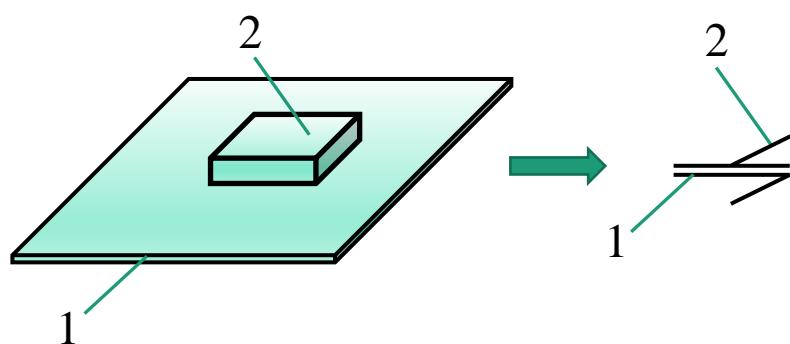
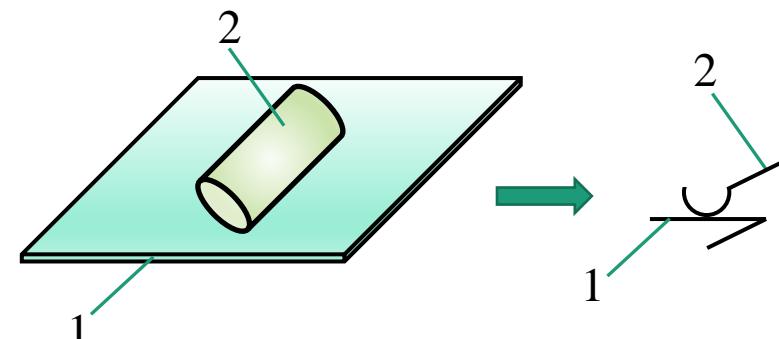
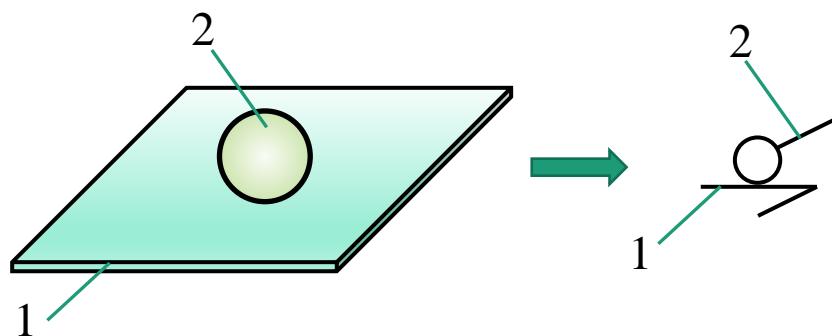
Khả năng truyền tải và chịu mài mòn tốt.

Có tính thuận nghịch

## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.5. Lược đồ khớp

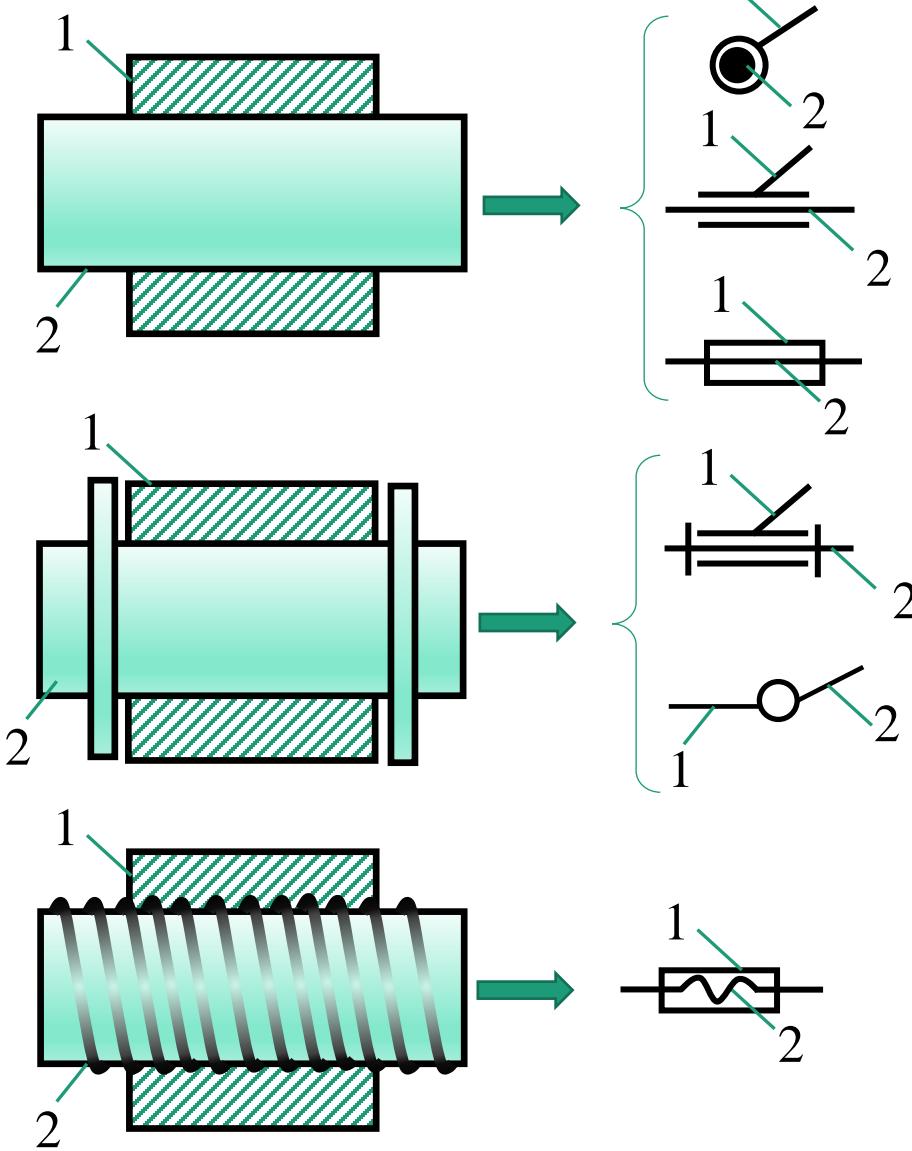
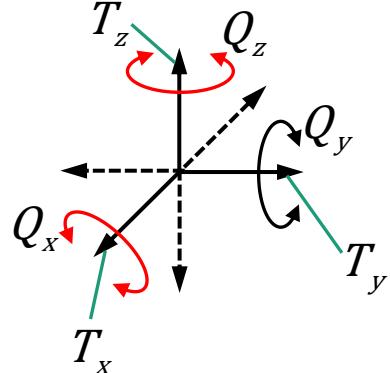
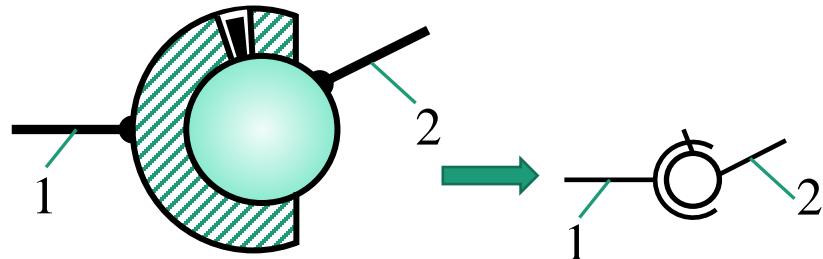
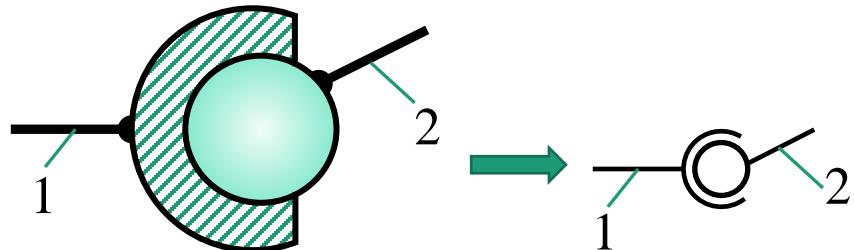
❖ **Lược đồ khớp:** Để thuận tiện và thống nhất trong nghiên cứu, các khớp được biểu diễn dưới dạng lược đồ.



## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.5. Lược đồ khâu, khớp

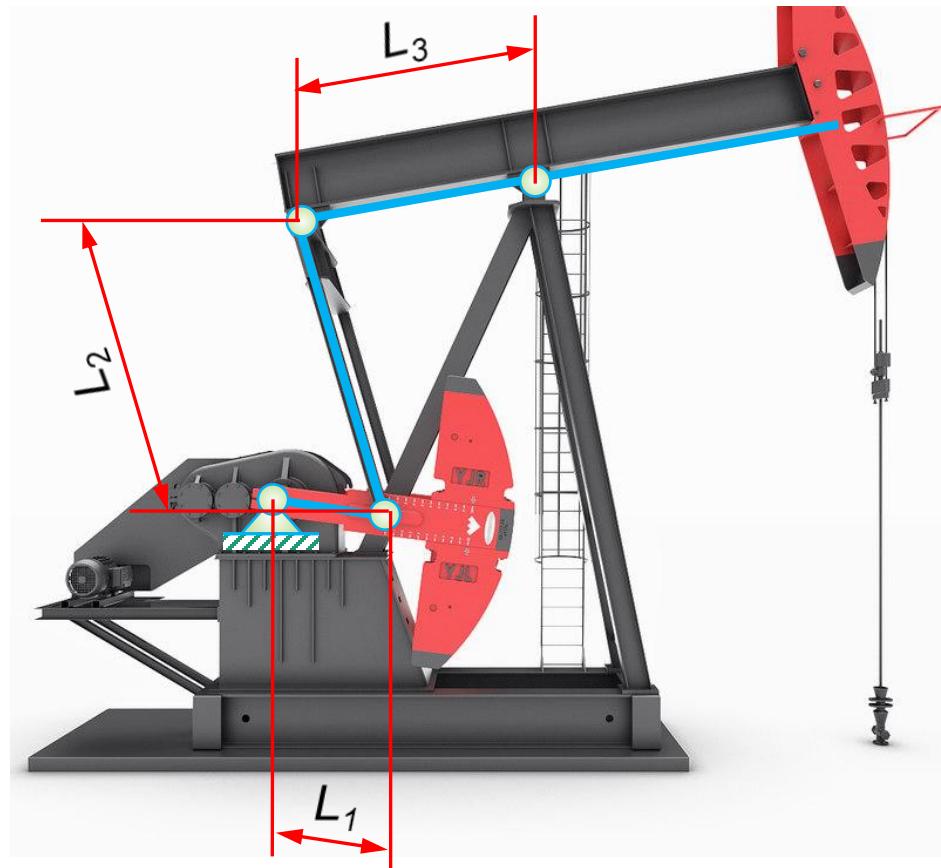
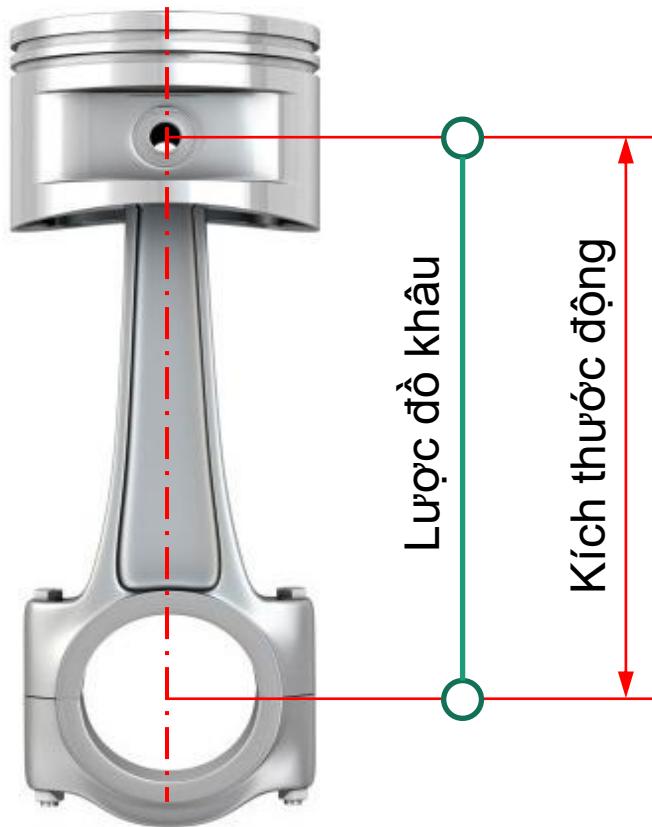
❖ **Lược đồ khớp:**



## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.5. Lược đồ khâu, khớp

❖ **Lược đồ khâu:** Biểu diễn các thành phần khớp động trên khâu và vị trí tương quan giữa chúng. Các thông số xác định **vị trí tương đối** giữa các thành phần khớp động trên cùng một khâu gọi là **kích thước động** của khâu.

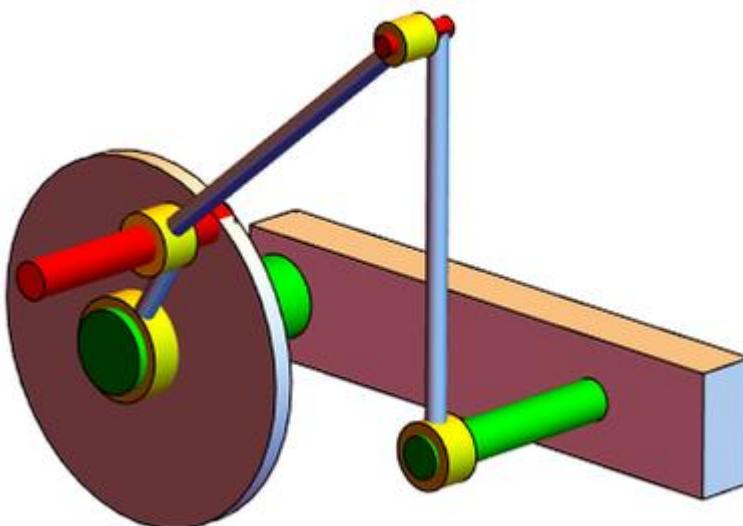


## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

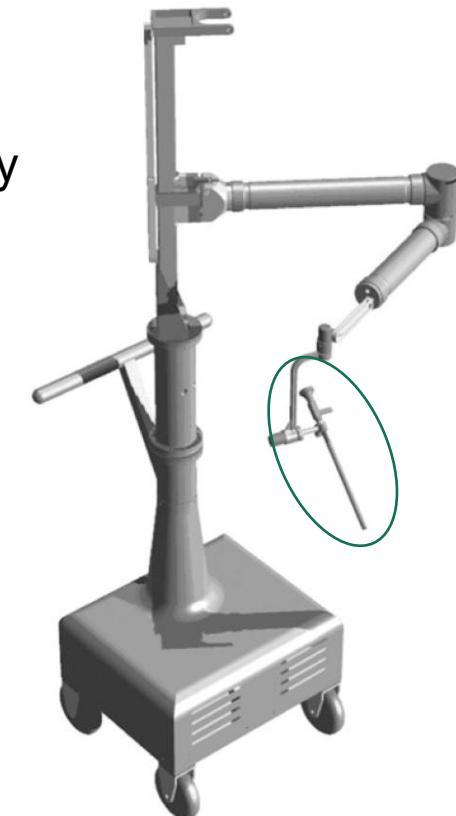
### 1.2.6. Chuỗi động, cơ cấu, lược đồ cơ cấu

❖ **Chuỗi động:** Gồm nhiều khâu nối động với nhau.

- Chuỗi động kín: Mỗi khâu được nối với ít nhất 2 khâu khác.



- Chuỗi động hở: Có khâu chỉ nối với một khâu duy nhất.



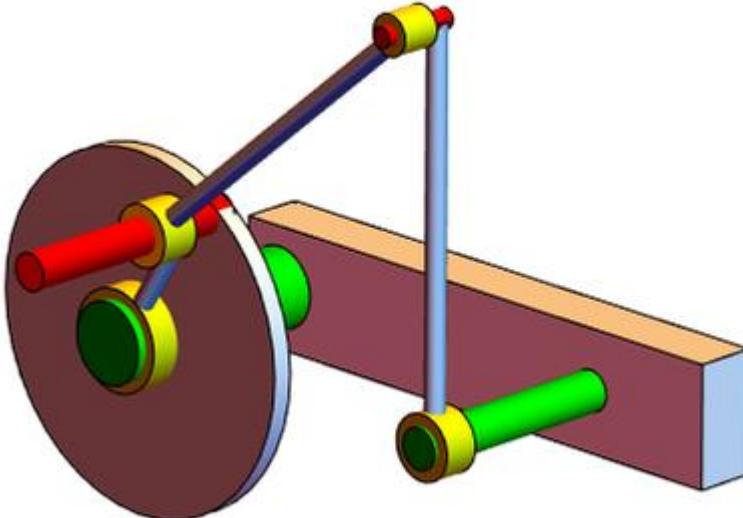
Cố định  
một khâu



## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

### 1.2.6. Chuỗi động, cơ cấu, lược đồ cơ cấu

❖ **Cơ cấu:** Là chuỗi động có một khâu cố định. Khâu cố định được gọi là giá và được gắn với một hệ quy chiếu.

- Cơ cấu phẳng: Các khâu chuyển động trong cùng một mặt phẳng hoặc trong các mặt phẳng song song với nhau.
- 

- Cơ cấu không gian: Các khâu chuyển động trong các mặt phẳng không song song với nhau.
- 

Cố định  
một khâu

Khâu

Tập hợp

Chuỗi động

Tập hợp

Cơ cấu

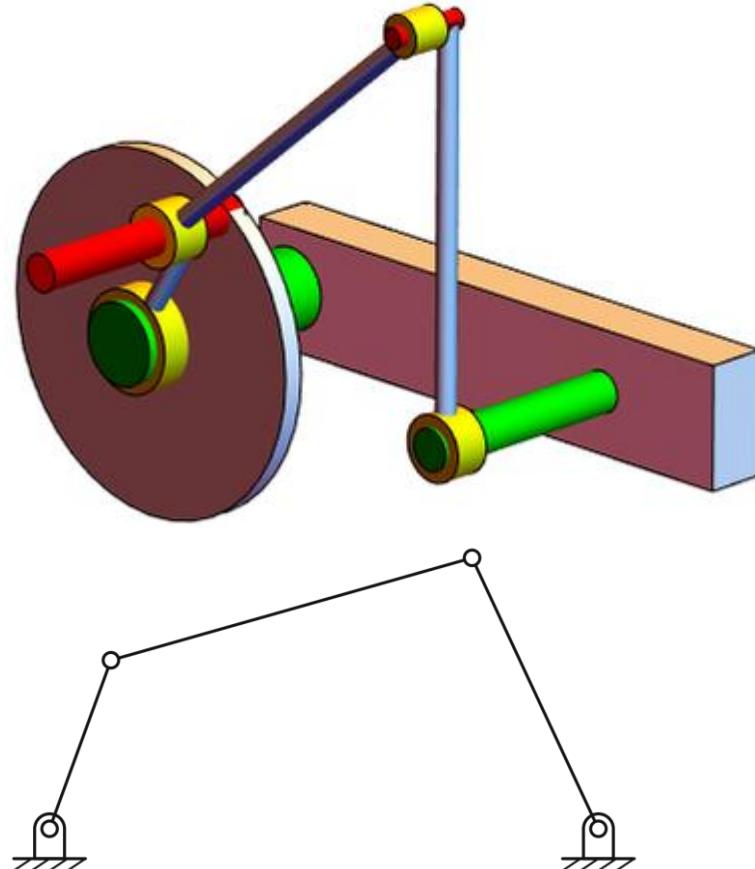
Máy

## 1.2. Các khái niệm và định nghĩa cơ bản

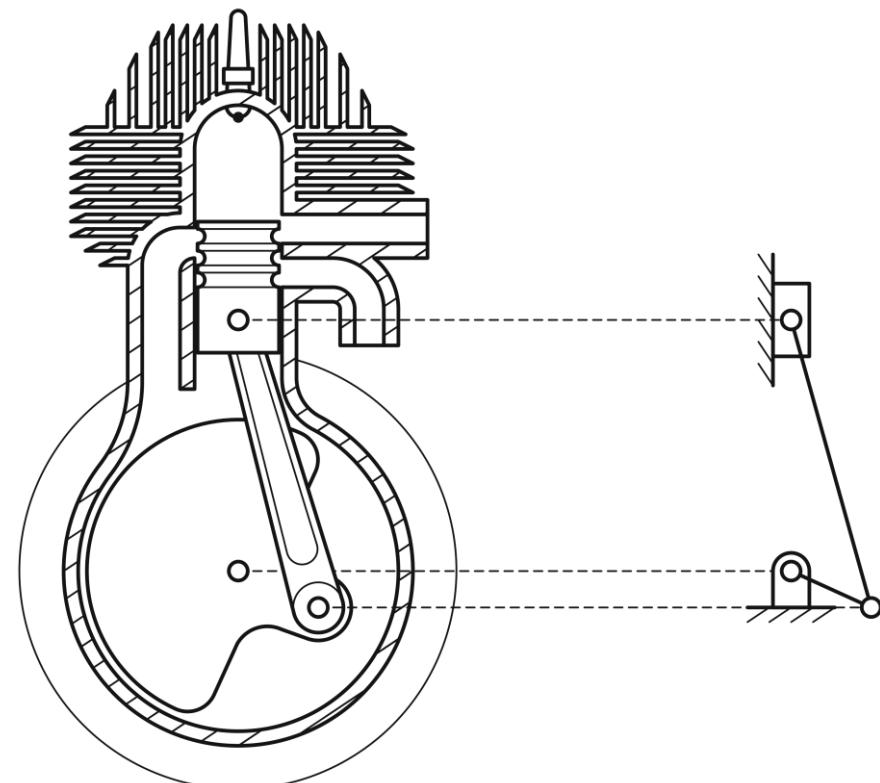
### 1.2.6. Chuỗi động, cơ cấu, lược đồ cơ cấu

❖ **Lược đồ cơ cấu:** Là sự kết hợp lược đồ khâu, khớp.

- Cơ cấu 4 khâu bắn lề



- Cơ cấu tay quay con trượt



### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.1. Tính số bậc tự do của cơ cấu

- Số BTD của cơ cấu = Tổng số BTD của khâu động – Tổng số ràng buộc của các khớp.

$$W = W_o - R$$

- Đối với cơ cấu không gian:**  $W_o = 6n$  và  $R = \sum_{k=1}^n kP_k$

Trong đó:  $W_o$  là tổng số bậc tự do của khâu động;  $n$  là tổng số khâu động (không bao gồm giá);  $R$  là tổng số ràng buộc của các khớp;  $P_k$  là khớp loại  $k$ , mỗi khớp loại  $k$  hạn chế  $k$  bậc tự do.

- Công thức tổng quát tính bậc tự do của cơ cấu:

$$W = 6n - \left( \sum_{k=1}^n kP_k - R_{th} - R_{tr} \right) - W_{th}$$

Trong đó:  $W_{th}$  là số bậc tự do thừa (BTD không có ý nghĩa đối với vị trí các khâu động trong cơ cấu);  $R_{th}$  là số ràng buộc thừa;  $R_{tr}$  là số ràng buộc trùng

### 1.3. Cơ cấu phẳng

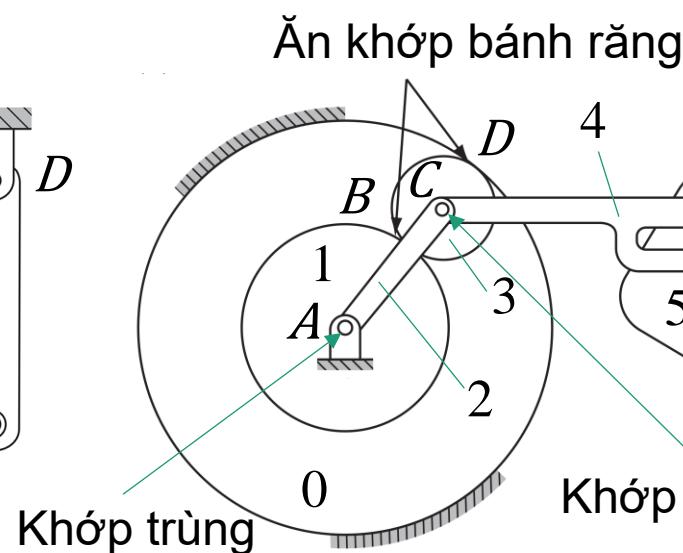
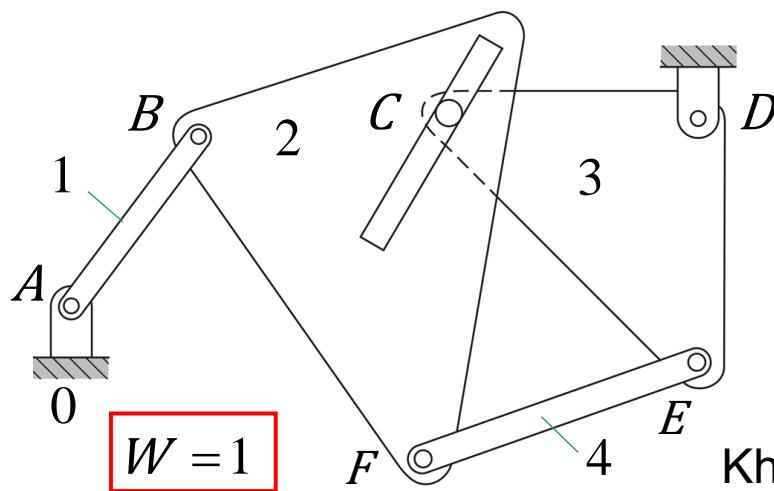
#### 1.3.1. Tính số bậc tự do của cơ cấu

- Đối với cơ cấu phẳng gồm  $T$  khớp loại thấp và  $C$  khớp loại cao thì:

- ✓ Tổng số BTD của khâu động:  $W_o = 3n$
- ✓ Tổng số ràng buộc của các khớp:  $R = 2T + C$
- ✓ Số BTD của cơ cấu: 
$$W = 3n - (2T + C)$$

**Cách tính khớp trùng nhau:**

Số khớp = số khâu (kể cả giá) - 1



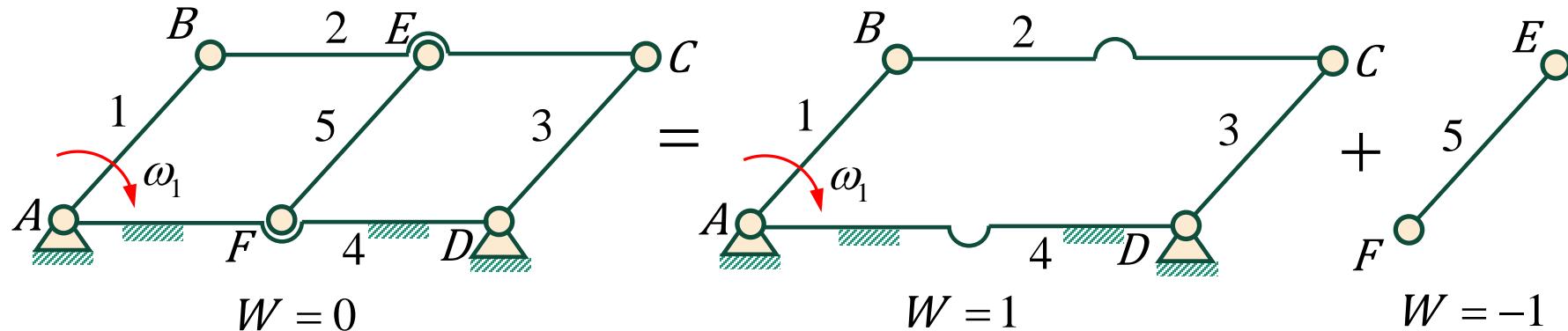
$$W = 1$$

### 1.3. Cơ cấu phẳng

$$W = 3n - (2T + C)$$

#### 1.3.1. Tính số bậc tự do của cơ cấu

- **Ràng buộc thừa**  $R_{th}$ : Xét cơ cấu hình bình hành



- ✓ Số BTD của cơ cấu:  $W = 3 \cdot 4 - (2 \cdot 6 + 0) = 0$
- ✓ Số BTD thực tế là 1 vì: Thêm khâu 5 nghĩa là thêm 3 BTD  
Thêm 2 khớp  $E, F$  nghĩa là thêm 4 ràng buộc  
 $\rightarrow$  Thừa 1 ràng buộc.

BTD thực tế của cơ cấu:  $W = 3 \cdot 4 - (2 \cdot 6 + 0 - 1) = 1$

Công thức tính BTD của cơ cấu khi có thêm ràng buộc thừa:

$$W = 3n - (2T + C - R_{th})$$

### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.1. Tính số bậc tự do của cơ cấu

- Ràng buộc trùng  $R_{tr}$ : Xét cơ cấu nêm

- ✓ Số BTD của cơ cấu:  $W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 - 0 = 0$
- ✓ Cơ cấu vẫn có khả năng chuyển động  $\Rightarrow W = 1$

Khi tháo khớp A: Khâu 2 có 1 ràng buộc:  $Q_z$

Khi thêm khớp A: Khâu 2 có 2 ràng buộc:  $T_x, Q_z$

$\rightarrow$  Ràng buộc  $Q_z$  bị trùng.

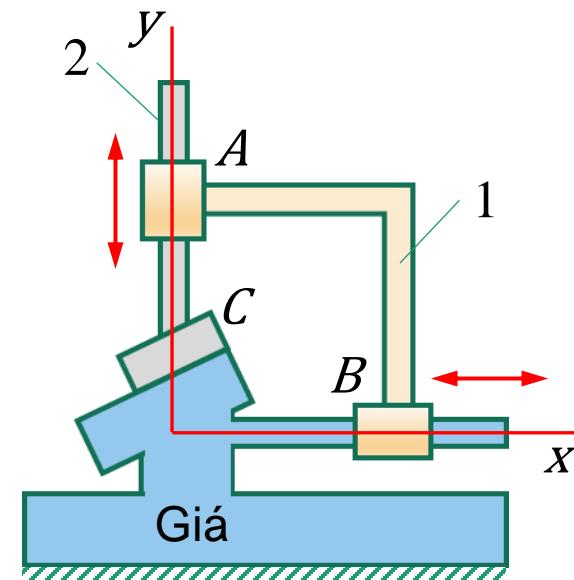
BTD thực tế của cơ cấu:

$$W = 3 \cdot 2 - (2 \cdot 3 + 0 - 0 - 1) = 1$$

*Trong tất cả các cơ cấu phẳng chỉ duy nhất cơ cấu nêm có ràng buộc trùng*

Công thức tính BTD của cơ cấu khi có thêm ràng buộc thừa, ràng buộc trùng:

$$W = 3n - (2T + C - R_{th} - R_{tr})$$



$$W = 3n - (2T + C - R_{th} - R_{tr})$$

### 1.3. Cơ cấu phẳng

$$W = 3n - (2T + C)$$

#### 1.3.1. Tính số bậc tự do của cơ cấu

- **BTD thừa**  $W_{th}$ : Xét cơ cấu cam

✓ Số BTD của cơ cấu:  $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 1 = 2$

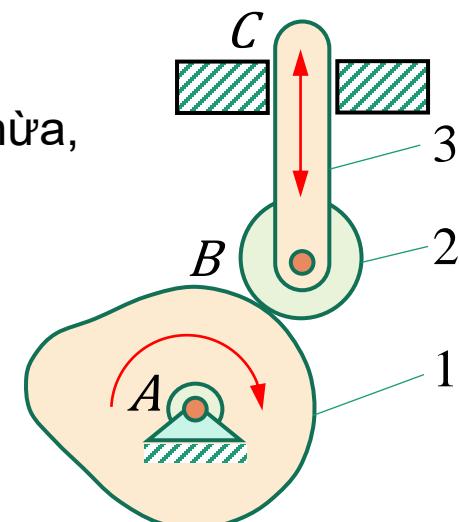
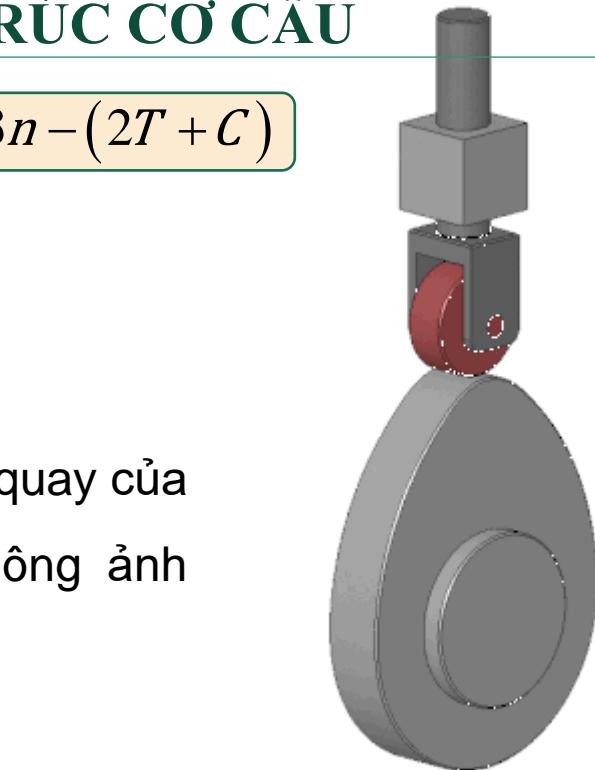
✓ Số BTD thực tế là 1. Vì khi cố định chuyển động quay của con lăn (loại bỏ 1 BTD thừa của con lăn) không ảnh hưởng đến hoạt động của cơ cấu.

→ BTD thực tế của cơ cấu:

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 1 - 1 = 1$$

Công thức tính BTD của cơ cấu khi có ràng buộc thừa, ràng buộc trùng, BTD thừa:

$$W = 3n - (2T + C - R_{th} - R_{tr}) - W_{th}$$



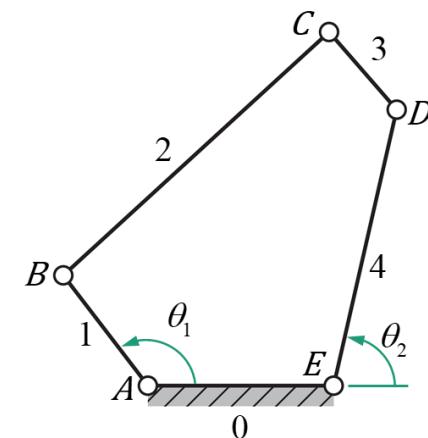
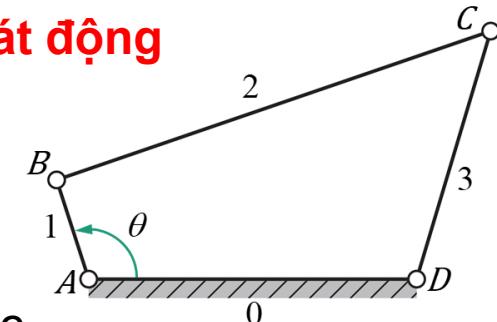
### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.2. Ý nghĩa của bậc tự do, khâu dẫn và bị dẫn, khâu phát động

- Số BTD bằng số thông số vị trí độc lập của cơ cấu  
→ Muốn xác định vị trí của cơ cấu thì phải biết BTD.
- Mỗi khâu dẫn ứng với một quy luật chuyển động cho trước  
→ Số khâu dẫn bằng số BTD. Nếu biết quy luật chuyển động khâu dẫn (biết BTD của cơ cấu) ta xác định được quy luật chuyển động của các khâu còn lại.

**Số BTD của cơ cấu = số khâu dẫn + các nhóm tĩnh định**

- Khâu có quy luật chuyển động biết trước được gọi là **khâu dẫn**, các khâu còn lại gọi là các **khâu bị dẫn**.
- Khâu phát động** là khâu nối trực tiếp với nguồn năng lượng để máy chuyển động, khâu phát động có thể trùng với khâu dẫn.



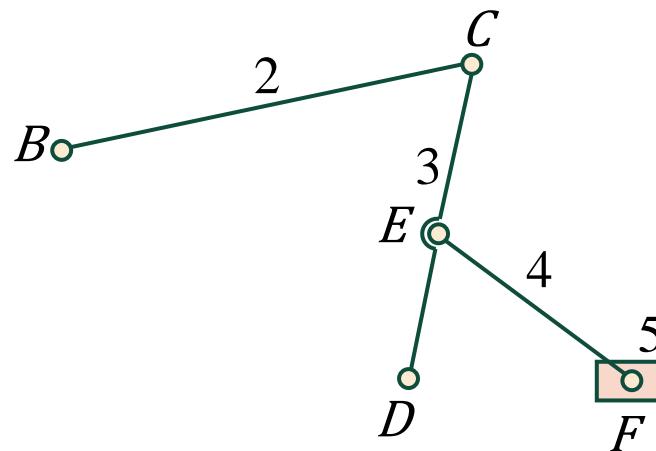
### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

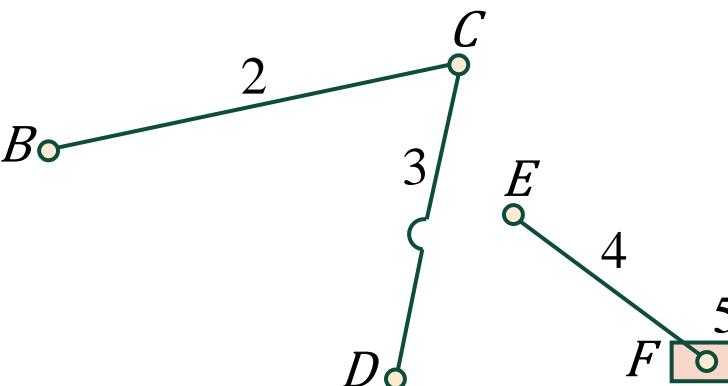
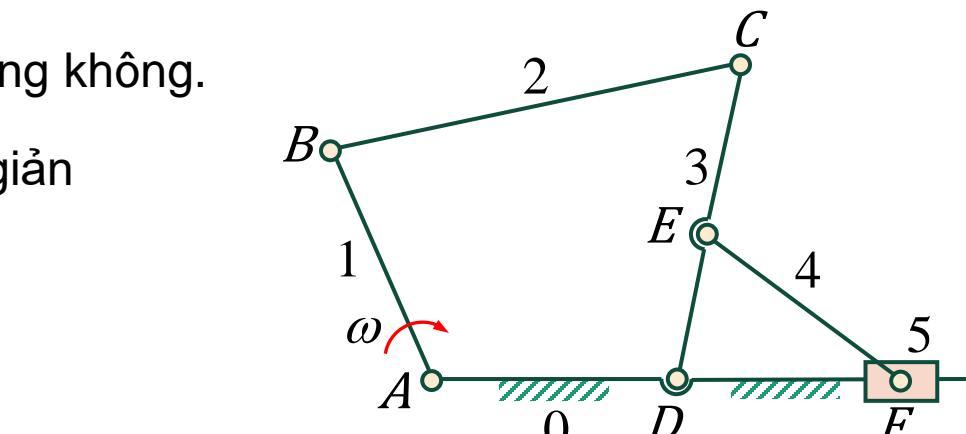
##### ❖ Nhóm At-xua

- Để phân tích cấu trúc của cơ cấu → tách cơ cấu thành các nhóm.
- Nhóm tĩnh định là nhóm có BTD bằng không.
- Nhóm At-xua là nhóm tĩnh định tối giản

$$W_{Atxua} = 3n - 2T = 0$$



Nhóm tĩnh định chưa tối giản



Nhóm tĩnh định tối giản → Nhóm At-xua

### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

- ❖ Nhóm At-xua

- **Hạng của nhóm Atxua:**

$$W_{Atxua} = 3n - 2T = 0$$

$n = 2, T = 3 \rightarrow 2$  khâu 3 khớp → hạng 2

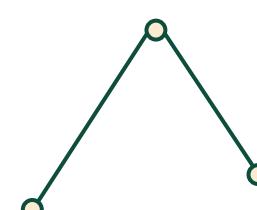
$n = 4, T = 6 \rightarrow 4$  khâu 6 khớp → hạng 3

$n = 6, T = 9 \rightarrow 6$  khâu 9 khớp → hạng 4

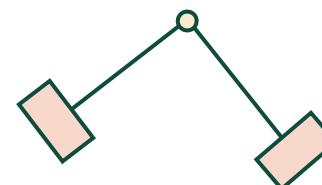
$n = 8, T = 12 \rightarrow 8$  khâu 12 khớp → hạng 5

.....

Không tồn tại nhóm tĩnh định có 2 khớp trong



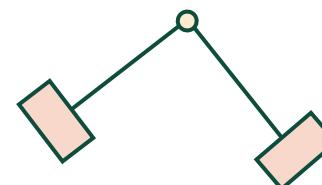
Hạng 2



Hạng 2

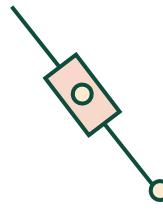


Hạng 2

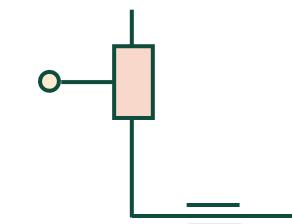


Hạng 2

Các nhóm Atxua:



Hạng 2



Hạng 2

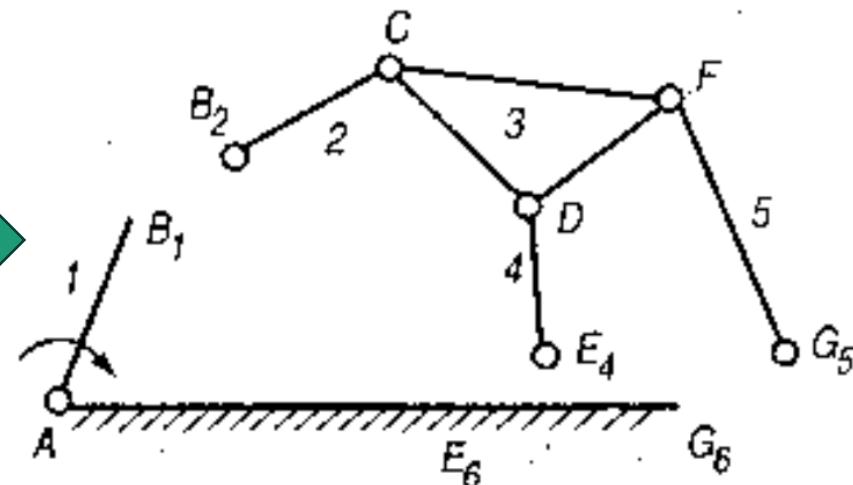
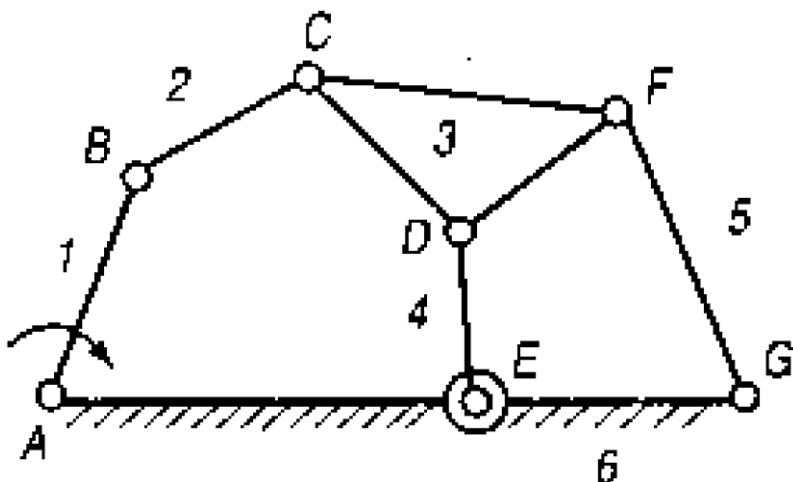
### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

##### ❖ Nhóm At-xua

- **Hạng của nhóm Atxua:**

- ✓ Ngoài các nhóm tĩnh định có 1 khớp trong, chỉ có các nhóm tĩnh định có từ 3 khớp trong trở lên.
- ✓ Nếu các khớp trong của nhóm tĩnh định tạo thành 1 đa giác, thì hạng của nhóm Atxua lấy bằng số đỉnh của đa giác.



Nhóm Atxua hạng 3

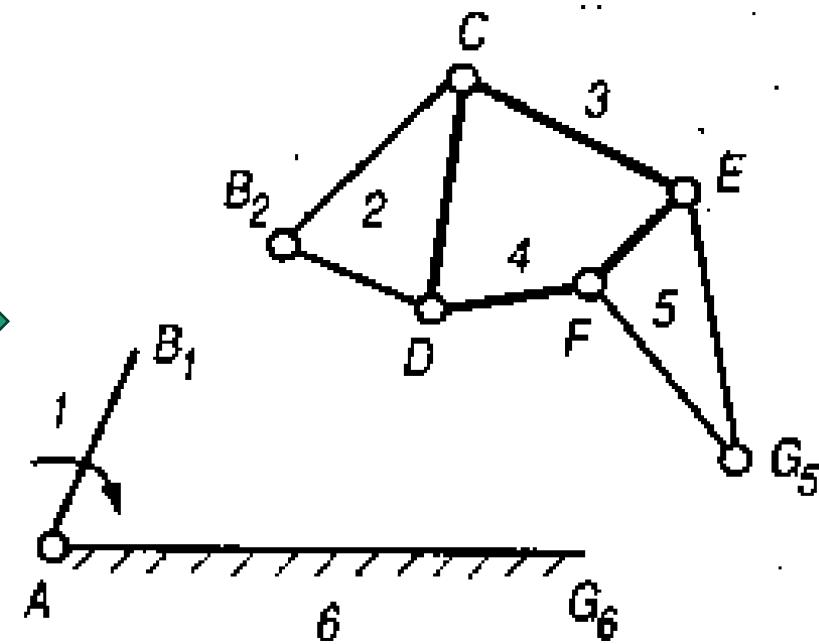
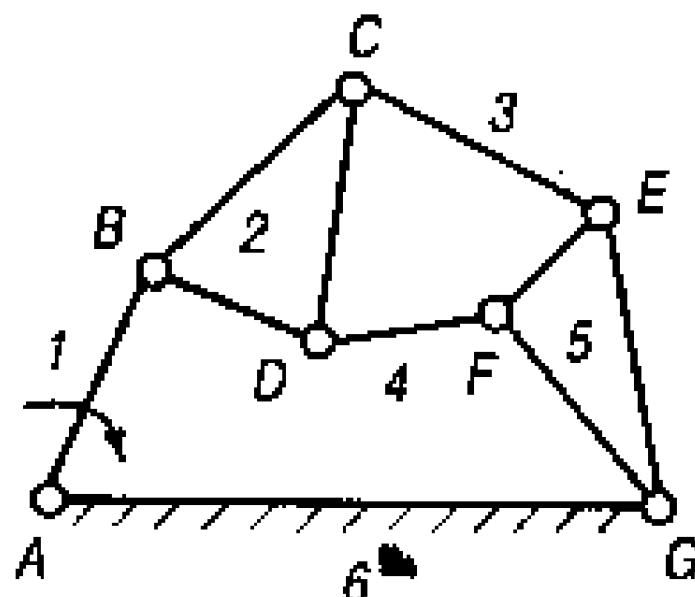
### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

##### ❖ Nhóm At-xua

- **Hạng của nhóm Atxua:**

- ✓ Nếu các khớp trong của một nhóm tĩnh định tạo thành nhiều đa giác thì hạng của nhóm lấy bằng số đỉnh của đa giác nhiều đỉnh nhất.



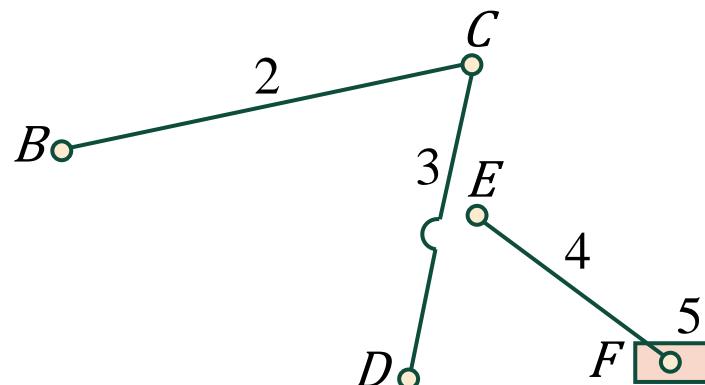
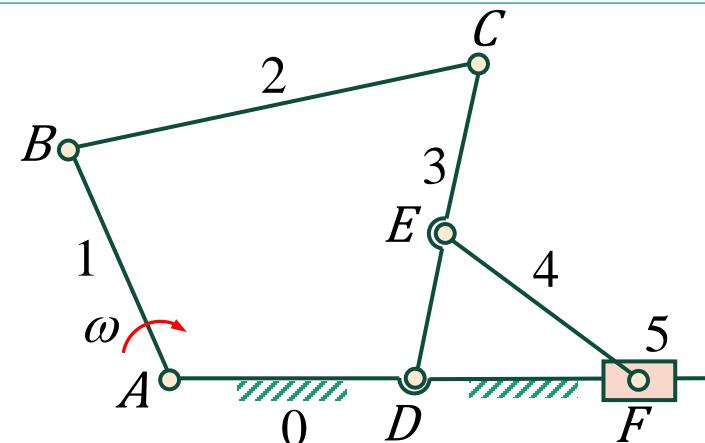
Nhóm Atxua hạng 4

### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

##### ❖ Nguyên tắc tách nhóm

- ✓ Xác định được khâu dẫn (khâu dẫn và giá không thuộc các nhóm tách).
- ✓ Thay thế khớp cao bằng khớp thấp (nếu có)
- ✓ Tách nhóm xa khâu dẫn trước.
- ✓ Tách nhóm đơn giản trước, nhóm phức tạp (nhóm hạng cao) sau.
- ✓ Số khâu và số khớp phải thỏa mãn điều kiện bậc tự do của nhóm.
- ✓ Sau khi tách, phần còn lại của cơ cấu phải là một cơ cấu hoàn chỉnh hoặc còn lại khâu dẫn nối với giá.

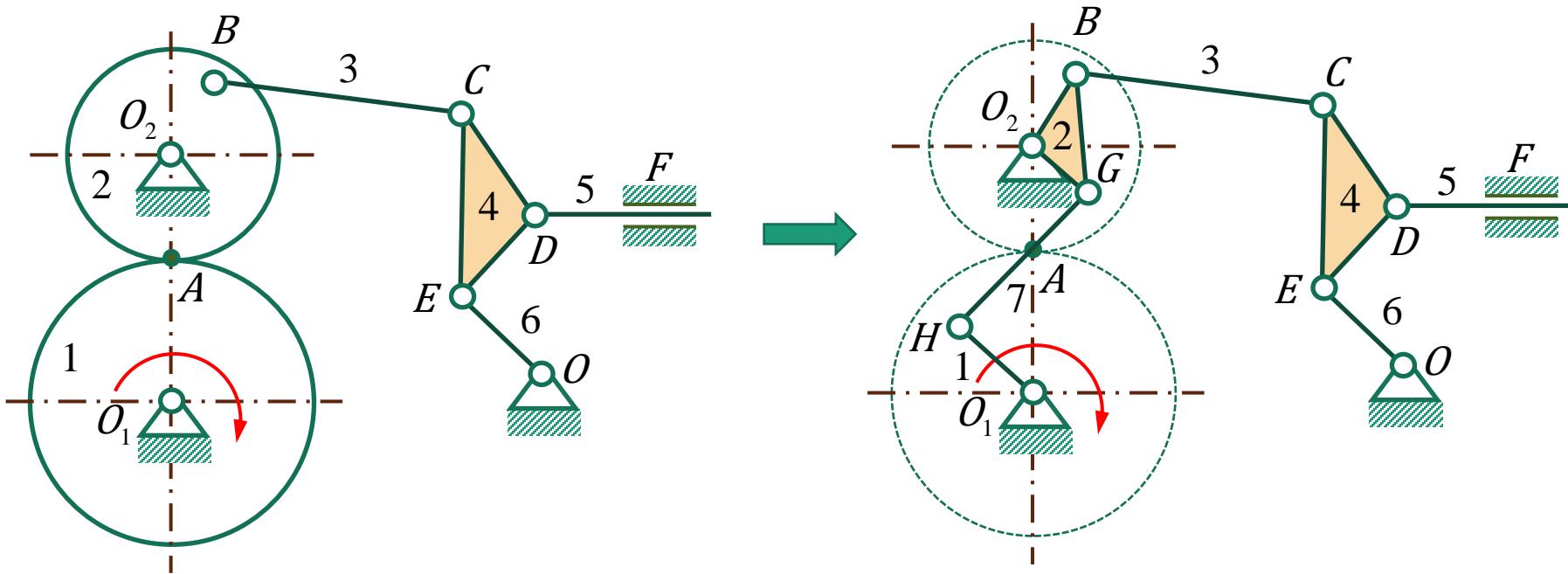


### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

##### ❖ Nguyên tắc tách nhóm

- ✓ Nếu trong cơ cấu có khớp loại cao thì phải chuyển sang khớp loại thấp theo nguyên tắc: Độ tự do của cơ cấu và quy luật chuyển động của cơ cấu phải không được thay đổi
- ✓ Ví dụ: Thay thế khớp cao A bằng khớp thấp

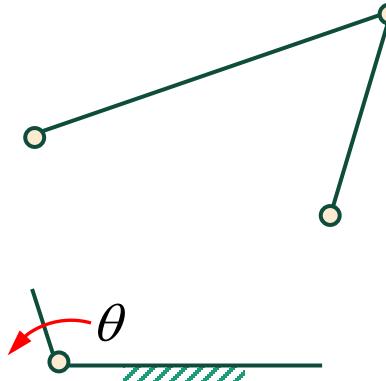


### 1.3. Cơ cấu phẳng

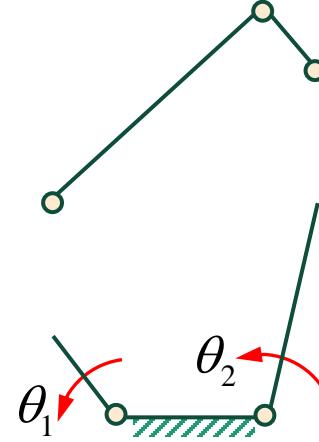
#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

##### ❖ Xếp hạng (loại) cơ cấu

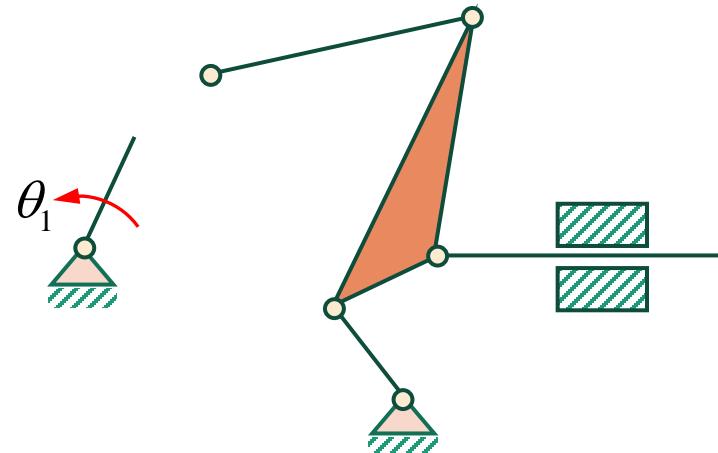
- ✓ Khâu dẫn là cơ cấu hạng 1
- ✓ Cơ cấu chỉ chứa một hạng nhóm At-xua duy nhất thì hạng cơ cấu cùng với hạng nhóm At-xua đó.
- ✓ Cơ cấu chứa nhiều hạng nhóm At-xua thì được xếp hạng theo hạng nhóm At-xua cao nhất.



Cơ cấu hạng 2



Cơ cấu hạng 2



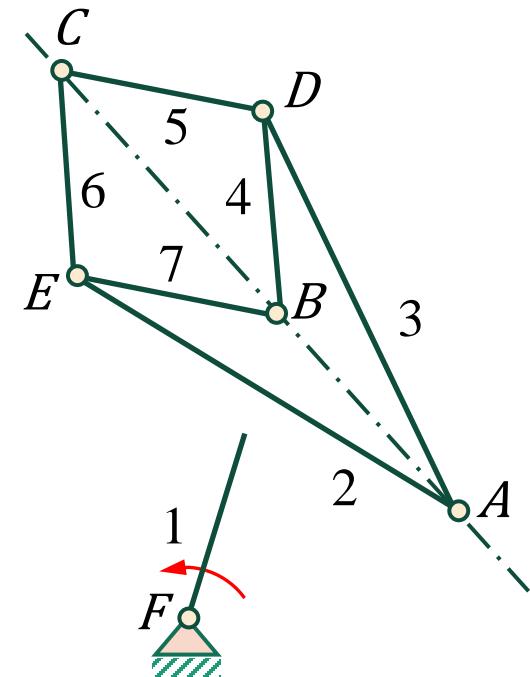
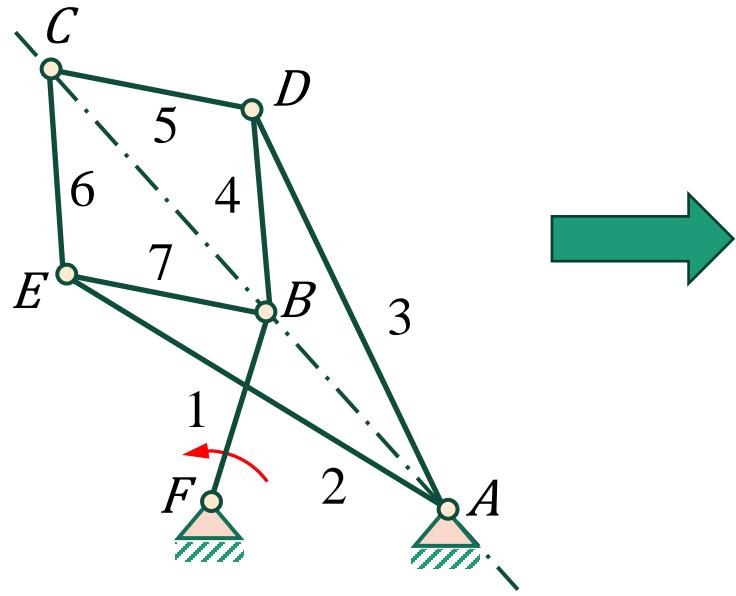
Cơ cấu hạng 3

### 1.3. Cơ cấu phẳng

#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

##### ❖ Xếp hạng (loại) cơ cấu

Số khớp trùng nhau = số khâu (kể cả giá) - 1



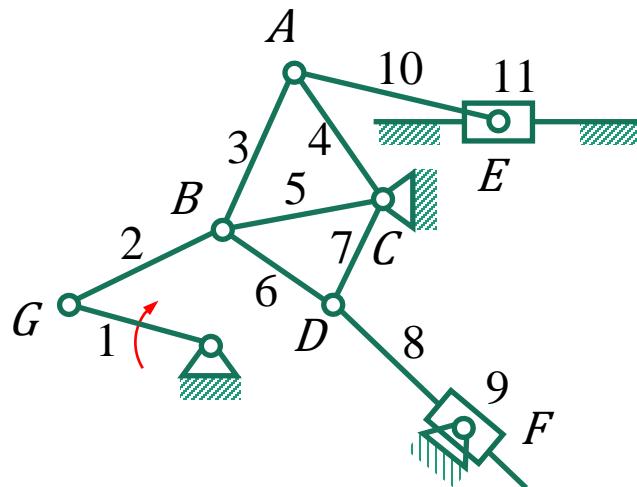
A, B, D, E có 2 khớp quay trùng nhau; Nhóm Atxua hạng 4 (6 khâu, 9 khớp) nên đây là cơ cấu hạng 4.

### 1.3. Cơ cấu phẳng

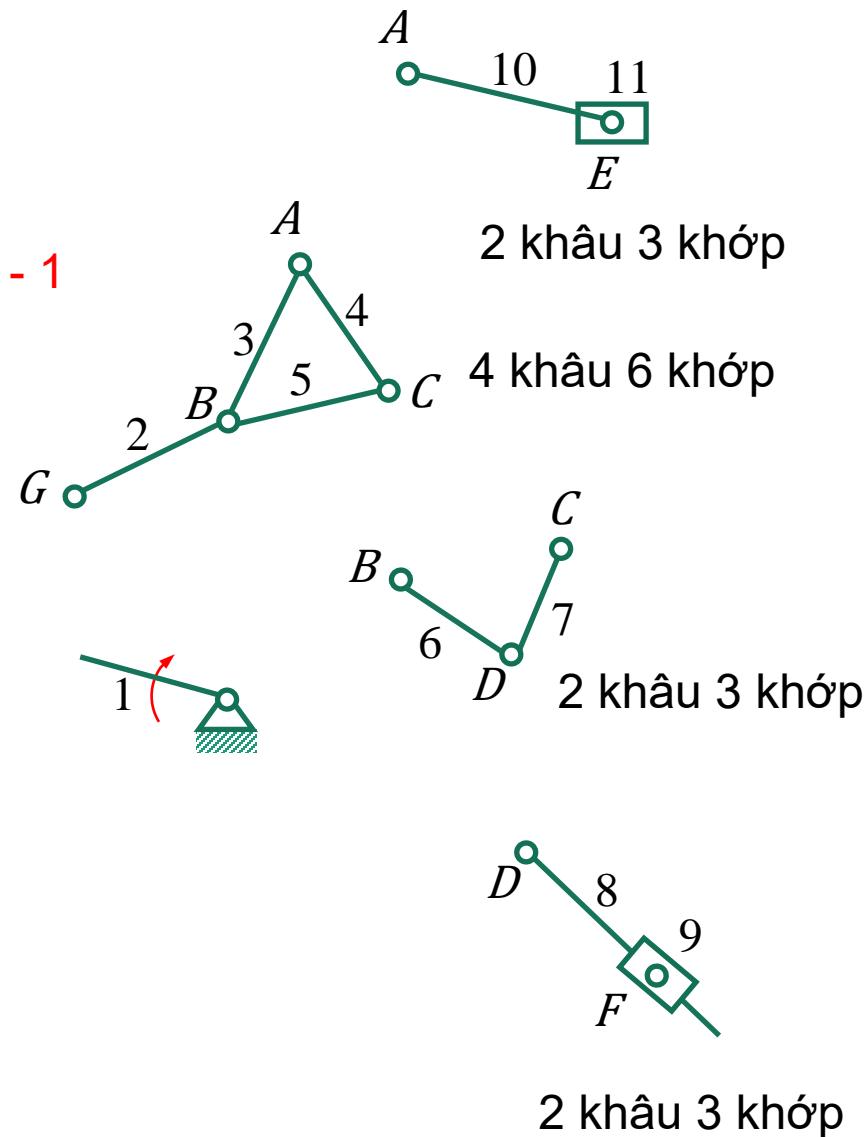
#### 1.3.3. Phân tích cấu trúc

##### ❖ Xếp hạng (loại) cơ cấu

Số khớp trùng nhau = số khâu (kể cả già) - 1



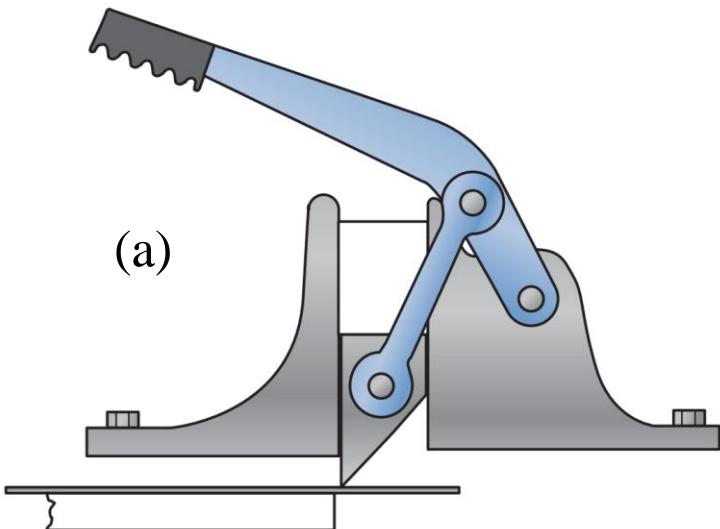
B, C có 3 khớp quay trùng nhau  
A, D có 2 khớp quay trùng nhau  
E, F có 1 khớp quay và 1 khớp tịnh tiến



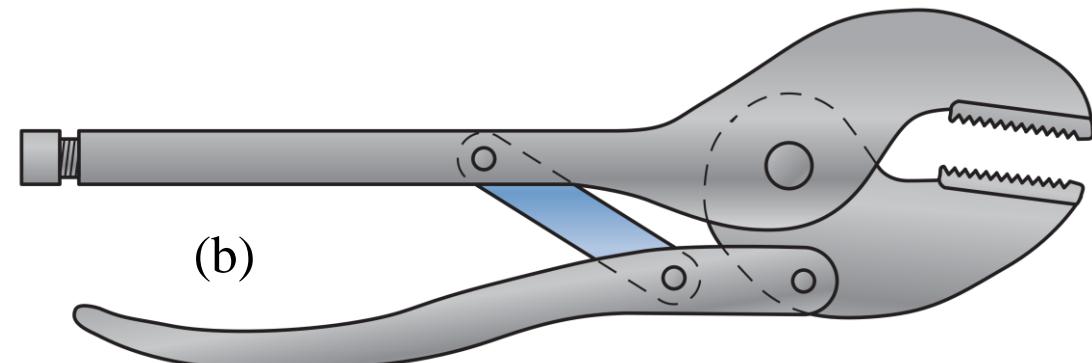
Đây là cơ cấu hạng 3

**Bài tập 1.1**

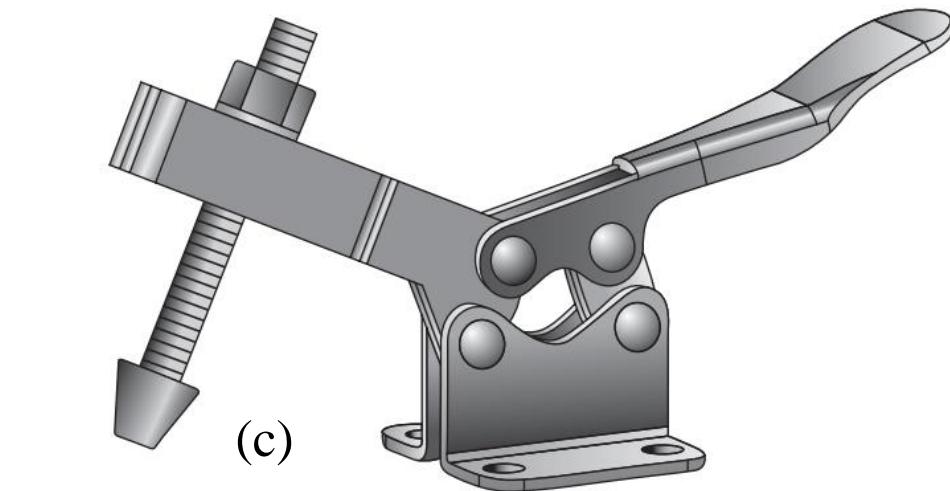
Vẽ lược đồ động và tính bậc tự do của các cấu sau.



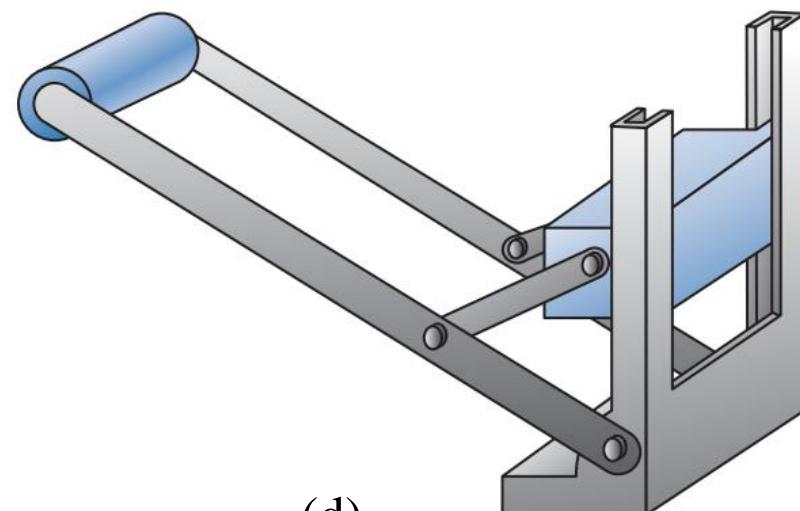
(a)



(b)



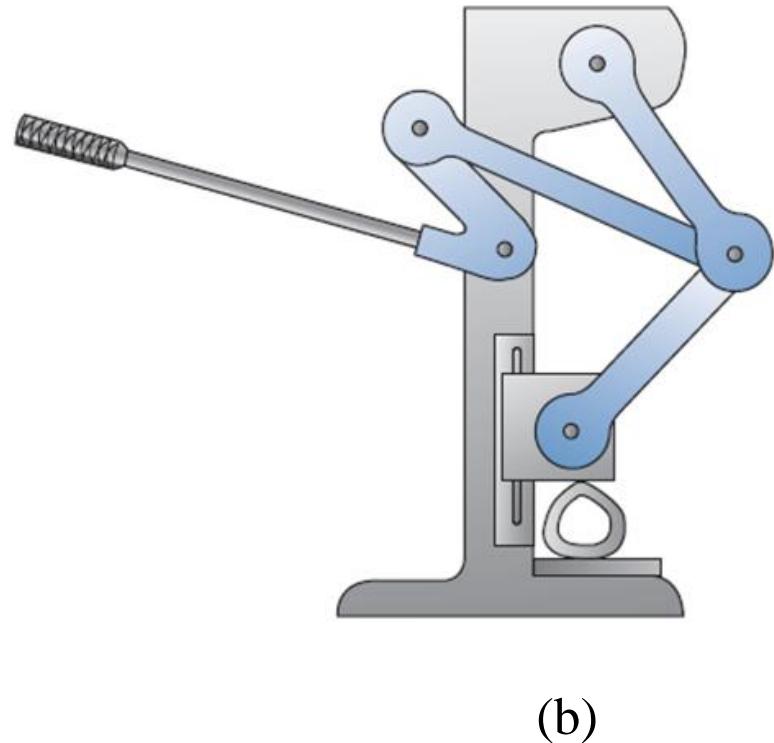
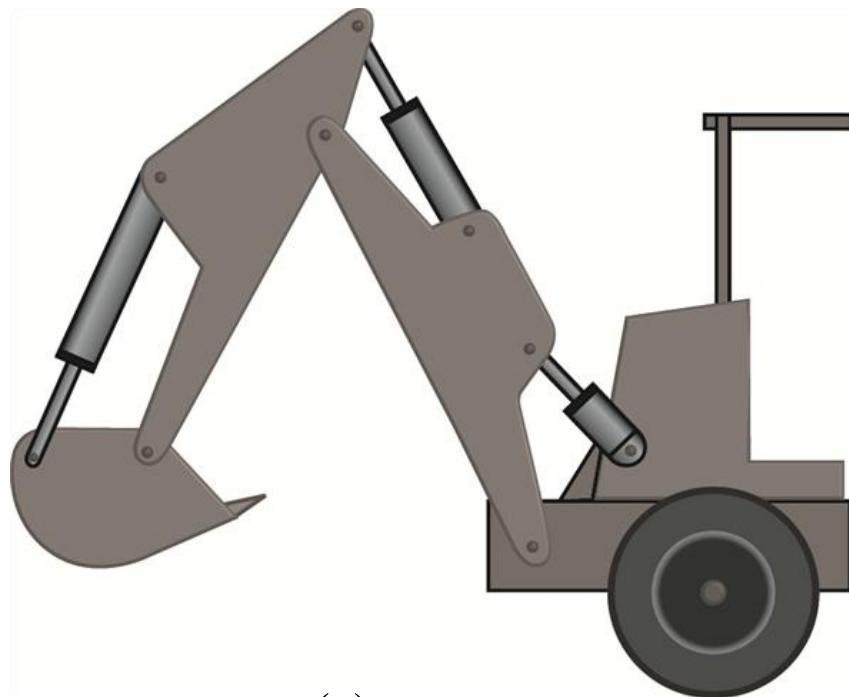
(c)



(d)

**Bài tập 1.2**

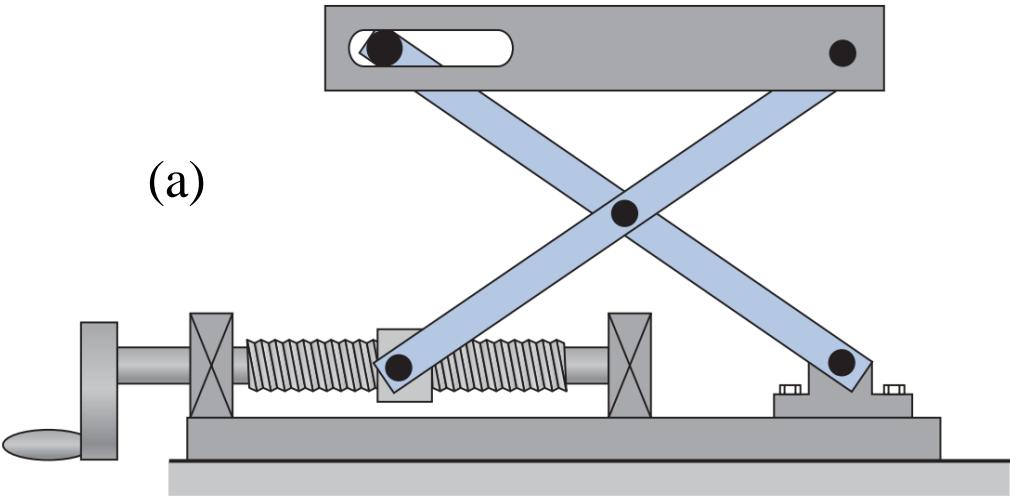
Vẽ lược đồ động và tính bậc tự do của các cấu sau.



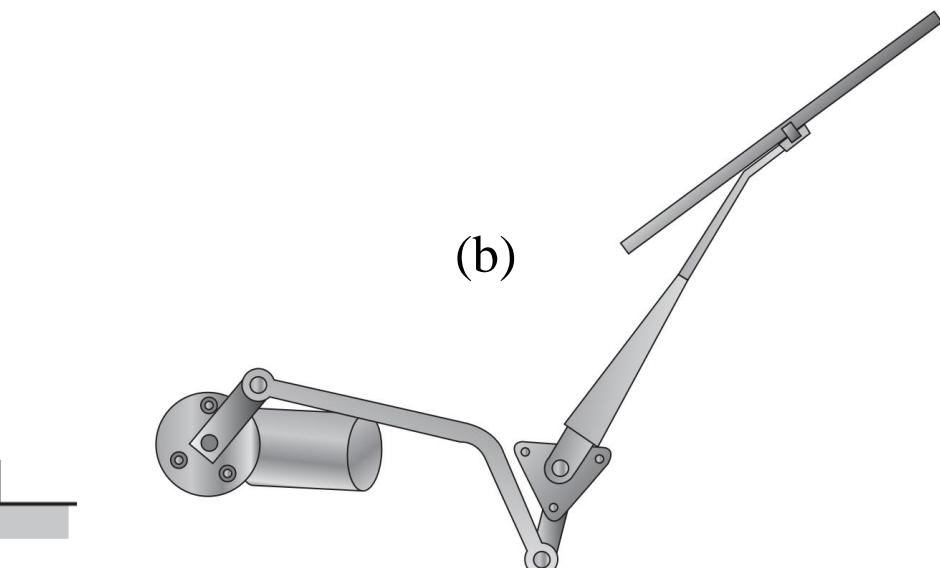
**Bài tập 1.3**

Vẽ lược đồ động và tính bậc tự do của các cấu sau.

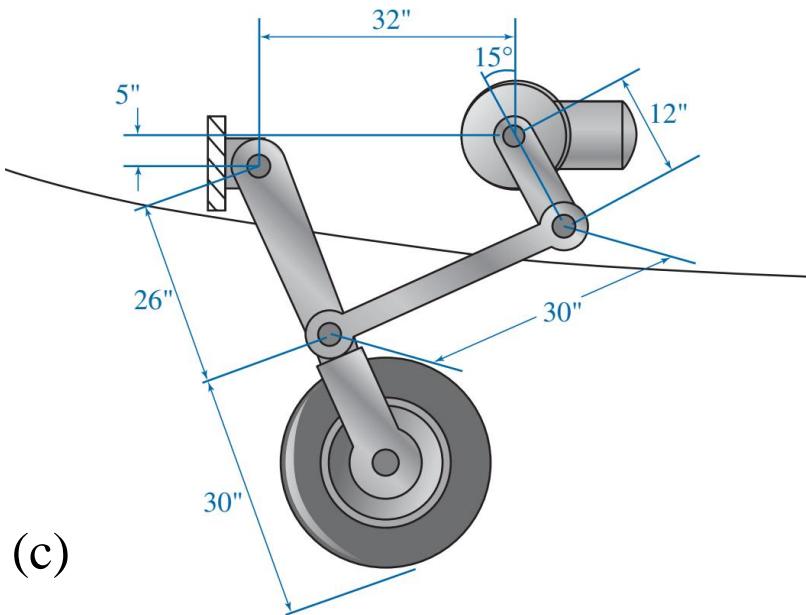
(a)



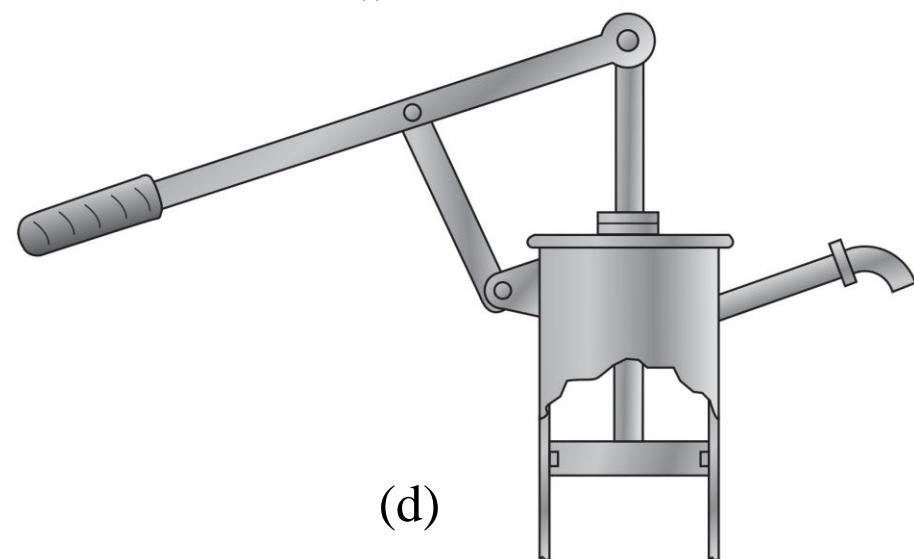
(b)



(c)

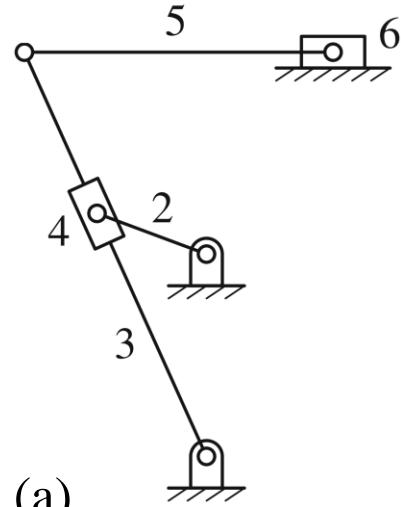


(d)

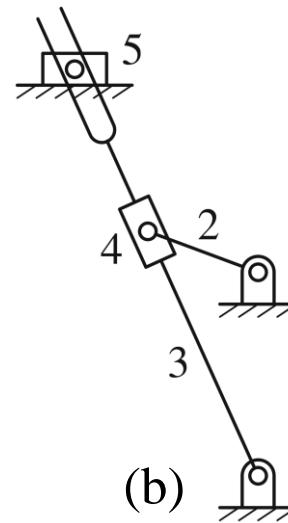


**Bài tập 1.4**

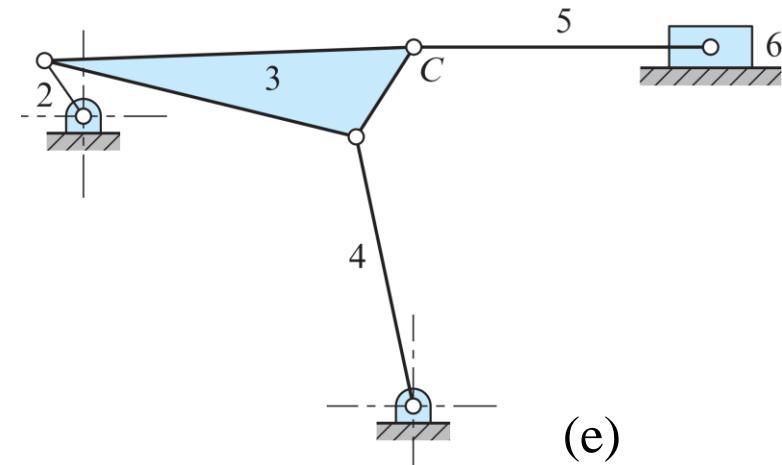
Tách nhóm và xếp hạng (phân loại) các cấu sau (khâu dẫn là khâu 2).



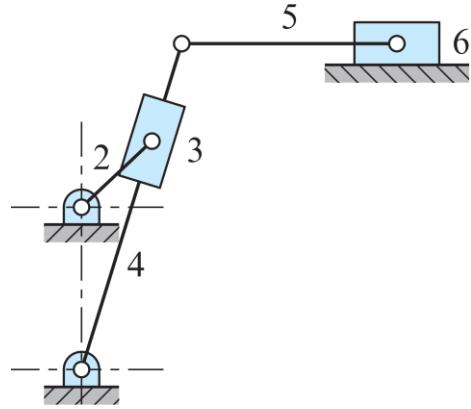
(a)



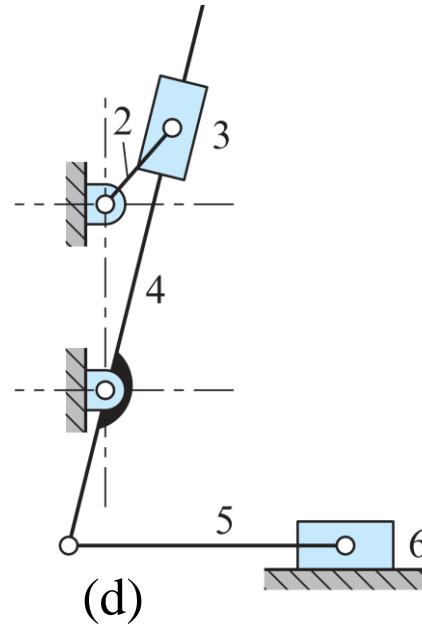
(b)



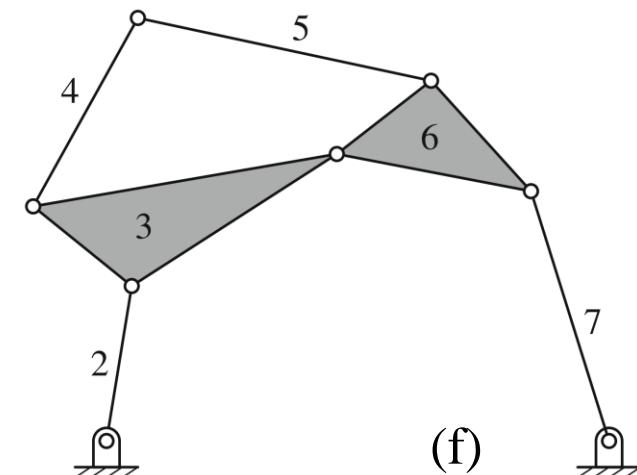
(e)



(c)



(d)



(f)