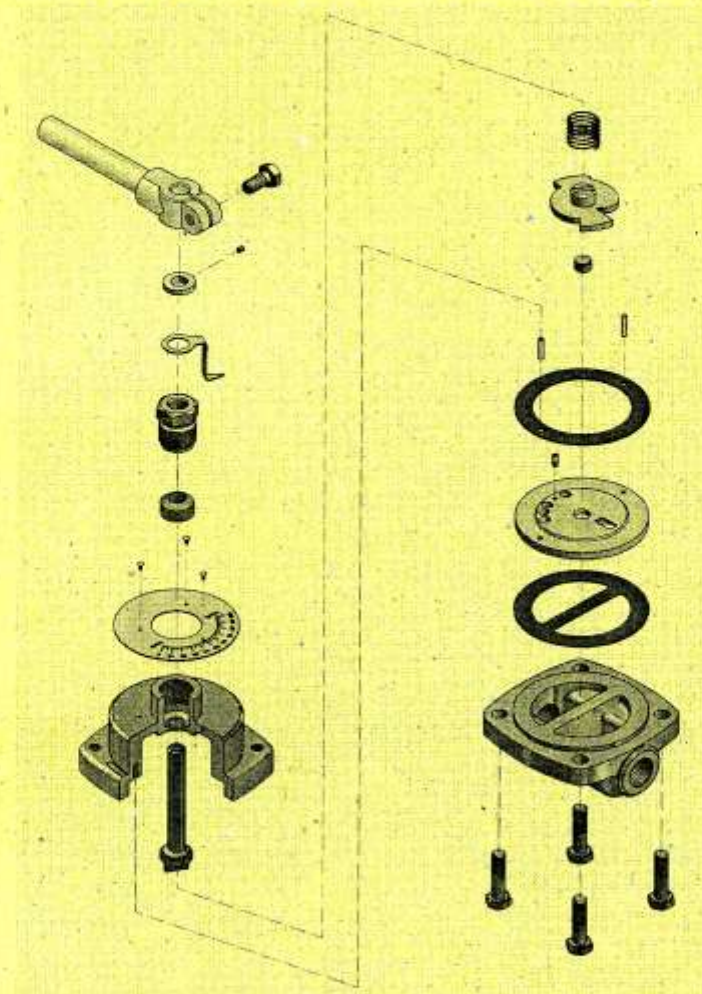


BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM
TT CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ
✎✎✎

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC NGUYÊN LÝ MÁY

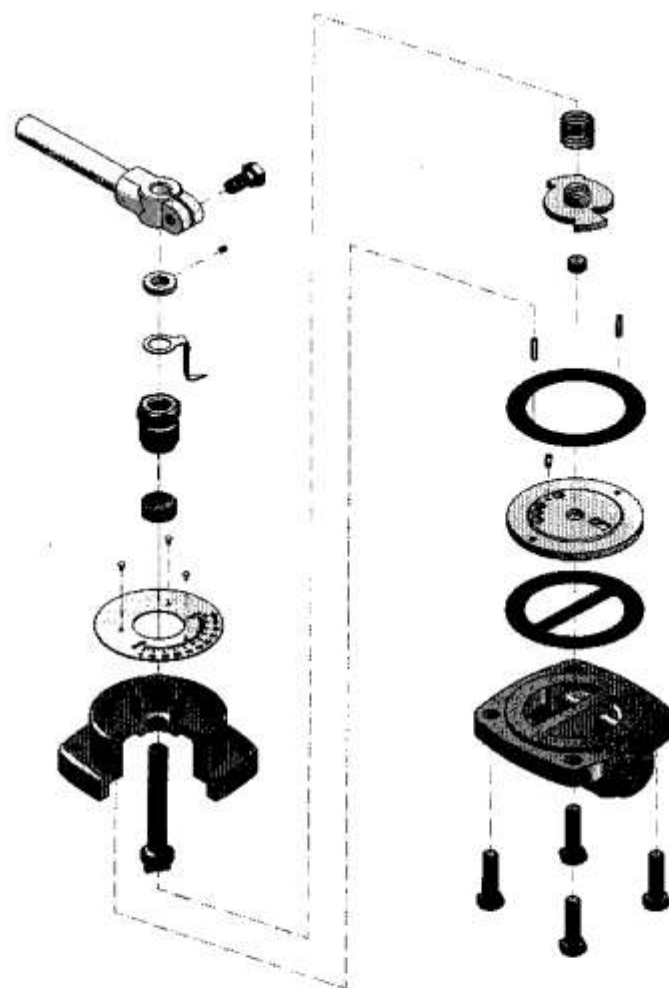


Năm 2008

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM
GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM
TT CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ
✂

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC NGUYÊN LÝ MÁY



Năm 2008

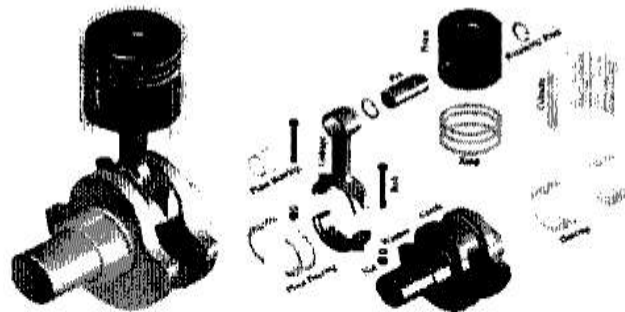
CHƯƠNG 1

CẤU TẠO CƠ CẤU

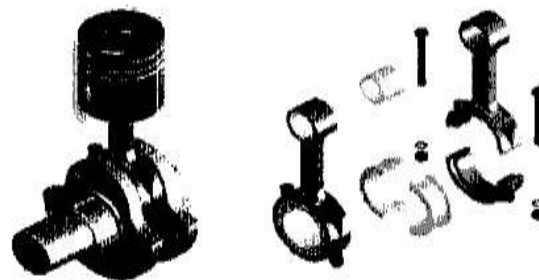
I. Khái niệm cơ bản

1. Chi tiết máy và khâu

- Chi tiết máy (*tiết máy*): là một bộ phận của máy mà không thể tách rời được nữa. Máy thì gồm nhiều tiết hay bộ phận của máy lắp với nhau tạo thành một hệ thống nhất nào đó.



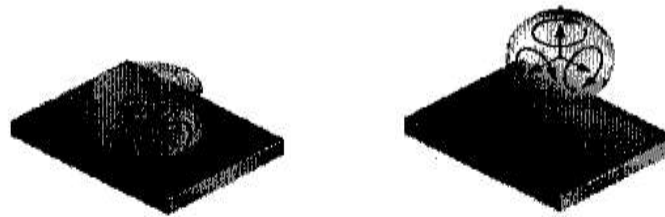
- Khâu: trong cơ cấu và máy, toàn bộ những bộ phận có chuyển động tương đối so với bộ phận khác gọi là khâu.



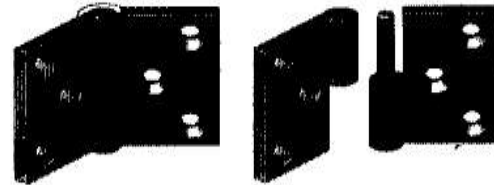
2. Thành phần khớp động và khớp động

- Bậc tự do của khâu
- + Một khả năng chuyển động độc lập đối với một hệ qui chiếu → một bậc tự do
- + Giữa hai khâu trong mặt phẳng → 3 bậc tự do: Tx, Ty, Qz
- + Giữa hai khâu trong không gian → 6 bậc tự do: Tx, Ty, Tz, Qx, Qy, Qz

Nguyên Lý Máy

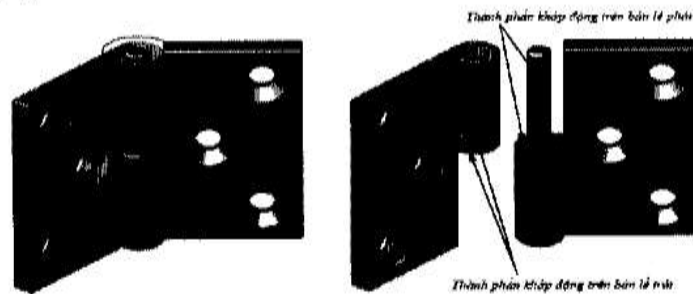


- Nối động: để tạo thành cơ cấu, các khâu không thể rời nhau mà phải được liên kết với nhau theo một qui cách xác định nào đó, sao cho khi nối với nhau các khâu vẫn còn khả năng chuyển động tương đối $\rightarrow$ nối động các khâu



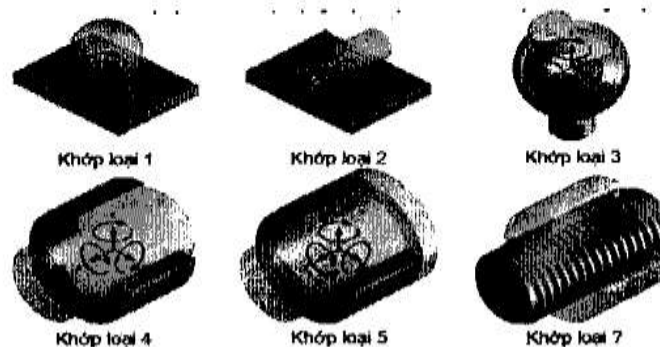
Thành phần khớp động, khớp động

- + Khi nối động, các khâu sẽ có thành phần tiếp xúc nhau. Toàn bộ chỗ tiếp xúc giữa hai khâu gọi là một thành phần khớp động.
- + Hai thành phần khớp động trong một ghép nối động hai khâu hình thành nên một khớp động.



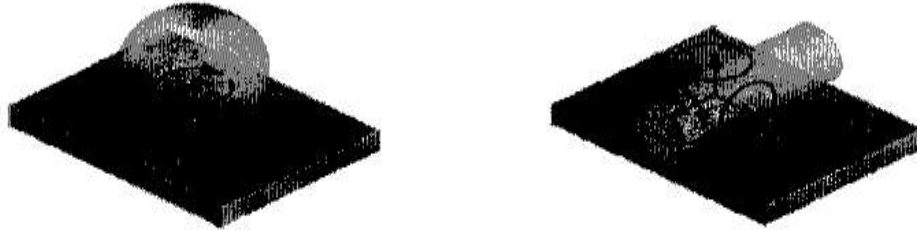
3. Phân loại khớp động

- Theo số bậc tự do bị hạn chế: Khớp động loại k hạn chế k bậc tự do hay có k ràng buộc

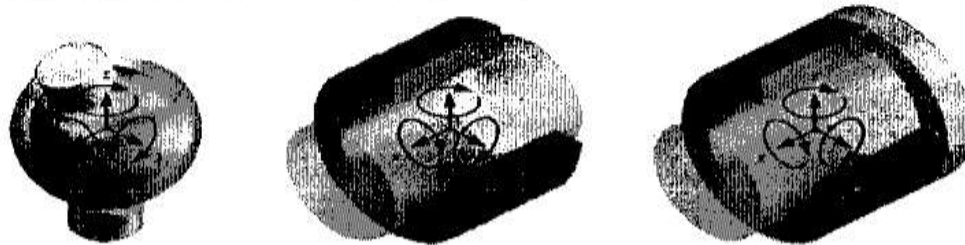


Nguyên Lý Máy

- Theo đặc điểm tiếp xúc
- + Khớp cao: thành phần khớp động là điểm hay đường

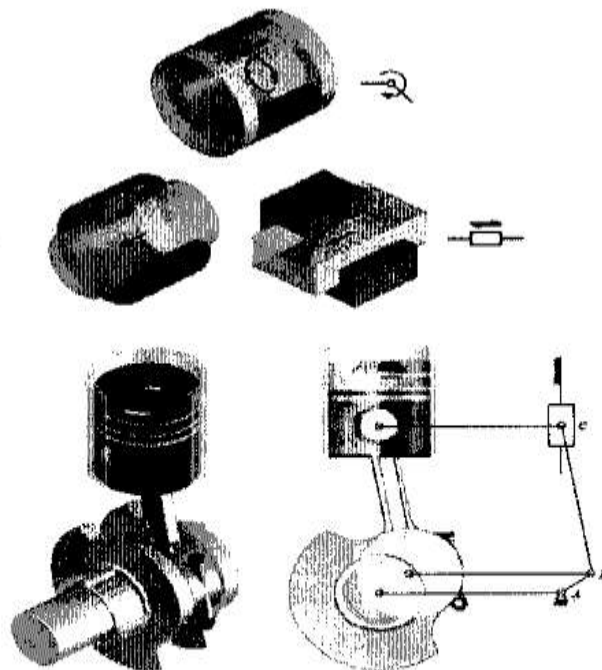


- + Khớp thấp: thành phần khớp động là mặt

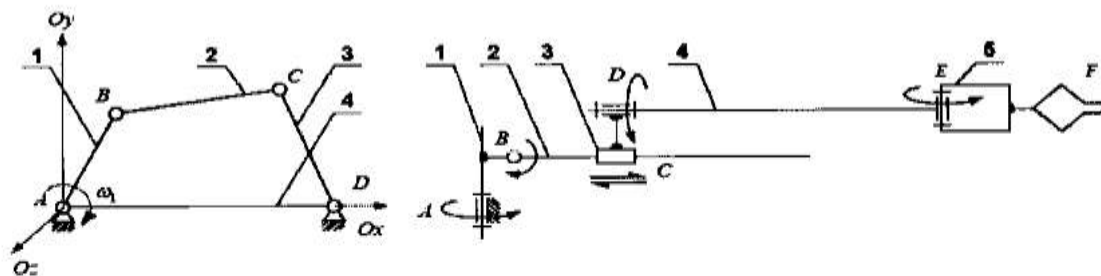


4. Lực đồ

- ❖ Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, các khớp được biểu diễn trên những hình vẽ bằng những lực đồ qui ước.
- ❖ Các khâu cũng được thể hiện qua các lực đồ đơn giản gọi là lực đồ khâu
- ❖ Trên lực 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.
- ❖ Chuỗi động: nhiều khâu nối với nhau tạo thành một chuỗi động
- ❖ Phân loại chuỗi động:
 - Chuỗi động kín
 - Chuỗi động hở
 - Chuỗi động phẳng
 - Chuỗi động không gian



Nguyên Lý Máy



- 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: tương tự như đối với chuỗi động

II. Bậc tự do của cơ cấu

1. Định nghĩa.

- Bậc tự do (bậc tự do) của cơ cấu là 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.

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

$$W = W_0 - R.$$

Trong đó: 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

W – bậc tự do của cơ cấu

3. Số bậc tự do trong cơ cấu

Một khâu để rời trong không gian có 6 bậc tự do $\rightarrow$ bậc tự do tổng cộng của n khâu động là $W_0 = 6n$

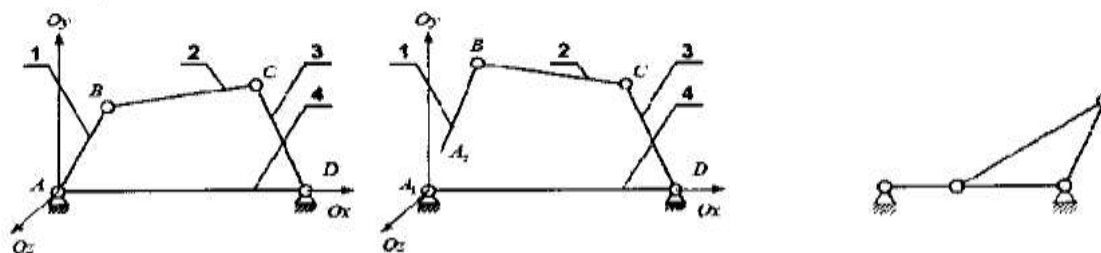
Số ràng buộc chứa trong cơ cấu

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 $k.p_k$. Do đó

$$R = \sum_{k=1}^5 p_k k \quad \text{trong thực tế số ràng buộc thường nhỏ hơn giá trị trên vì trong}$$

cơ cấu tồn tại các ràng buộc trùng.

Ví dụ: Xét cơ cấu 4 khâu bản lề



Nguyên Lý Máy

+ 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) $\cancel{X_{Qx}}$ (2) $\cancel{X_{Qx}}$ (3) $\cancel{X_{Qy}}$

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

(1) $\cancel{X_{Qx}}$ (2) $\cancel{X_{Qx}}$ (3) $\cancel{X_{Qy}}$ (4) $\cancel{X_{Qx}}$ (5) $\cancel{X_{Qy}}$

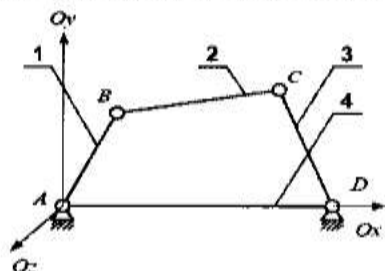
→ 3 ràng buộc trùng. Ràng buộc trùng chỉ xảy ra ở khớp đóng kín của cơ cấu.

Gọi R_0 là số ràng buộc trùng → tổng số ràng buộc trong cơ cấu: $R = \sum_{k=1}^5 kp_k - R_0$

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

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

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



Số khâu động $n = 3$

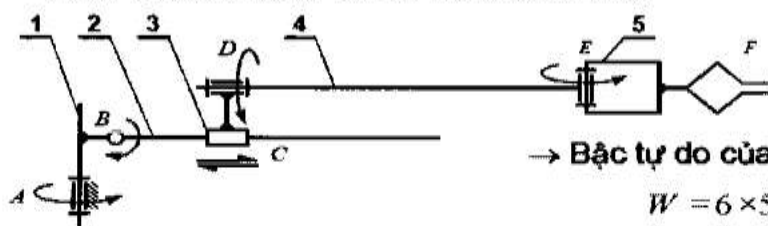
Số khớp loại 5 $p_5 = 4$

Số ràng buộc trùng $R_0 = 3$

→ Bậc tự do của cơ cấu

$$W = 6 \times 3 - (5 \times 4 - 3) = 1 \text{ bậc tự do}$$

Ví dụ: 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

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

3. Bậc tự do của cơ cấu phẳng

1. Số bậc tự do trong cơ cấu

Một khâu để tự do trong mặt phẳng chỉ có 3 bậc tự do vì vậy số bậc tự do tổng cộng của n khâu động: $W_0 = 3n$

2. Số ràng buộc chứa trong cơ cấu

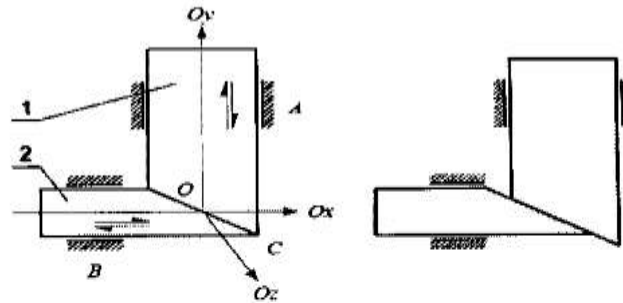
Cơ cấu phẳng có hai loại khớp

- Khớp loại 4 chứa 1 ràng buộc
- Khớp loại 5 chứa 2 ràng buộc

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

Nguyên Lý Máy

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

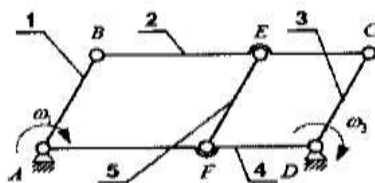


- Cơ cấu toàn khớp loại 5 với $n = 2$, $p_5 = 3$
- Chọn hệ qui chiếu gắn với giá
- Chưa đóng khớp A, khâu 1 có khả năng: (1) T_{Ox} (2) T_{Oy} (3) $\cancel{Q_{Oz}}$
- Đóng khớp A, khâu 1 có khả năng: (1) $\cancel{T_{Ox}}$ (2) T_{Oy} (3) $\cancel{Q_{Oz}}$

→ Bậc tự do của cơ cấu

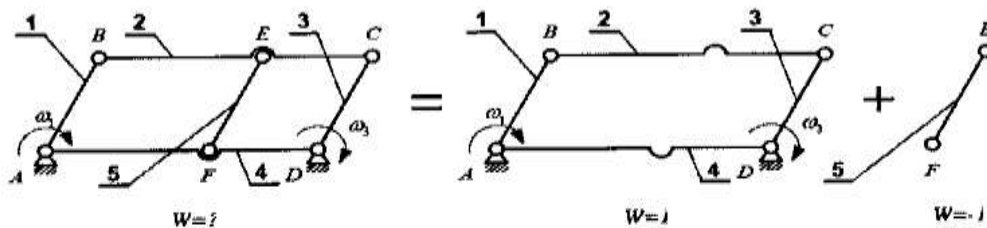
$$W = 3 \times 2 - (2 \times 3 - 1) = 1 \text{ btd}$$

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



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

- Bậc tự do của cơ cấu là $W = 3 \times 4 - (2 \times 6) = 0$ bậc tự do
- Trên thực tế cơ cấu này làm việc được → điều này có gì mâu thuẫn không?



- 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 bậc tự do 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, bậc tự do của cơ cấu phẳng

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

- Trong cơ cấu hình bình hành ở trên, $r = 1$ và $W = 3 \times 4 - (2 \times 6 - 1) = 1$ bậc tự do

Nguyên Lý Máy

- Trong thực tế cơ cấu trên chỉ có 1 bậc tự do 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 bậc tự do thừa, kí hiệu là s
- Trở lại cơ cấu cam ở trên $W = 3 \times 3 - (2 \times 3 + 1 - 0) - 1 = 1$ btd

Tóm lại công thức tính bậc tự do

- đối với cơ cấu không gian
 - o $W = 6n - \left(\sum_{k=1}^5 k p_k - R_0 \right)$
- đối với cơ cấu phẳng trừ cơ cấu chêm.
 - o $W = 3n - (2p_s + p_A - r) - s$

Với n : số khâu động

k : loại khớp động

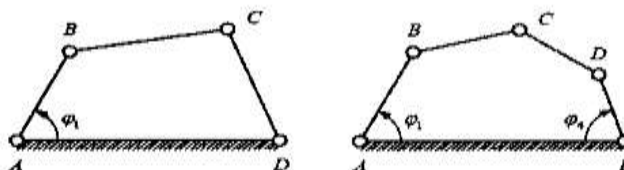
p_k : số khớp loại k

P : số ràng buộc trùng

r : số ràng buộc thừa

s : số bậc tự do thừa

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



III. Nhóm tĩnh định

1. Nguyên lý tạo thành cơ cấu

Một cơ cấu có W bậc tự do là cơ cấu được tạo thành bởi W khâu dẫn và những nhóm có bậc tự do bằng zero

$$W = W + 0 + \dots + 0$$

Khâu dẫn nhóm có bậc tự do = 0

2. Nhóm tĩnh định

Nhóm tĩnh định là những nhóm cân bằng hay chuyển động, có bậc tự do bằng zero và phải tối giản (tức là không thể chia thành những nhóm nhỏ hơn được nữa)

Đối với nhóm tĩnh định toàn khớp thấp

Nguyên Lý Máy

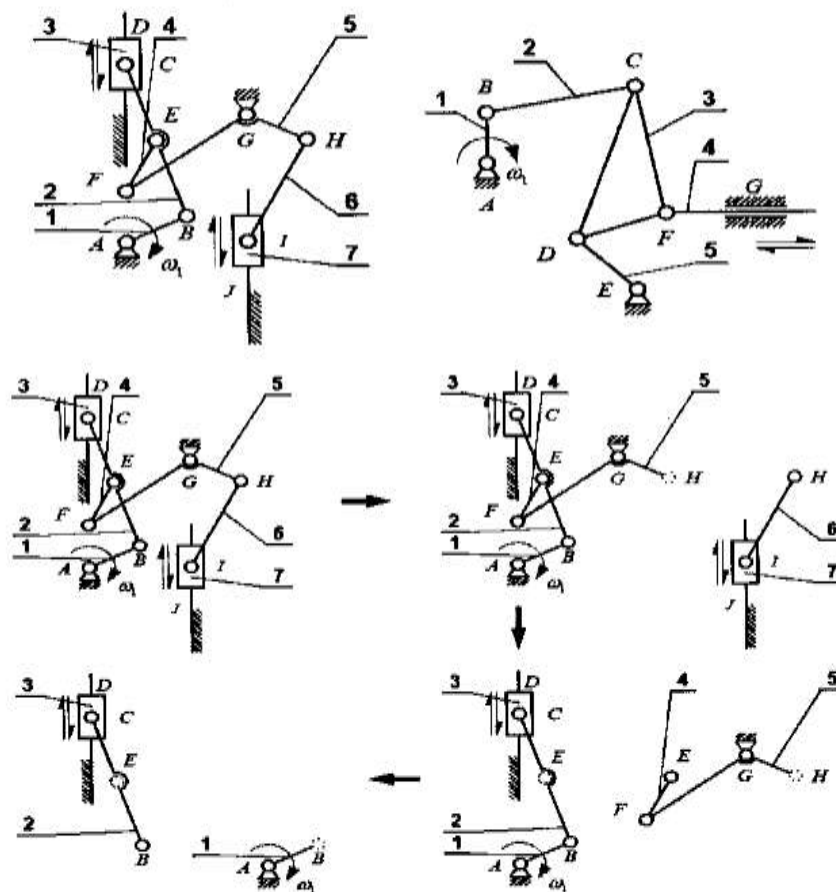
$$W = 3n - 2p_5 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{array}{c|cccc} n & 2 & 4 & 6 & \dots \\ \hline p_5 & 3 & 6 & 9 & \dots \end{array}$$

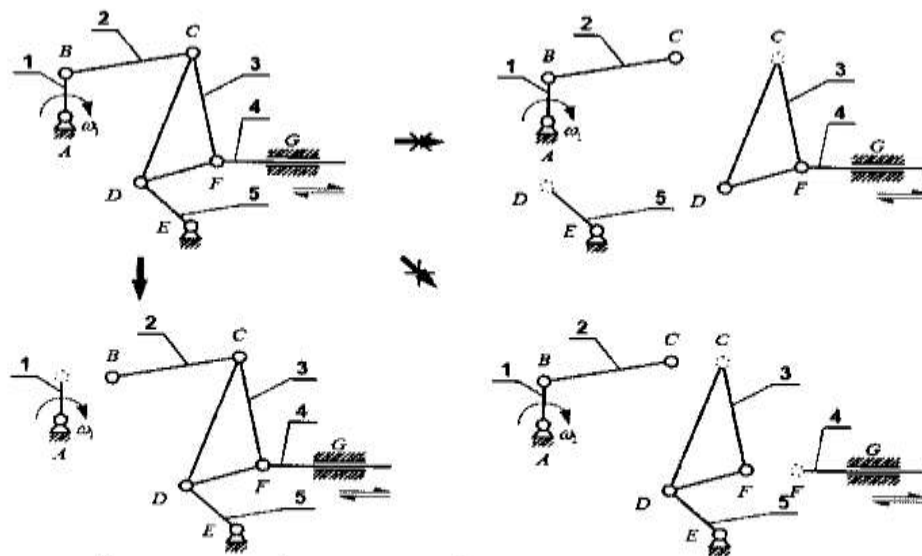
3. Nguyên tắc tách nhóm tĩnh định

Khi tách nhóm tĩnh định phải theo nguyên tắc sau

- + Chọn trước khâu dẫn và giá
 - + Sau khi tách nhóm, phần còn lại phải là một cơ cấu hoàn chỉnh hoặc khâu dẫn
 - + Tách những nhóm ở xa khâu dẫn trước rồi dần đến những nhóm ở gần hơn
 - + Khi tách nhóm, thứ tách những nhóm đơn giản trước, nhóm phức tạp sau
- Ví dụ: Tách nhóm tĩnh định cơ cấu động cơ diezen, cơ cấu bơm động cơ oxy

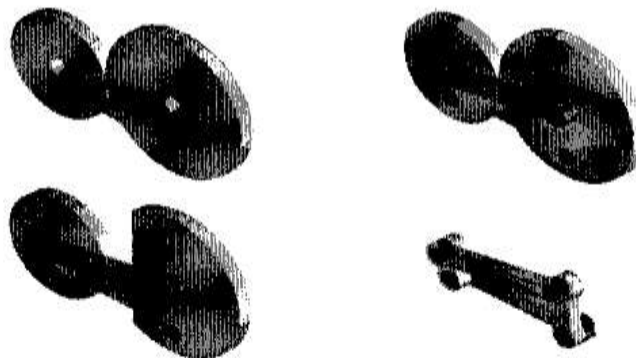


Nguyên Lý Máy



§4. 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

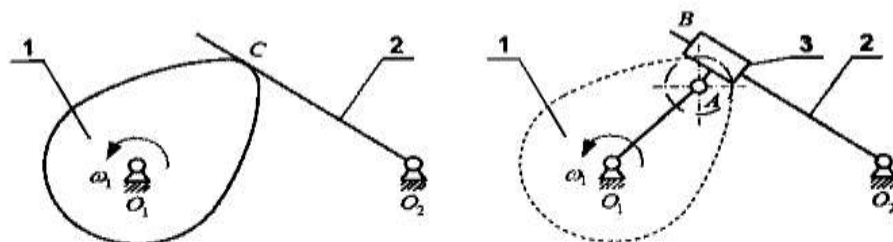


$$W = 3 \times 2 - (1 + 2 \times 2) = 1 \text{ bậc tự do}$$

$$W = 3 \times 3 - (2 \times 4) = 1$$

- 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 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

Nguyên Lý Máy



- 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.

CHƯƠNG 2

ĐỘNG HỌC CƠ CẤU

§1. Đại cương

Phân tích động học cơ cấu là nghiên cứu quy luật chuyển động của cơ cấu khi đã biết trước lược đồ động của cơ cấu và quy luật chuyển động của khâu dẫn.

I. Nội dung

- ❖ Bài toán vị trí
- ❖ Bài toán vận tốc
- Bài toán gia tốc

II. Ý nghĩa

- Xác định vị trí → phối hợp và sử dụng chuyển động của các cơ cấu để hoàn thành nhiệm vụ của các máy đặt ra, bố trí không gian, vỏ máy...
- Vận tốc và gia tốc là những thông số cần thiết phản ánh chất lượng làm việc của máy

III. Phương pháp

- ❖ Tùy theo nội dung, yêu cầu của từng bài toán, ta có thể sử dụng các phương pháp khác nhau: giải tích, đồ thị, họa đồ vector...
- ❖ Phương pháp đồ thị, phương pháp họa đồ vector.

Ưu điểm: Đơn giản, cụ thể, dễ nhận biết và kiểm tra.

Nhược điểm: Thiếu chính xác do sai số dựng hình, sai số đọc...

Phương pháp đồ thị, kết quả cho quan hệ giữa một đại lượng động học theo một thông số nhất định thường là khâu dẫn.

Phương pháp họa đồ vector, kết quả không liên tục, chỉ ở các điểm rời rạc.

- ❖ Phương pháp giải tích

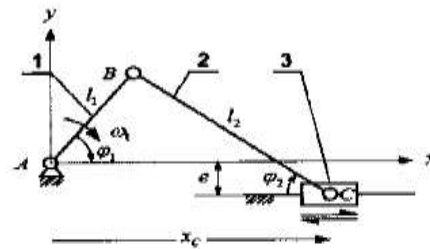
Ưu điểm

+ Cho mối quan hệ giữa các đại lượng bằng biểu thức giải tích, dễ dàng cho việc khảo sát dùng máy tính.

+ Độ chính xác cao

Nhược điểm

+ Đối với một số cơ cấu, công thức giải tích rất phức tạp và khó kiểm tra



§2. Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng phương pháp giải tích

Xét cơ cấu tay quay – con trượt lệch tâm có vị trí đang xét như hình vẽ

Cho: l_{AB} , l_{BC} , ω_1 là hằng số và độ lệch tâm e

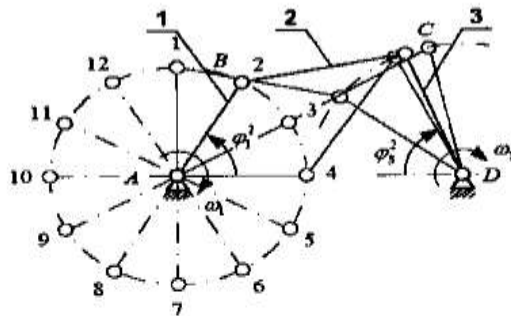
Xác định: x_C , v_C , a_C

$$x_C = l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 \quad \text{với} \quad \begin{cases} \varphi_1 = \varphi_1(t) = \omega_1 t; \varphi_2 = \varphi_2(t) = f(\varphi_1) \\ l_1 \sin \varphi_1 + e = l_2 \sin \varphi_2 \Rightarrow \varphi_2 = \arcsin \frac{l_1 \sin \varphi_1 + e}{l_2} \end{cases}$$

$$x_C = x_C(\varphi_1) = x_C(\omega_1(t)) \rightarrow \begin{cases} v_C = v_C(t) = -l_1 \omega_1 (\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1 \tan \varphi_2) \\ a_C = a_C(t) = -l_1 \omega_1^2 \left[\frac{\cos(\varphi_1 + \varphi_2)}{\cos \varphi_2} + \frac{l_1 \cos^2 \varphi_1}{l_2 \cos^3 \varphi_2} \right] \end{cases}$$

§3. Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng phương pháp đồ thị

Xét cơ cấu 4 khâu bản lề có vị trí đang xét như hình vẽ



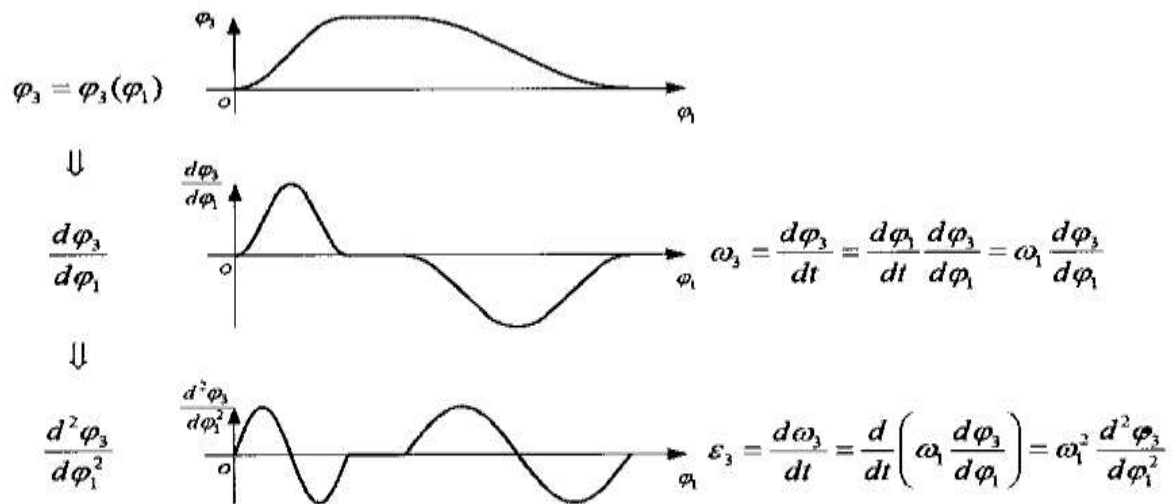
Cho: l_{AB} , l_{BC} , l_{DA} , ω_1 là hằng số

Xác định: φ_3 , ω_3 , ε_3

Xác định giá trị φ_3 từ phương pháp vẽ, đo và lập bảng

φ_1	φ_1^1	φ_1^2	...	φ_1^n
φ_3	φ_3^1	φ_3^2	...	φ_3^n

Xây dựng đồ thị $\varphi_3 = \varphi_3(\varphi_1)$



§4. Phân tích động học cơ cấu phẳng bằng phương pháp họa đồ vector

Ôn lại một số kiến thức đại số vector

- Định lý liên hệ vận tốc

+ Hai điểm A, B khác nhau cùng thuộc một khâu đang chuyển động song phẳng

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

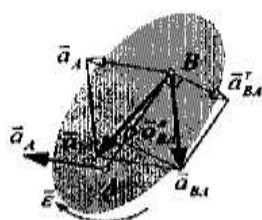
+ Hai điểm A₁, A₂ trùng nhau, thuộc hai khâu đang chuyển động song phẳng tương đối đối với nhau

$$\vec{v}_{A_2} = \vec{v}_{A_1} + \vec{v}_{A_2A_1}$$



- Định lý liên hệ gia tốc

+ Hai điểm A, B khác nhau cùng thuộc một khâu đang chuyển động song phẳng



$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$$

$$\vec{a}_{BA}^n = \begin{cases} // \vec{BA} \\ l_{AB} \omega^2 = v_{BA}^2 / l_{AB} \end{cases}$$

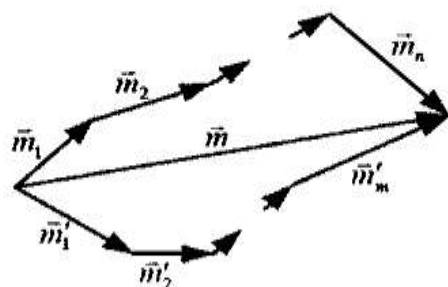
$$\vec{a}_{BA}^t = \begin{cases} \perp AB \\ \varepsilon l_{AB} \end{cases}$$

Nguyễn Lý Máy

+ Hai điểm A_1, A_2 trùng nhau, thuộc hai khâu đang chuyển động song phẳng tương đối đối với nhau

$$\vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_1} + \vec{a}_{A_2A_1}^k + \vec{a}_{A_2A_1}^r \quad \vec{a}_{A_2A_1}^k = \begin{cases} // \vec{v}_{A_2A_1} \text{ quay } 90^\circ \text{ theo } \vec{\omega}_1 \\ 2\omega_1 v_{A_2A_1} \end{cases}$$

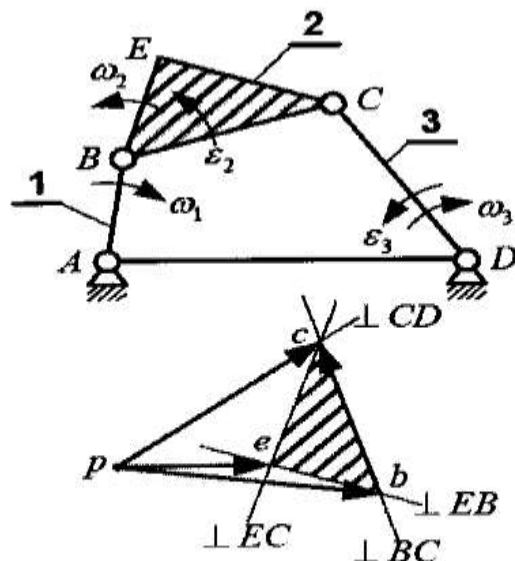
Điều kiện để giải một phương trình vector



$$\begin{cases} \vec{m} = \vec{m}_1 + \vec{m}_2 + \dots + \vec{m}_n \\ \vec{m} = \vec{m}'_1 + \vec{m}'_2 + \dots + \vec{m}'_m \end{cases} \Rightarrow \vec{m}_1 + \dots + \vec{m}_n = \vec{m}'_1 + \dots + \vec{m}'_m$$

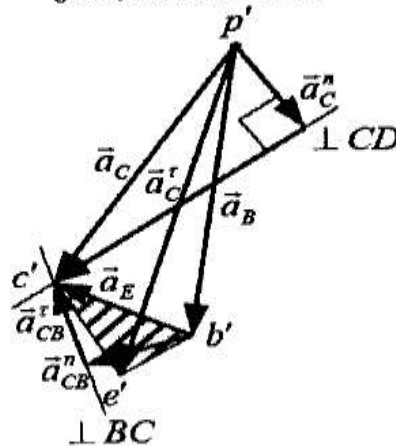
$$\begin{array}{ccccccc} \vec{m}_1 & + & \vec{m}_2 & + & \dots & + & \vec{m}_n & = & \vec{m}'_1 & + & \vec{m}'_2 & + & \dots & + & \vec{m}'_n \\ - & & - & & & & ? & & - & & - & & & & - \\ - & & - & & & & - & & - & & ? & & & & - \end{array}$$

Ví dụ: cho cơ cấu 4 khâu bản lề tại vị trí như hình vẽ. Tay quay 1 quay đều với vận tốc góc ω_1 . Xác định vận tốc, gia tốc điểm B, C, E và gia tốc góc khâu 2, 3



$$\mu_v = \frac{\text{giá trị thật [m/s]}}{\text{giá trị biểu diễn [mm]}}$$

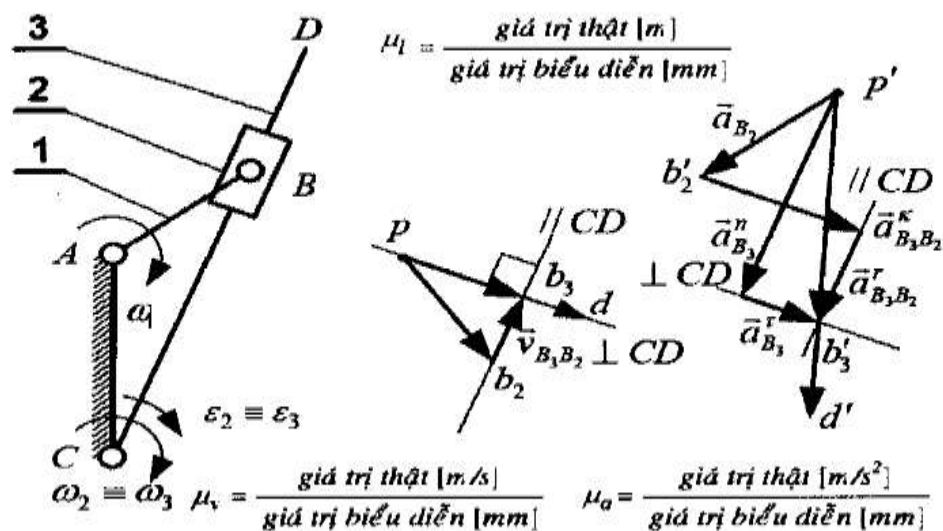
$$\mu_l = \frac{\text{giá trị thật [m]}}{\text{giá trị biểu diễn [mm]}}$$



$$\mu_a = \frac{\text{giá trị thật [m/s}^2\text{]}}{\text{giá trị biểu diễn [mm]}}$$

Nguyên Lý Máy

Ví dụ: cho cơ cấu culit tại vị trí như hình vẽ. Khâu 1 quay đều với vận tốc góc ω_1 .
Xác định $\omega_3, \varepsilon_3, v_D, a_D$



CHƯƠNG 3

PHÂN TÍCH LỰC CƠ CẤU

§1. Phân loại lực

1. Ngoại lực

- Lực cân kỹ thuật
- Trọng lượng các khâu
- Lực phát động

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 dùng phương pháp tĩnh học để giải
- Để giải quyết bài toán hệ lực không cân bằng $\rightarrow$ dùng nguyên lý D'Alembert

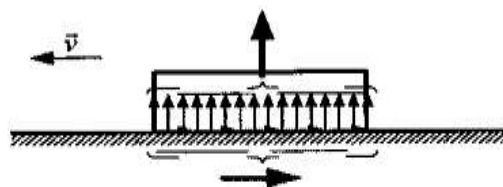
Nếu ngoài những lực tác dụng lên một hệ cơ chuyển động, ta thêm vào đó những lực quán tính và xem chúng như những ngoại lực thì cơ hệ được xem là ở trạng thái cân bằng, khi đó có thể dùng phương pháp tĩnh học để phân tích cơ hệ này.

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 đối

Tổng các thành phần áp lực trong một khớp $\rightarrow$ áp lực khớp động



+ Thành phần ma sát: song song với phương chuyển động tương đối

Tổng các thành phần ma sát trong một khớp $\rightarrow$ lực ma sát

§2. Điều kiện tĩnh định

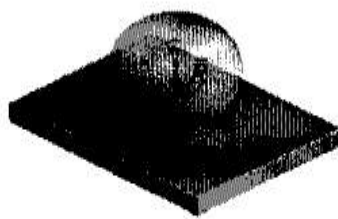
- Để tính phản lực khớp động $\rightarrow$ tách cơ cấu thành các chuỗi động hờ, trên đó phản lực ở các khớp chờ là ngoại lực: viết các phương trình lực cho chuỗi
- Muốn giải các bài toán áp lực khớp động

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

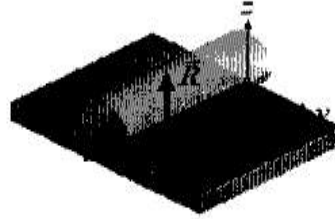
Nguyên Lý Máy

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



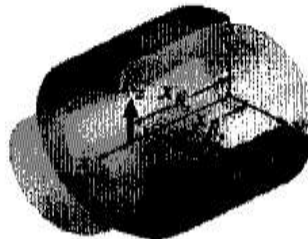
Khớp loại 1 $|\vec{R}|?$



Khớp loại 2 $|\vec{R}|?x_{\vec{R}}?$



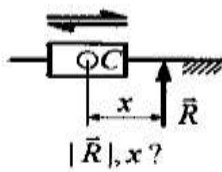
Khớp loại 3 $\alpha?\beta?|\vec{R}|?$



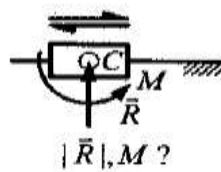
Khớp loại 4 $|\vec{R}_y|?|\vec{R}_z|?x_{\vec{R}_y}?x_{\vec{R}_z}?$



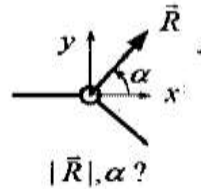
Khớp loại 5 $|\vec{R}_y|?|\vec{R}_z|?|\vec{R}_x|?x_{\vec{R}_y}?x_{\vec{R}_z}?$



$|\vec{R}|,x?$

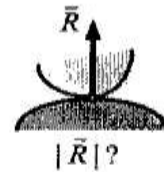


$|\vec{R}|,M?$



$|\vec{R}|,\alpha?$

Khớp loại 5



$|\vec{R}|?$

Khớp loại 4

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

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

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

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

- 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

Nguyên Lý Máy

→ 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

§3. 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

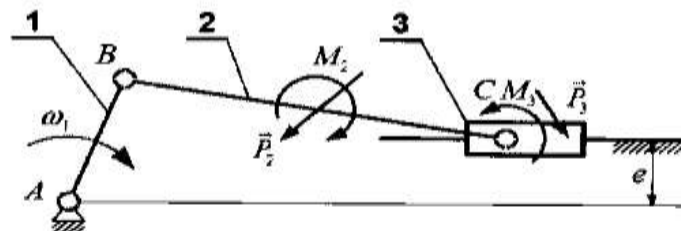
Giải cho các nhóm ở xa khâu dẫn trước (ngược lại với bài toán động học)

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

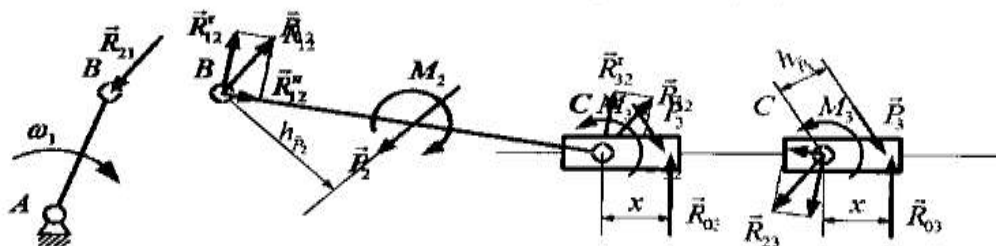
$$\begin{cases} \sum \vec{F}_x = 0 \\ \sum \vec{F}_y = 0 \\ \sum M_{Oz} = 0 \end{cases} \text{ hay } \begin{cases} \sum \vec{F} = 0 \\ \sum M_{Oz} = 0 \end{cases}$$

- 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) ...

Ví dụ:



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



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

$$\begin{cases} \sum \vec{P} = \vec{P}_3 + \vec{R}_{03} + \vec{R}_{23} = 0 \\ \sum M_C = M_3 + R_{03}x + P_3h_{P_3} = 0 \end{cases}$$