

Chương I

MỞ ĐẦU

Bài 1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐỊNH NGHĨA

Mục tiêu: - Trình bày được khái niệm về tiết máy, khâu, khớp, chuỗi động, cơ cấu và máy

- Vẽ được các lược đồ khớp, khâu, cơ cấu và đọc được một số sơ đồ động thường gặp.

I. Chi tiết máy và khâu

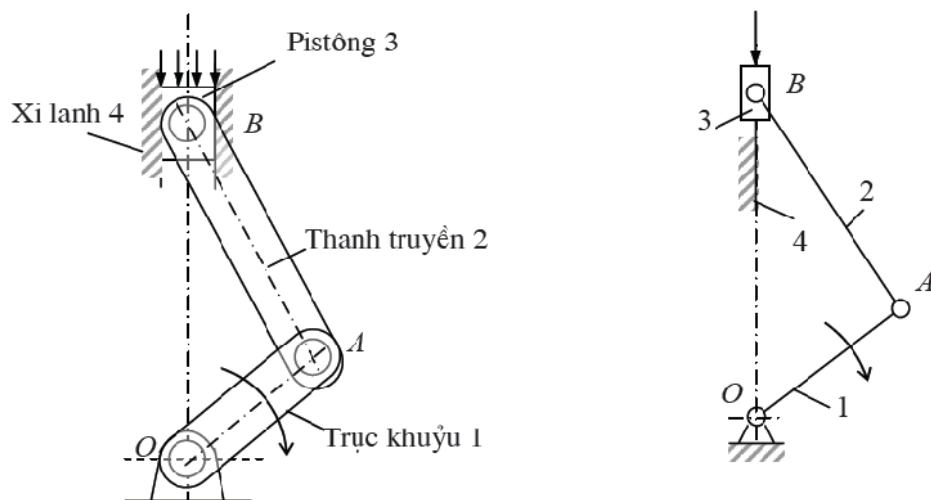
1. Chi tiết máy (tiết máy): Máy hay cơ cấu có thể tháo rời ra thành nhiều bộ phận khác nhau, bộ phận không thể tháo rời ra được nữa gọi là chi tiết máy.

Ví dụ: trục khuỷu, pitston, xilanh, bulông, đai ốc v.v...

2. Khâu: một tiết máy động hay một số tiết máy nối cứng với nhau thành một vật thể động (tức là có chuyển động tương đối so với vật thể khác) gọi là khâu động.

Khâu có thể là một vật rắn không biến dạng, vật rắn biến dạng hoặc có dạng dây dẻo. Ở đây, ta chỉ xem xét khâu như là một vật rắn không biến dạng (vật rắn tuyệt đối).

Để hiểu rõ khái niệm khâu động, ta xét ví dụ sau.



Hình 1.1 Cơ cấu tay quay con trượt

Ví dụ : xét cơ cấu tay quay con trượt OAB (Hình 1.1) có 4 khâu: Trục khuỷu (1), thanh truyền (2), pittông (3) và xi lanh (4) gắn liền với vỏ máy. Trong hệ quy chiếu gắn liền với khâu (4) (vỏ máy, xi lanh), mỗi khâu có chuyển động riêng biệt: Khâu (1) quay xung quanh tâm O, khâu (2) chuyển động song phẳng, khâu (3) chuyển động tịnh tiến, khâu (4) cố định.

Trục khuỷu là một chi tiết máy độc lập. Thanh truyền gồm nhiều chi tiết máy như thân, bạc lót, đầu to, bu lông, đai ốc v.v... ghép cứng lại với nhau nhưng cả hai đều là một khâu.

Tất cả những tiết máy cố định hợp thành một hệ thống cứng và cố định gọi là khâu cố định hay giá. Ví dụ: Thân động cơ, ổ trục khuỷu v.v...

Trong bất kỳ cơ cấu hay máy nào đều chỉ có một khâu cố định và một hay nhiều khâu động.

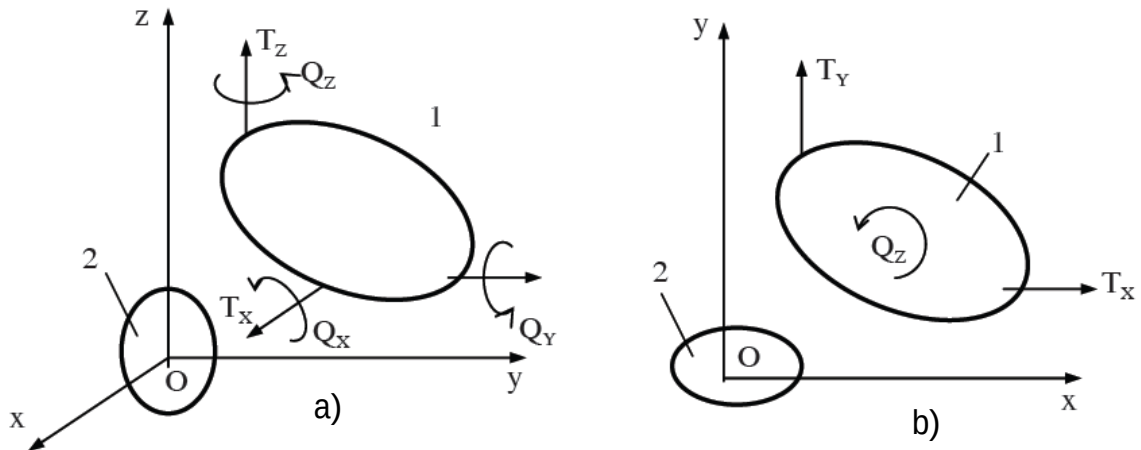
II. Nối động, thành phần khớp động và khớp động

1. Bậc tự do tương đối giữa hai khâu

+ Số bậc tự do tương đối giữa hai khâu là số khả năng chuyển động độc lập tương đối của khâu này đối với khâu kia (tức là số khả năng chuyển động độc lập của khâu này trong một hệ quy chiếu gắn liền với khâu kia).

+ Khi để rời hai khâu trong không gian, giữa chúng sẽ có 6 bậc tự do tương đối.

Trong hệ tọa độ vuông góc Oxyz gắn liền với khâu (1), thì khâu (2) có 6 khả năng chuyển động: T_x, T_y, T_z (3 chuyển động tịnh tiến dọc theo các trục Ox, Oy, Oz) và Q_x, Q_y, Q_z (3 chuyển động quay xung quanh các trục Ox, Oy, Oz). Sáu khả năng này hoàn toàn độc lập với nhau (hình 1.2).



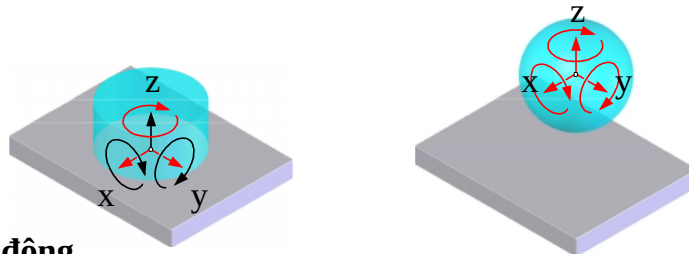
Hình 1.2 Bậc tự do tương đối giữa hai khâu

+ Tuy nhiên, khi để rời hai khâu trong mặt phẳng, số bậc tự do tương đối giữa chúng chỉ còn lại là 3: chuyển động quay Q_z xung quanh trục Oz vuông góc với mặt phẳng Oxy của hai khâu và hai chuyển động tịnh tiến T_x, T_y (hình 1.2).

+ Ngoài ra, số bậc tự do tương đối giữa hai khâu cũng chính là số thông số vị trí độc lập cần cho trước để xác định hoàn toàn vị trí của khâu này trong một hệ quy chiếu gắn liền với khâu kia.

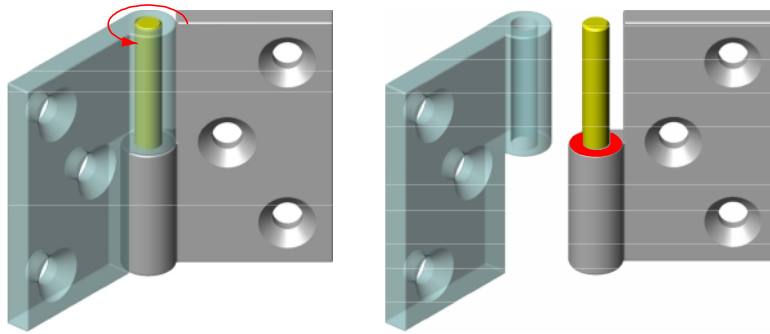
Hình 1.2 Giữa hai khâu trong mặt phẳng → 3 btd: T_x, T_y, Q_z (b)

Giữa hai khâu trong không gian → 6 btd: $T_x, T_y, T_z, Q_x, Q_y, Q_z$ (a)



2. Sự nối động

Để tạo thành cơ cấu, các khâu không thể để rời nhau mà phải được liên kết với nhau theo một quy cách xác định nào đó sao cho sau khi nối nhau các khâu vẫn còn có khả năng chuyển động tương đối gọi là sự nối động các khâu. Nối động hai khâu làm hạn chế bớt số bậc tự do tương đối giữa chúng.



Hình 1.2b

3. Thành phần khớp động, khớp động

+ Khi nối động, các khâu sẽ có thành phần tiếp xúc nhau theo điểm, đường, mặt. Toàn bộ chỗ tiếp xúc giữa hai khâu gọi là một thành phần khớp động.

+ Tập hợp hai thành phần khớp động trong một phép nối động hai khâu hình thành nên một khớp động.

III. Phân loại khớp động và lược đồ khớp

1. Phân loại khớp động

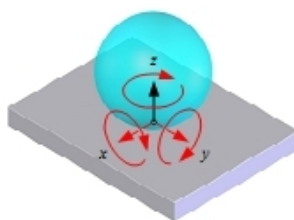
a. Theo đặc điểm tiếp xúc của hai khâu (thành phần khớp động)

- Khớp cao: nếu thành phần khớp động là các điểm hay các đường.
- Khớp thấp: nếu thành phần khớp động là các mặt.

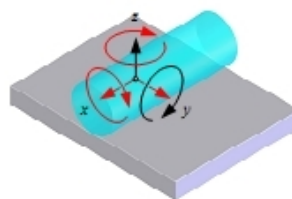
b. Theo số bậc tự do tương đối bị hạn chế (số ràng buộc của khớp)

- Ta có khớp loại 1, loại 2, loại 3, loại 4, loại 5 lần lượt hạn chế 1, 2, 3, 4, 5 bậc tự do tương đối.

- Không có khớp loại 6, vì khớp này hạn chế 6 bậc tự do tương đối giữa hai khâu, khi đó hai khâu là ghép cứng với nhau. Không có khớp loại 0, vì khi đó hai khâu để rời hoàn toàn trong không gian (liên kết tự do).



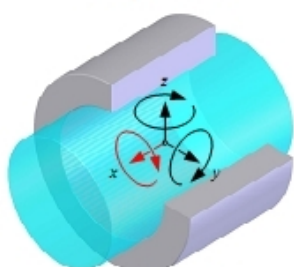
Khớp loại 1



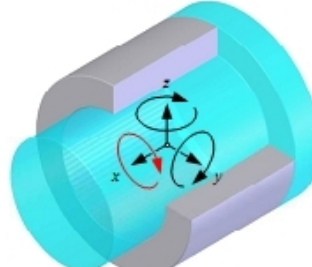
Khớp loại 2



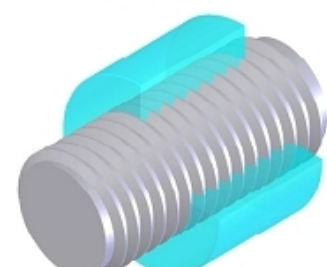
Khớp loại 3



Khớp loại 4



Khớp loại 5

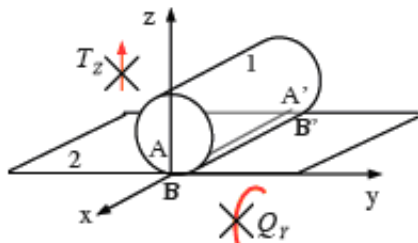


?

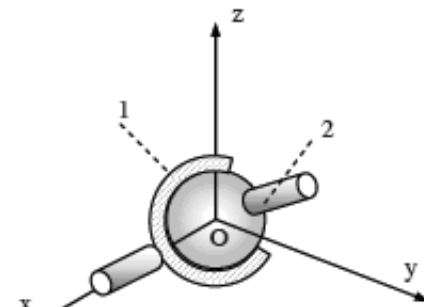
Khớp loại thấp có ưu điểm: khả năng chuyển tải lớn, lâu mòn, chịu lực lớn hơn so với khớp cao.

Khớp loại cao thực hiện được những chuyển động phức tạp hơn so với khớp loại thấp.

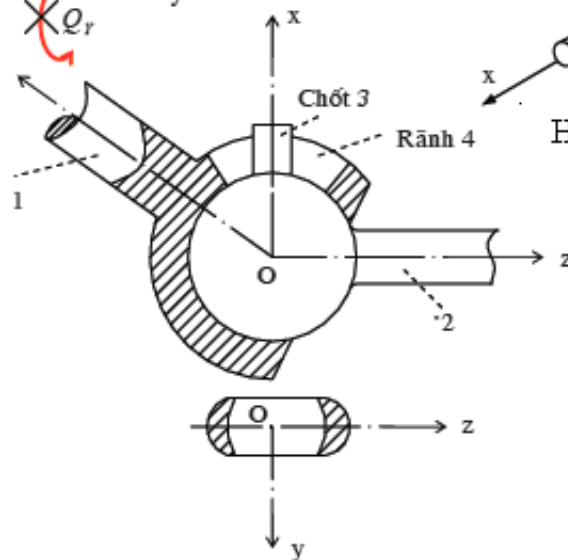
2. Ví dụ về khớp động



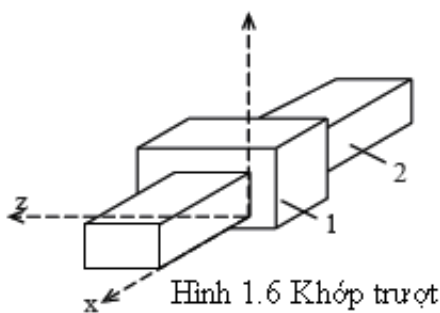
Hình 1.3



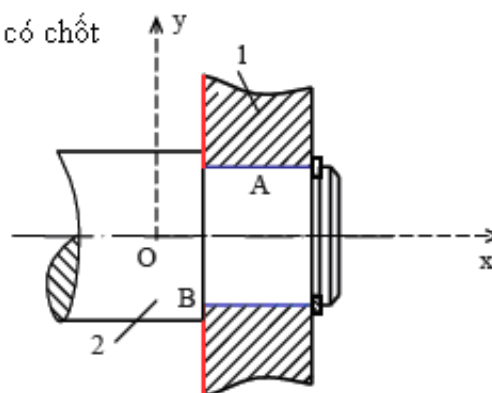
Hình 1.4 Khớp cầu



Hình 1.5 Khớp cầu có chốt



Hình 1.6 Khớp trượt



Hình 1.7 Khớp quay

a. Ví dụ 1: Cho hình trụ tròn xoay (khâu 1) tiếp xúc với tấm phẳng (khâu 2) theo một đường sinh, ta được một khớp động (hình 1.3). Số bậc tự do tương đối bị hạn chế đi là 2 (Q_Y, T_Z) $\Rightarrow$ khớp động này là khớp loại 2. Thành phần khớp động là các đường nên khớp động này là một khớp cao.

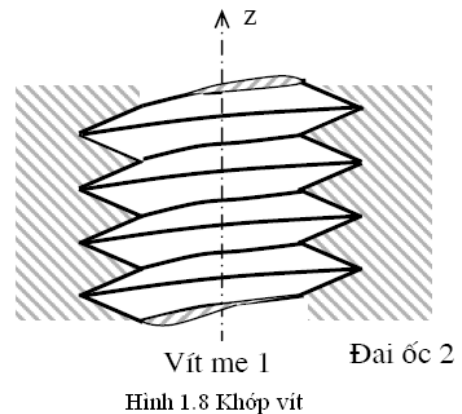
b. Ví dụ 2: Hai hình cầu tiếp xúc với nhau (hình 1.4) cho ta một khớp động. Số bậc tự do tương đối bị hạn chế đi là 3 (T_X, T_Y, T_Z), nên đây là một khớp cầu loại 3. Thành phần khớp động là các mặt cầu, do vậy khớp cầu nói trên là một khớp thấp.

c. Ví dụ 3: Khớp cầu có chốt (hình 1.5): Khác với khớp cầu loại 3 trên đây, trên khâu 2 của khớp cầu này có gắn thêm chốt 3, trên khâu 1 có xẻ rãnh 4. Khi đó, khâu hai chỉ còn hai khả năng chuyển động tương đối so với khâu 1: chuyển động quay Q_X xung quanh trục x và chuyển động quay Q_Y xung quanh trục y. Khớp này hạn chế 4 bậc tự do tương đối, do vậy là khớp loại 4. Thành phần khớp động là các mặt cầu nên đây là một khớp thấp.

d. Ví dụ 4: Khớp tịnh tiến (khớp trượt – hình 1.6): số bậc tự do tương đối bị hạn chế đi là 5 (chỉ để lại chuyển động tịnh tiến T_X) nên khớp trượt là khớp loại 5. Thành phần khớp động là các mặt phẳng, nên khớp trượt là một khớp thấp.

e. Ví dụ 5: Khớp quay (khớp bản lề – hình 1.7): số bậc tự do tương đối bị hạn chế đi là 5 (chỉ để lại chuyển động quay Q_X) nên khớp quay là một khớp loại 5. Thành phần khớp động là các mặt trụ tròn xoay A và các phần mặt phẳng B, nên đây là một khớp thấp.

f. Ví dụ 6: Khớp vít (ví dụ vít me-đai ốc – hình 1.8): khâu 1 có hai khả năng chuyển động tương đối so với khâu 2, đó là hai chuyển động T_Z và Q_Z . Tuy nhiên hai khả năng chuyển động này phụ thuộc lẫn nhau (khi giữ vít me cố định và xoay đai ốc một góc nào đó quanh trục Oz thì đai ốc sẽ tịnh tiến một khoảng xác định dọc theo trục Oz). Do vậy khớp vít là khớp loại 5. Thành phần khớp động là các mặt ren vít nên đây là một khớp thấp.



3. Lược đồ khớp

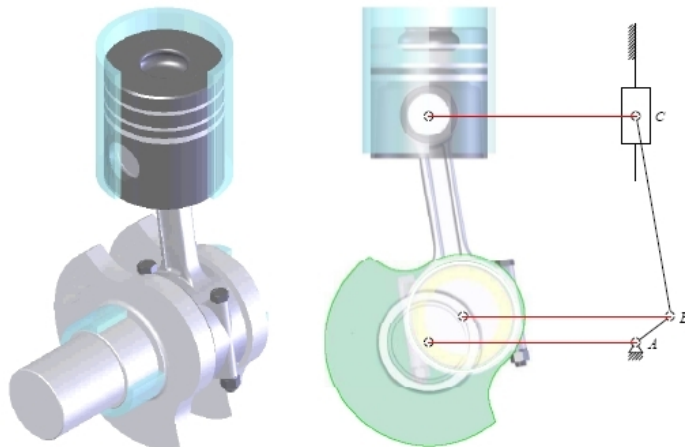
Trên thực tế, kết cấu khâu và khớp rất phức tạp. Để thuận tiện cho việc nghiên cứu các bài toán về cơ cấu, người ta biểu diễn các khớp động khác nhau bằng các lược đồ quy ước.

Lược đồ một số khớp thông dụng

Khớp cầu (khớp thấp, loại 3)	
Khớp cầu có chốt (Khớp thấp, loại 4)	
Khớp tịnh tiến (khớp thấp, loại 5)	
Khớp bản lề (khớp thấp, loại 5)	
Khớp vít (khớp thấp, loại 5)	
Khớp cao phẳng (khớp bánh răng phẳng, khớp cam phẳng...) (khớp cao, loại 4)	

4. Lược đồ khâu

- 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 động, các kích thước có ảnh hưởng đến chuyển động của khâu và chuyển động của cơ cấu.



Hình 1.9 Lược đồ khâu

IV. Chuỗi động và cơ cấu

1. Chuỗi động

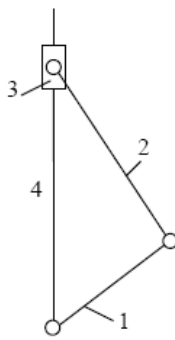
- Chuỗi động là tập hợp các khâu được nối với nhau bằng các khớp động.
- Dựa trên cấu trúc chuỗi động, ta phân chuỗi động thành hai loại: chuỗi động hở và chuỗi động kín.
 - + Chuỗi động hở: là chuỗi động trong đó các khâu chỉ được nối với một khâu khác.
 - + Chuỗi động kín là chuỗi động trong đó mỗi khâu được nối ít nhất với hai khâu khác (các khâu tạo thành các chu vi khép kín, mỗi khâu tham gia ít nhất hai khớp động).
- Dựa trên tính chất chuyển động, ta phân biệt chuỗi động không gian và chuỗi động phẳng.
- Chuỗi động không gian có các khâu chuyển động trên các mặt phẳng không song song với nhau, còn trong chuỗi động phẳng, tất cả các khâu chuyển động trên những mặt phẳng song song với nhau.

Ví dụ: chuỗi động trên hình 1.10, có 4 khâu nối nhau bằng 3 khớp quay và 1 khớp trượt, các khớp quay có đường trục song song với nhau và vuông góc với phương trượt của khớp trượt, do đó cả 4 khâu có mặt phẳng chuyển động song song với nhau. Hơn nữa mỗi khâu trong chuỗi động nối động với 2 khâu khác, nên chuỗi động nói trên là một chuỗi động phẳng kín. Tương tự, chuỗi động trên hình 1.11 cũng là chuỗi động phẳng kín.

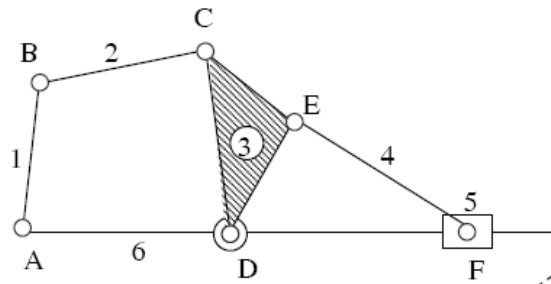
Chuỗi động trên hình 1.12 gồm 4 khâu, nối nhau bằng 3 khớp quay có đường trục vuông góc với nhau từng đôi một, do đó các khâu chuyển động trong các mặt phẳng không song song với nhau. Mặc khác, khâu 3 và khâu 4 chỉ được nối với một khâu khác nên đây là một chuỗi động không gian hở.

2. Cơ cấu

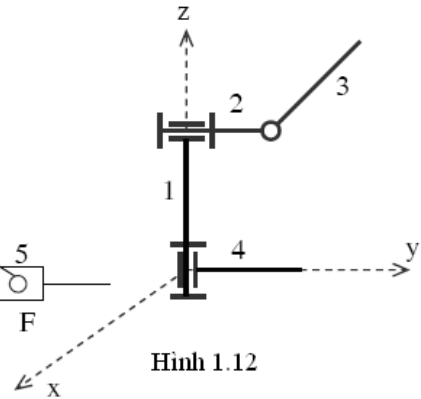
- Cơ cấu là một chuỗi động có một khâu cố định và chuyển động theo quy luật xác định. Khâu cố định được gọi là giá.
- Phân loại cơ cấu: tương tự như đối với chuỗi động, ta cũng có:
 - + Cơ cấu phẳng.
 - Ví dụ, chọn khâu 4 trong chuỗi động phẳng kín hình 1.10, khâu 6 trong chuỗi động phẳng kín hình 1.12 làm giá, ta được các cơ cấu phẳng (hình 1.13, hình 1.14).
 - + Cơ cấu không gian.
 - Ví dụ, chọn khâu 4 trong chuỗi động không gian hở hình 1.12 làm giá, ta có cơ cấu không gian (hình 1.15).
 - + Cơ cấu kín, ví dụ: hình 1.13, hình 1.14
 - + Cơ cấu hở, ví dụ: cơ cấu tay máy hình 1.15
- Các cơ cấu cũng được biểu diễn bằng các lược đồ gọi là lược đồ cơ cấu.



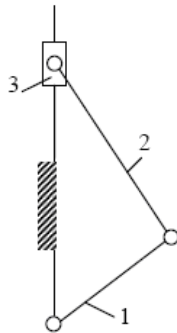
Hình 1.10



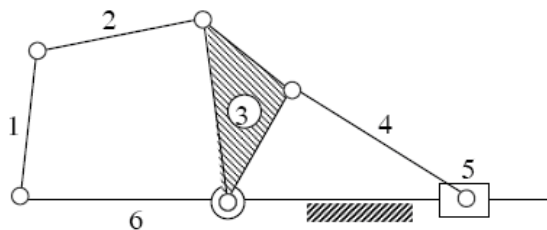
Hình 1.11



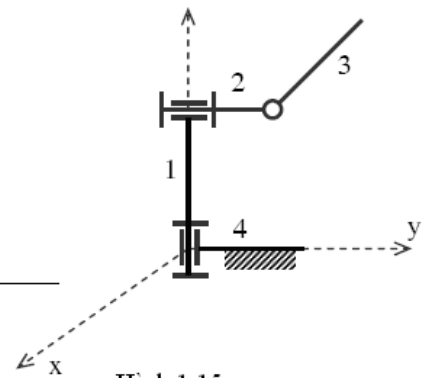
Hình 1.12



Hình 1.13



Hình 1.14



Hình 1.15

V. Máy

1. Định nghĩa: Máy là tổ hợp các vật thể liên kết với nhau, dùng để biến đổi năng lượng, biến đổi chuyển động, gia công vật liệu và xử lý các thông tin, với mục đích nâng cao năng suất, thay thế hoặc làm nhẹ bớt lao động trí óc và lao động tay chân của con người.

2. Phân loại: Máy được chia thành máy biến đổi năng lượng và máy công tác.

+ Máy biến đổi năng lượng: dùng để biến đổi năng lượng từ dạng này sang dạng khác. Loại này được chia thành hai loại: biến đổi từ các dạng năng lượng khác thành cơ năng (động cơ điện, động cơ đốt trong v.v...) và từ cơ năng thành các dạng năng lượng khác (máy phát điện, máy nén khí v.v...)

+ Máy công tác: dùng để làm nhẹ bớt hoặc thay thế sức lao động của con người. Năng lượng được truyền đến máy công tác và sinh công, làm thay đổi hình dạng, kích thước, tính chất, trạng thái, vị trí của vật được gia công, cũng như làm nhẹ bớt hoặc thay thế các hoạt động logic của con người (máy nâng chuyển, máy tính, máy gia công kim loại v.v...)

Theo phương pháp điều khiển chuyển động, máy được chia thành:

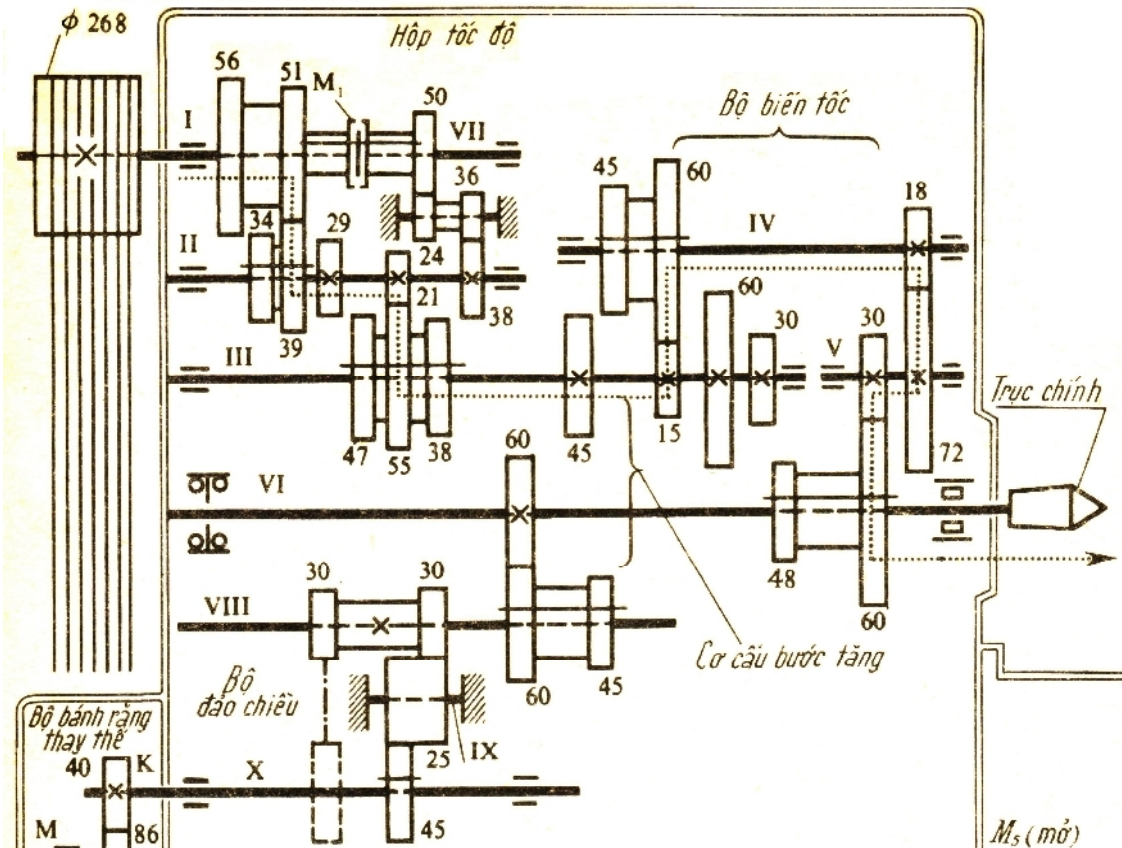
+ Máy điều khiển bằng tay: người công nhân phải trực tiếp thao tác điều khiển.

+ Máy bán tự động: một số động tác phải điều khiển bằng tay, một số động tác được tự động.

+ Máy tự động: tất cả các công việc đều được thực hiện theo chương trình định sẵn, nhờ sử dụng thiết bị điện tử đặc biệt (máy cắt kim loại điều khiển theo chương trình số, người máy công nghiệp v.v...).

VI. Sơ đồ động

Trong máy, các khâu nối động với nhau để truyền chuyển động hoặc thực hiện các quy luật truyền động nhất định. Để đơn giản, người ta quy ước cách biểu diễn truyền động của khâu bằng các sơ đồ động. Dưới đây là sơ đồ động hộp tốc độ máy tiện vạn năng 16K20./



Bài 2. BẬC TỰ DO CỦA CƠ CẤU

Mục tiêu : - Xác định được số bậc tự do của một số cơ cấu thường gặp

I. Khái niệm bậc tự do của cơ cấu

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

II. Công thức tính bậc tự do của cơ cấu không gian

- Xét cơ cấu gồm giá cố định và n khâu động, ta có:

$$W = W_0 - R \quad (2.1)$$

W_0 : bậc tự do tổng cộng của các khâu động nếu để rời.

R : số ràng buộc của tất cả khớp động trong cơ cấu (tổng số btd bị hạn chế).

W : bậc tự do của cơ cấu

1. Số bậc tự do trong cơ cấu

- Một khâu để rời trong không gian có 6 btd, do đó btd tổng cộng của n khâu động là $W_0 = 6n$

- Để tính bậc tự do của cơ cấu, cần tính R .

2. Số ràng buộc chứa trong cơ cấu R

- Khớp loại k hạn chế k bậc tự do. Nếu gọi p_k là số khớp loại k chứa trong cơ cấu thì tổng các ràng buộc do p_k khớp loại k gây nên là $(k.p_k)$. Do đó:

$$R = \sum_1^5 k.p_k \quad (2.2)$$

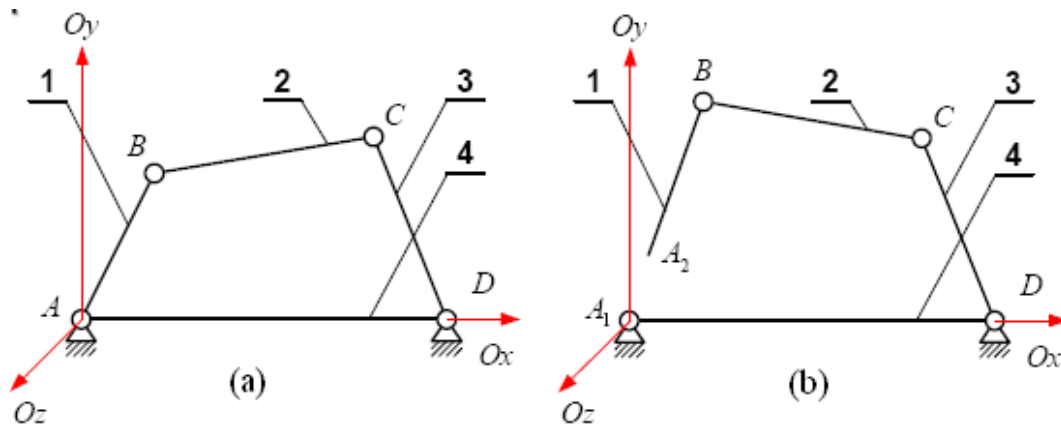
Suy ra:
$$W = 6n - \sum_1^5 k.p_k \quad (2.3)$$

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

- Đối với các cơ cấu mà lược đồ là một hay một số đa giác đóng kín, ta phải xét đến các ràng buộc trùng trong công thức tính bậc tự do. Gọi R_0 là số ràng buộc trùng.

- Tổng số ràng buộc trong cơ cấu:
$$R = \sum_1^5 k.p_k - R_0 \quad (2.4)$$

Để hiểu rõ về số ràng buộc trùng, ta xét ví dụ với cơ cấu bốn khâu bản lề sau:



Hình 2.1 Cơ cấu bốn khâu bản lề

+ Ràng buộc trực tiếp: ràng buộc giữa hai khâu do khớp nối trực tiếp giữa 2 khâu đó được gọi là ràng buộc trực tiếp.

+ Ràng buộc gián tiếp: nếu tháo khớp A (hình 2.1 b), 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) ~~Q_{Ox}~~ (5) ~~Q_{Oy}~~

=> có 3 ràng buộc trùng ($T_{Oz} - Q_{Ox} - Q_{Oy}$).

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

3. Công thức tính bậc tự do của cơ cấu không gian

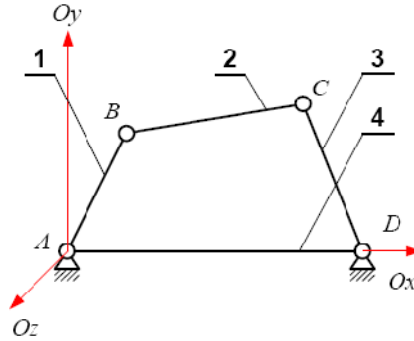
$$W = 6n - \left(\sum_{k=1}^5 k.p_k - R_0 \right) \quad (2.5)$$

Ngoài ra, trong số các bậc tự do được tính theo công thức (2.5), có thể có những bậc tự do không có ý nghĩa đối với vị trí các khâu động trong cơ cấu, nghĩa là không ảnh hưởng gì đến cấu hình của cơ cấu, ví dụ chuyển động tự quay xung quanh trục của con lăn trong cơ cấu cam – cần lắc. Các bậc tự do này gọi là bậc tự do thừa W_{th} và phải loại đi khi tính toán bậc tự do của cơ cấu.

Tóm lại, công thức tổng quát để tính bậc tự do cơ cấu không gian:

$$W = 6n - \left(\sum_{k=1}^5 k.p_k - R_0 \right) - W_{th} \quad (2.6)$$

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



Hình 2.2 Cơ cấu bốn khâu bản lề

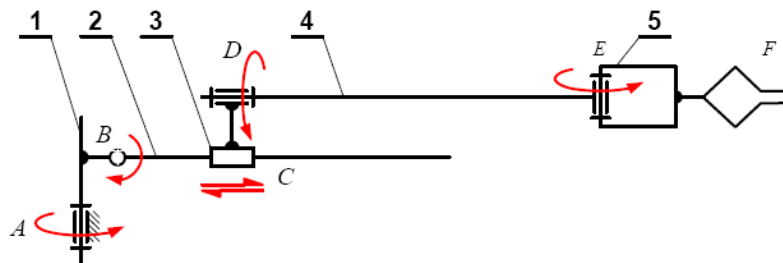
Số khâu động: $n = 3$

Số khớp loại 5: $p_5 = 4$

Số ràng buộc trùng: $R_0 = 3$

Bậc tự do của cơ cấu: $W = 6 \times 3 - (5 \times 4 - 3) = 1$ btd

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



Hình 2.3 Cơ cấu cơ cấu bàn tay máy

Số khâu động $n = 5$

Số khớp loại 5: $p_5 = 5$

Bậc tự do của cơ cấu: $W = 6 \times 5 - (5 \times 5) = 5$ btd

III. Công thức tính bậc tự do của cơ cấu phẳng

Cơ cấu phẳng là cơ cấu có các khâu được xem như nằm trên cùng một mặt phẳng (hay trên các mặt phẳng song song nhau). Xét cơ cấu phẳng gồm n khâu động nối với nhau bằng p_4 khớp loại 4 (khớp bánh răng phẳng, khớp cam phẳng) và p_5 khớp loại 5 (khớp quay, khớp tịnh tiến).

1. Số bậc tự do trong cơ cấu phẳng

Một khâu để rời có 3 btd $\Rightarrow$ btd tổng cộng của n khâu động là $W = 3n$

Để tính bậc tự do của cơ cấu, cần tính R .

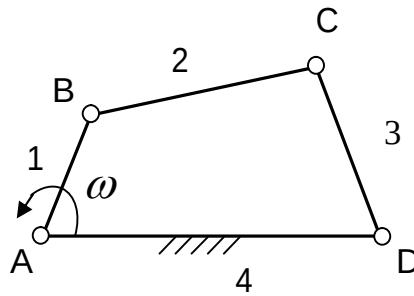
2. Số ràng buộc chứa trong cơ cấu phẳng

Khớp loại 4 chứa 1 thêm ràng buộc.

Khớp loại 5 chứa 2 thêm ràng buộc.

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

Ví dụ 1: Cơ cấu 4 khâu bản lề phẳng



Hình 2.4 Cơ cấu bốn khâu bản lề

Tổng số khâu động: $n = 3$ (1, 2, 3)

Số khớp loại 4: $p_4 = 0$

Số khớp loại 5: $p_5 = 4$

Bậc tự do của cơ cấu: $W = 3.3 - (2.4 + 0) = 1$ btd

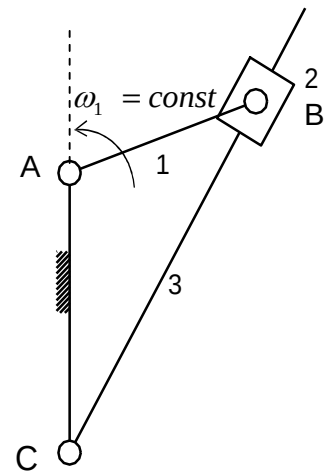
Ví dụ 2: Cơ cấu Cu-lít phẳng

$n = 3$

$p_4 = 0$

$p_5 = 4$

=> $W = 3.3 - (2.4 + 0) = 1$ btd



Hình 2.5 Cơ cấu Cu-lít

IV. Bậc tự do thừa - Ràng buộc thừa

1. Bậc tự do thừa

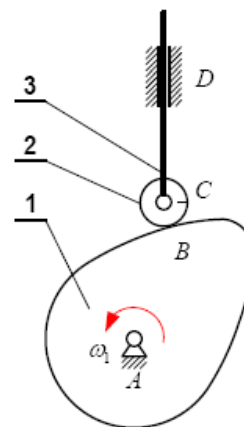
Ví dụ: Tính bậc tự do của cơ cấu cam cần đẩy đẩy con lăn.

Ta có : $n = 3$

$p_4 = 1$

$p_5 = 3$

=> $W = 3.3 - (2.3 + 1) = 2$ btd



Hình 2.6 Cơ cấu cam cần đẩy đẩy con lăn

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

- Bậc tự do thêm vào mà không làm ảnh hưởng đến chuyển động của cơ cấu gọi là btd thừa, ký hiệu là W_{th} .

$$\text{Suy ra: } W = 3n - (2p_5 + p_4) - W_{th}$$

- Trở lại cơ cấu cam ở trên: $W = 3 \times 3 - (2 \times 3 + 1) - 1 = 1$ btd

2. Ràng buộc thừa

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

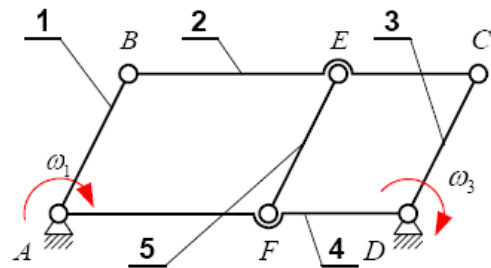
Ta có:

$$n = 4$$

$$p_4 = 0$$

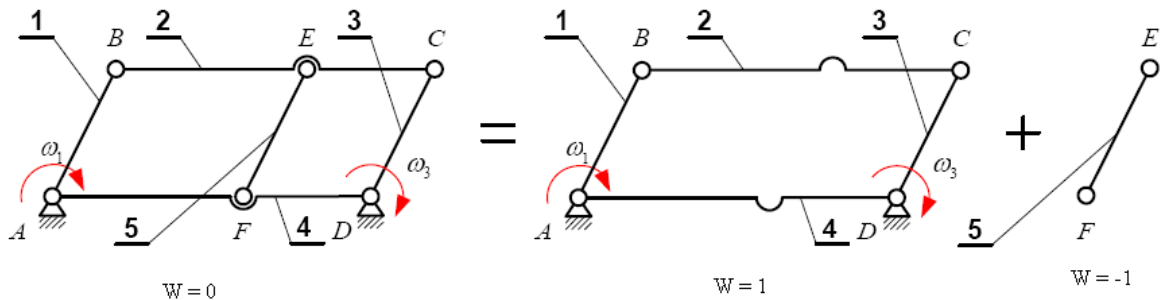
$$p_5 = 6$$

$$\Rightarrow W = 3 \times 4 - (2 \times 6 + 0) = 0 \text{ btd}$$



Hình 2.7 Cơ cấu hình bình hành

- Ở đây, ta cần chú ý khâu 5 không có tác dụng gì trong chuyển động của cơ cấu ABCD. Nếu bỏ khâu 5 ra, cơ cấu trở thành cơ cấu 4 khâu bản lề với btd bằng 1.



- Khi thêm khâu 5 và 2 khớp E, F vào, điều này có nghĩa:

+ Thêm khâu 5 (EF) $\Rightarrow$ thêm 3 bậc tự do

+ Thêm 2 khớp loại 5 (E, F) $\Rightarrow$ thêm 4 ràng buộc

Do đó, thừa ra một 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, thì $r = 1$:

$$\Rightarrow W = 3 \times 4 - (2 \times 6 - 1) = 1 \text{ btd}$$

Tóm lại, công thức tính bậc tự do:

+ Cơ cấu không gian

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

+ Cơ cấu phẳng

$$W = 3n - (2p_5 + p_4 - r) - W_{th}$$

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

W_{th} : số btd thừa

V. Ý nghĩa bậc tự do cơ cấu - Khâu dẫn và khâu bị dẫn

- Bậc tự do của cơ cấu là số thông số độc lập cần thiết để xác định vị trí của cơ cấu. Các thông số này trước hết xác định vị trí của một số khâu, từ đó tìm ra vị trí của các khâu còn lại trong cơ cấu.

- Cho các thông số xác định vị trí biến thiên theo thời gian nghĩa là cho cơ cấu một quy luật chuyển động từ bên ngoài. Khâu nhận quy luật chuyển động này gọi là khâu dẫn. Thông thường khâu dẫn nối với khâu cố định bằng một khớp loại 5 (khớp quay). Nói chung, cơ cấu có bao nhiêu bậc tự do, sẽ có bấy nhiêu khâu dẫn.

- Ngoài giá và khâu dẫn ra, các khâu còn lại được gọi là khâu bị dẫn.

- Khái niệm khâu dẫn, khâu bị dẫn không có ý nghĩa đối với các cơ cấu rôbốt. Trong các cơ cấu này, không có khâu nào mà chuyển động hoàn toàn phụ thuộc vào chuyển động của một hay một số khâu khác, chuyển động của mỗi khâu được điều khiển bằng một kích hoạt riêng biệt.

VI. Nguyên lý tạo cơ cấu

Mọi cơ cấu được tạo thành bằng cách nối khâu dẫn với những chuỗi động có bậc tự do bằng không với khâu cố định (giá).

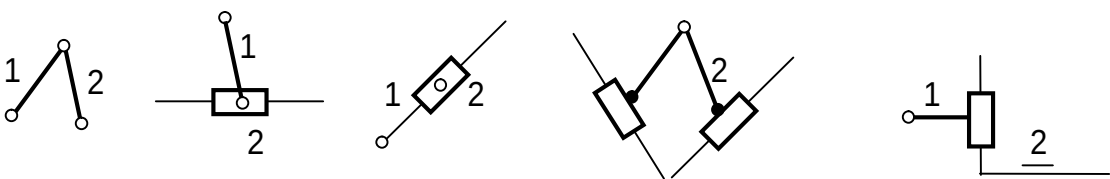
Hay nói cách khác, một cơ cấu có W btd là cơ cấu được tạo thành bởi W khâu dẫn và những nhóm có btd bằng không.

$$W = W + (0 + \dots + 0)$$

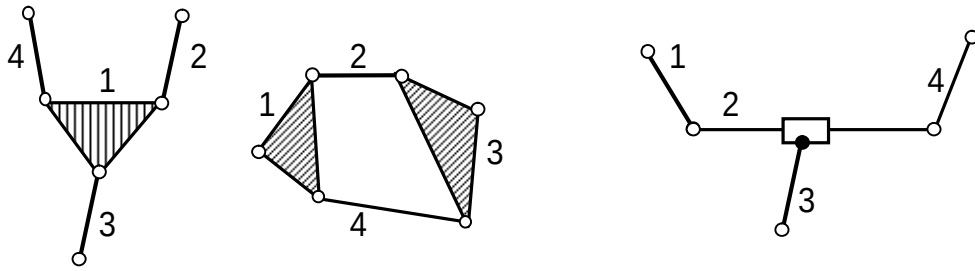
Do số khâu, số khớp phải là số nguyên dương, nên ta có các nhóm sau:

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

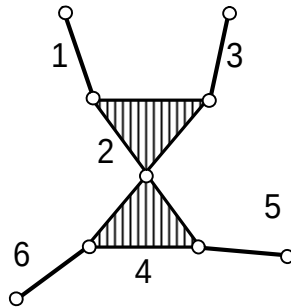
* Nhóm 2 khâu 3 khớp:



* Nhóm 4 khâu 6 khớp:



* Nhóm 6 khâu 9 khớp:



CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu định nghĩa về tiết máy và khâu.
2. Trình bày các loại khớp động.
3. Phân loại chuỗi động.
4. Nêu định nghĩa về cơ cấu và máy. Thế nào là khâu dẫn và khâu bị dẫn?
5. Trình bày lược đồ quy ước đơn giản vài loại khớp động đã học.
6. Thế nào là sơ đồ động?
7. Nêu định nghĩa về bậc tự do của cơ cấu
8. Viết và giải thích công thức tính số bậc tự do của cơ cấu phẳng.
9. Tính số bậc tự do của cơ cấu tay quay con trượt. Cơ cấu cam và cơ cấu culit