CHƯƠNG 4

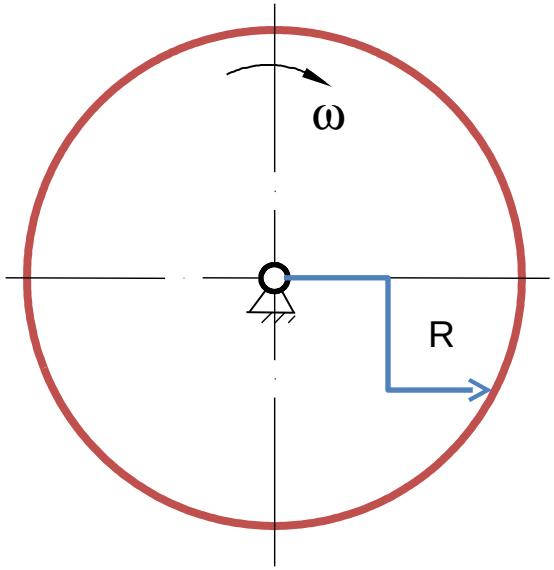
CÂN BẰNG MÁY

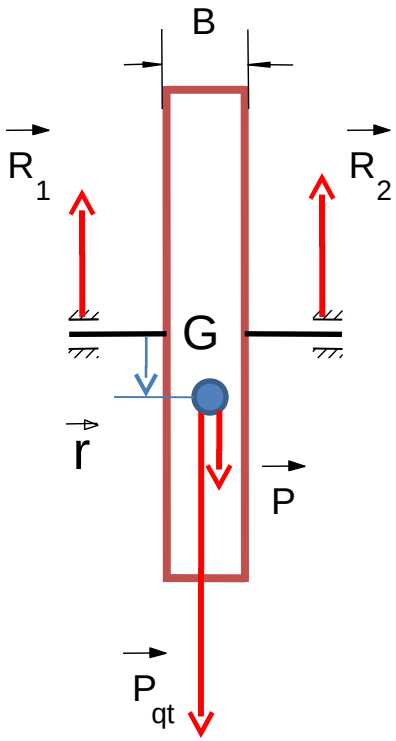
Lực quán tính li tâm ở vật quay

Tốc độ n = 1500 v/ph

KL đĩa m = 10 kg

BK lệch tâm r = 2 mm





R>>B

$$|\vec{P}_{qt}| = mr\omega^2 = 10.2.10^{-3}\left(\frac{2\pi.1500}{60}\right)^2 \quad 500\,(N) >> P = 100\,N$$

Lực quán tính (lực động) rất lớn so với trọng lực (lực tĩnh)

4.1. Lực quán tính

Lực quán tính xuất hiện khi nào?

Máy là một cơ hệ chuyển động có gia tốc, vì vậy khi làm việc, trừ những khâu tịnh tiến đều hoặc quay đều có tâm quay trùng với trọng tâm, ở các khâu còn lại đều có lực quán tính tác động.

Đặc điểm

- Biến thiên theo chu kỳ hoạt động của máy
- Khi v, ω >> Fqt >> Ptĩnh

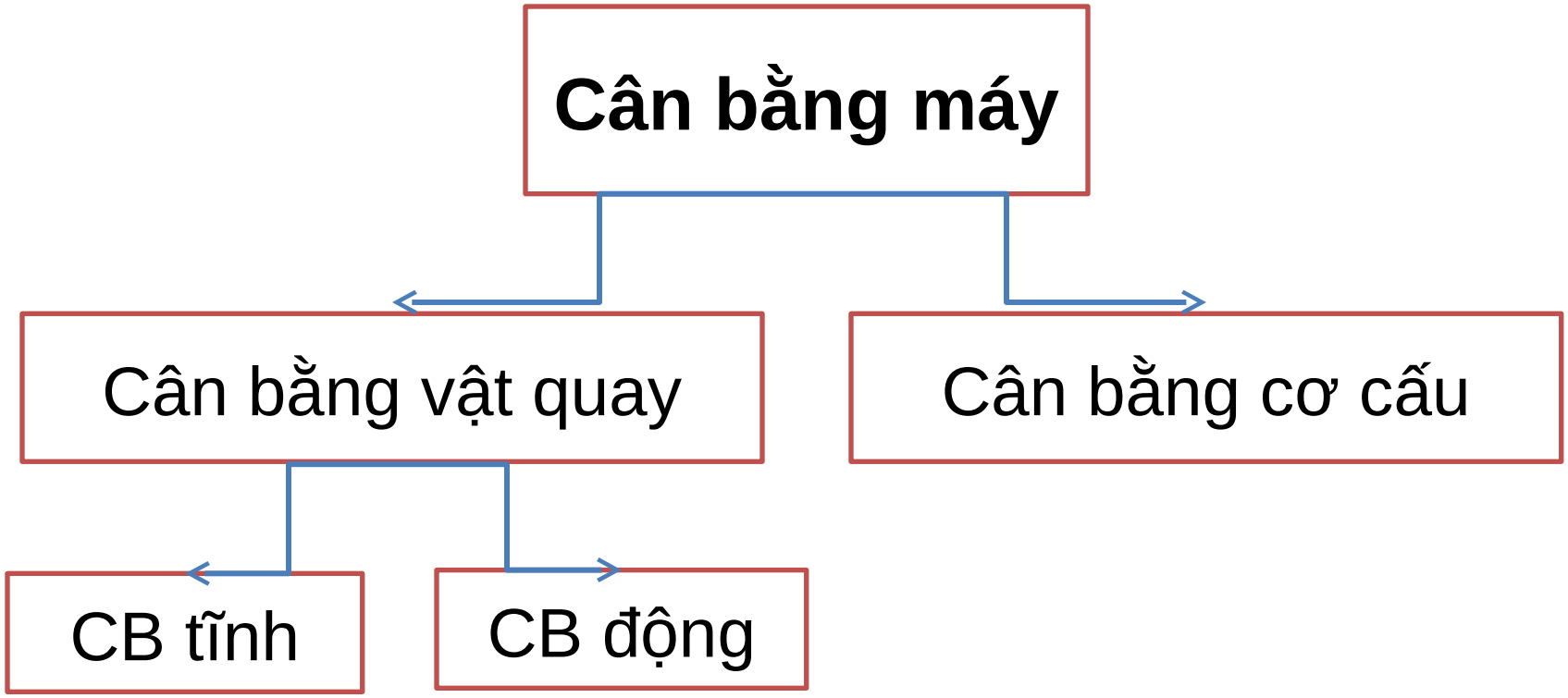
Tác hại

- Tăng lực ma sát trong các khớp động dẫn tới giảm hiệu suất của máy.
- Làm rung động máy và nền móng dẫn tới giảm độ chính xác và tuổi thọ của máy cũng như chất lượng sản phẩm.
- Ảnh hưởng xấu đến môi trường xung quanh và cả sức khỏe của công nhân đứng máy.

Mục đích cân bằng máy

Triệt tiêu một phần hay toàn bộ Fqt và Mqt

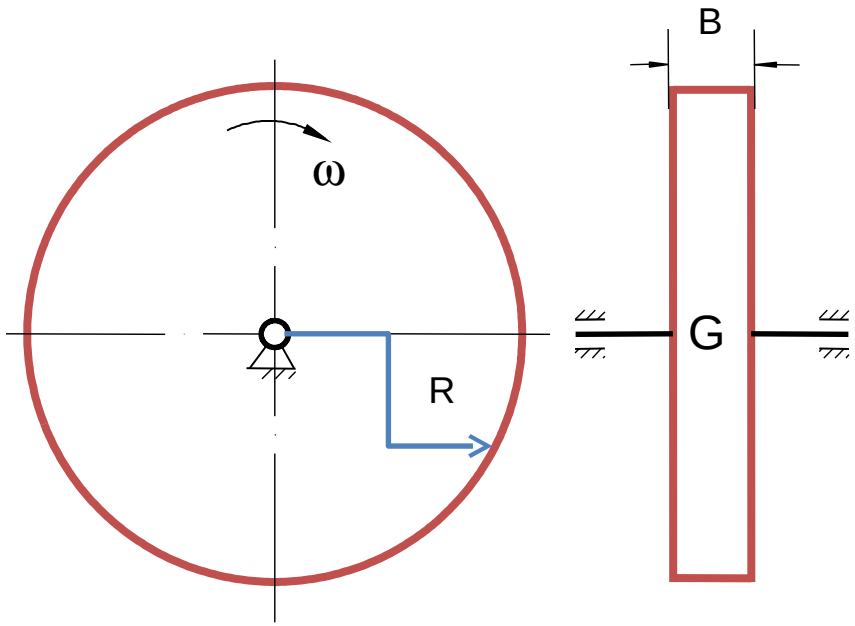
Phân loại



Vật quay mỏng

·Vật quay mỏng là vật quay có kích thước chiều trục nhỏ hơn nhiều so với bán kính.(R/B >5)

·Có thể định nghĩa vật quay mỏng như sau "Vật quay mỏng là vật quay mà khối lượng của nó chỉ phân bố trên cùng một mặt phẳng vuông góc với trục quay".

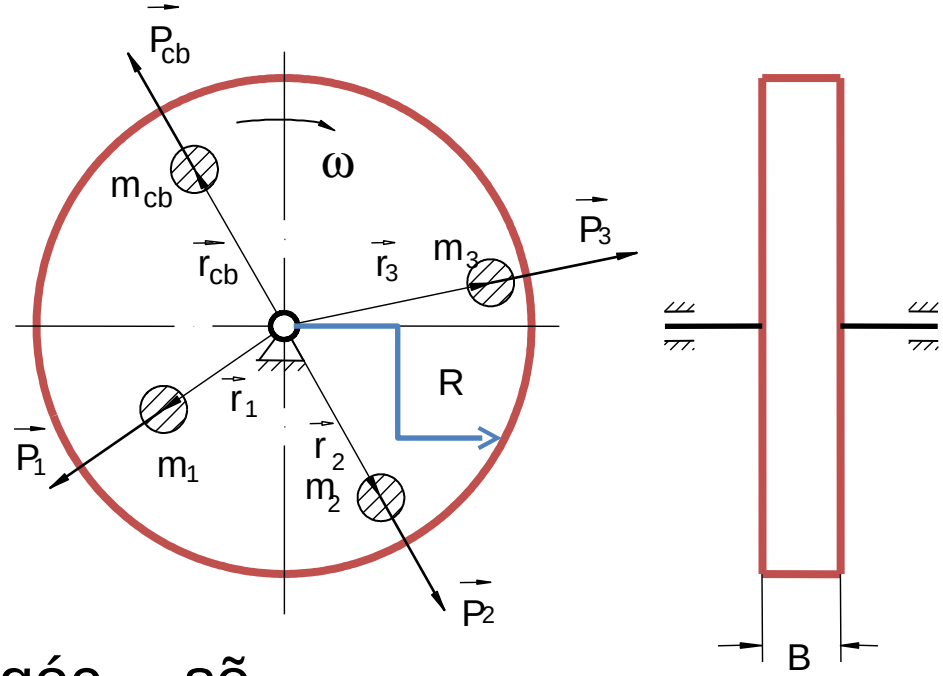


R/B>5

Ví dụ: Bánh răng đường kính lớn, đĩa quay…

Cân bằng đĩa quay

Giả sử có một đĩa mỏng tuyệt đối cứng với chiều dày B và bán kính R. Trên đĩa tập trung các khối lượng m1, m2, m3 , với vị trí được xác định bởi các bán kính véctơ r_1, r_2, r_3



Khi cho đĩa quay với vận tốc góc sẽ xuất hiện các lực quán tính li tâm:

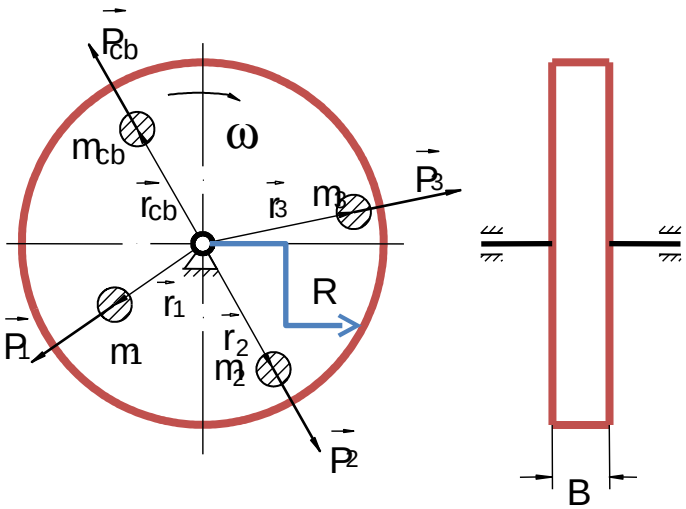
$$P_i = m_i.r_i.\omega^2 \quad ,i = 1,2,3$$

Các lực này sẽ gây ra một hợp lực tác động lên ổ đỡ trục đĩa

4.2. Cân bằng tĩnh vật quay mỏng

4.2.2. Nguyên tắc cân bằng tĩnh

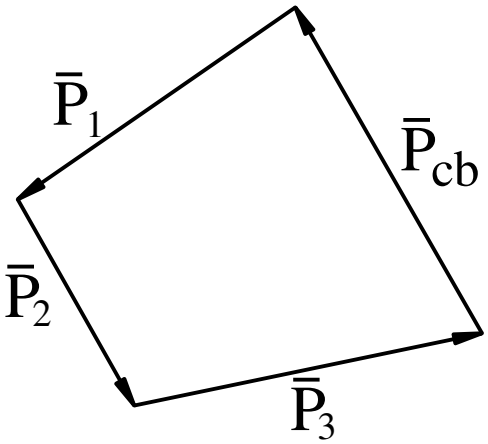
Để cân bằng đĩa ta phải khử hợp lực này bằng cách đặt thêm một khối lượng cân bằng *mcb* trên đĩa tại vị trí được xác định bởi bán kính véctơ *rcb* , sao cho khi đĩa quay, lực quán tính ly tâm :



$$P_{cb} = m_{cb}.r_{cb}.\omega^2$$

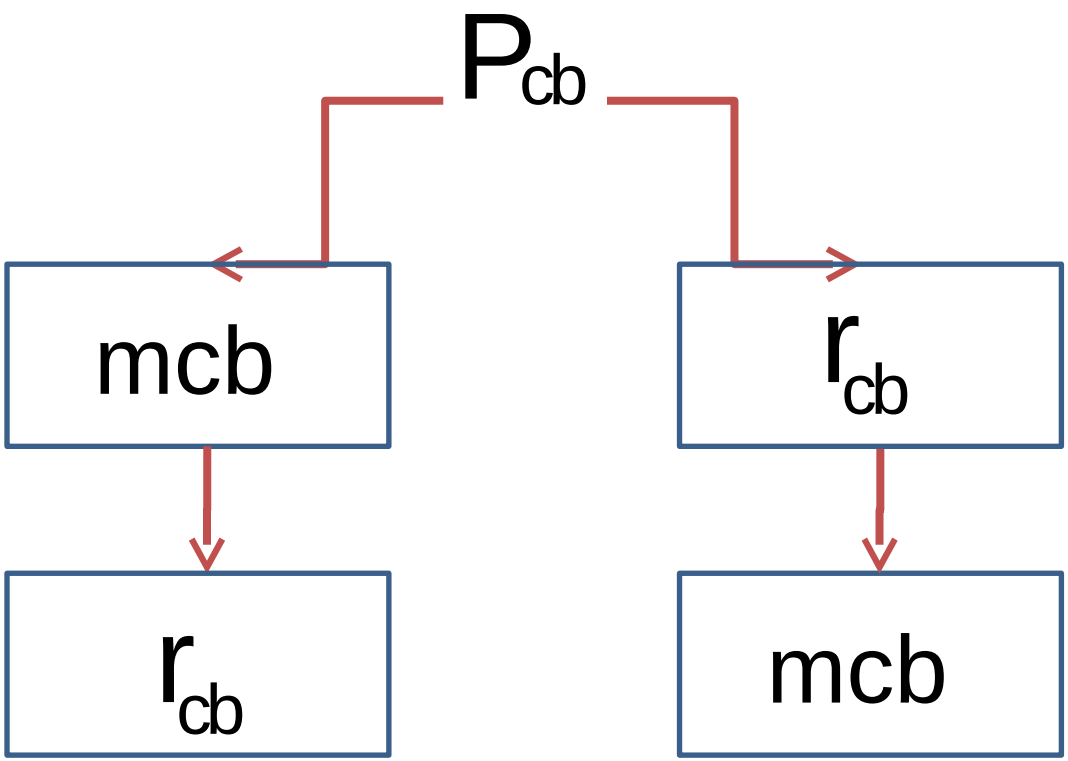
thỏa mãn:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_{cb} = 0 \text{ hay } P_{cb} + \quad P_i = 0$$



- Bằng phương pháp đa giác lực, ta sẽ xác định được P_{cb}

Chọn mcb và r_{cb}



- Thực tế chọn $r_{cb} = r_{cb}^{max}$ $m_{cb} = m_{cb}^{min}$

=> thực hiện xong *cân bằng vật quay mỏng*

Nhận xét:

- Cần ít nhất một đối trọng (*Có thể thêm nhiều đối trọng)*

Chú ý :

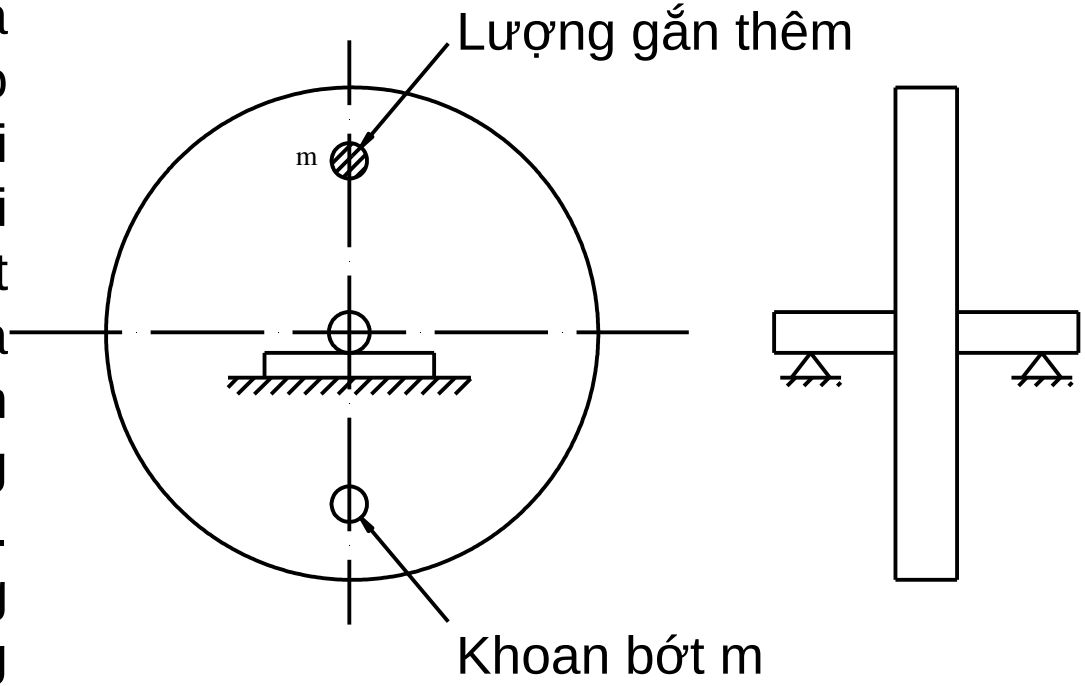
- Có thể không cần thêm khối lượng mcb như đã làm, mà bớt đi một khối lượng *mcb* ở vị trí đối tâm với điểm ngọn của véctơ *rcb* để cho đĩa cân bằng (khoan lỗ trên đĩa…).
- Thay vì thêm một đối trọng, ta có thể thêm hai, ba... đối trọng với điều kiện hợp lực của các lực quán tính li tâm do chúng gây ra phải bằng *Pcb* .

4.2. Cân bằng tĩnh vật quay mỏng

4.2.3. Thí nghiệm cân bằng tĩnh

- Để triệt tiêu ảnh hưởng của lực quán tính ở vật quay mỏng, ta có thể thực hiện thí nghiệm ở trạng thái tĩnh, vật cần cân bằng *không cần phải quay trên trục CB tĩnh*

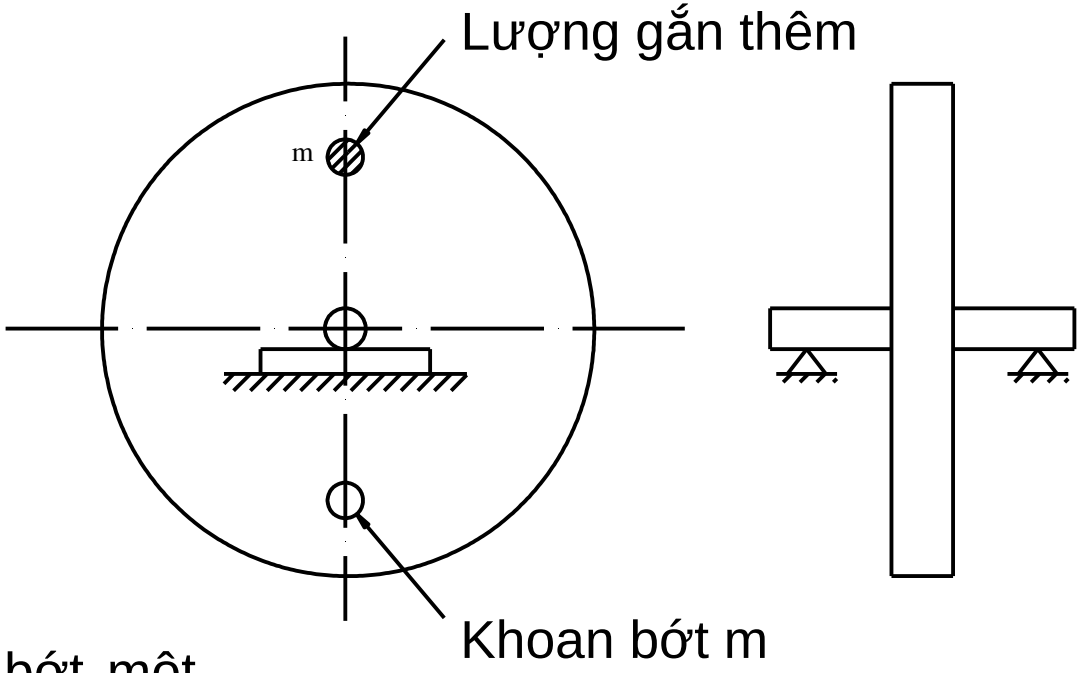
Đặt 2 đầu trục quay của đĩa cần cân bằng lên 2 lưỡi dao nằm ngang và song song với nhau hoặc lên giá đỡ có 2 ổ bi với mục đích để giảm ma sát giữa trục và giá đỡ. Nếu đĩa cân bằng thì nó sẽ không lăn và nằm im ở mọi vị trí (trạng thái cân bằng phiếm định). Còn nếu đĩa chưa cân bằng thì nó sẽ lăn cho đến khi trọng tâm của nó nằm ở vị trí thấp nhất.



4.2. Cân bằng tĩnh vật quay mỏng

4.2.3. Thí nghiệm cân bằng tĩnh

Để cân bằng ta dùng mát-tít đắp dần lên phần cao nhất. Vừa làm vừa thử cho đến khi đạt được trạng thái cân bằng phiếm định. Sau đó ta lấy lượng mát-tít vừa đắp ra để cân, gắn vào vị trí vừa lấy ra đối trọng với khối lượng tương đương.



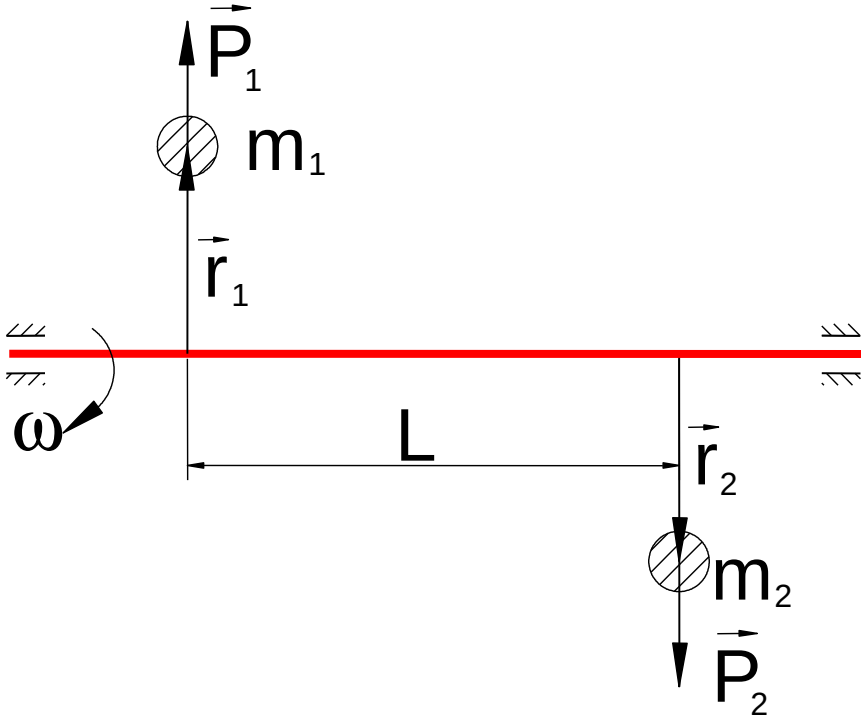
- Chú ý: Cũng có thể khoan bớt một lượng kim loại ở vị trí đối xứng qua tâm để làm cho đĩa cân bằng.

Chương 4 CÂN BẰNG MÁY

4.3. Cân bằng động vật quay dày

4.3.1. Lý do phải cân bằng động

Xét vật có 2 khối lượng m1 và m2 phân bố trên cùng 1 mặt phẳng chứa trục quay nhưng nằm ở 2 phía khác nhau đối với trục, vị trí của m1, m2 được xác định bởi hai vectơ r1, r2 . Không mất tính tổng quát, giả sử m1 = m2 và r1 = - r2 . Khi trục quay với vận tốc góc , sẽ xuất hiện những lực quán tính li tâm:



$$P_i = m_i.r_i.\omega^2 \; ; i = 1, 2$$

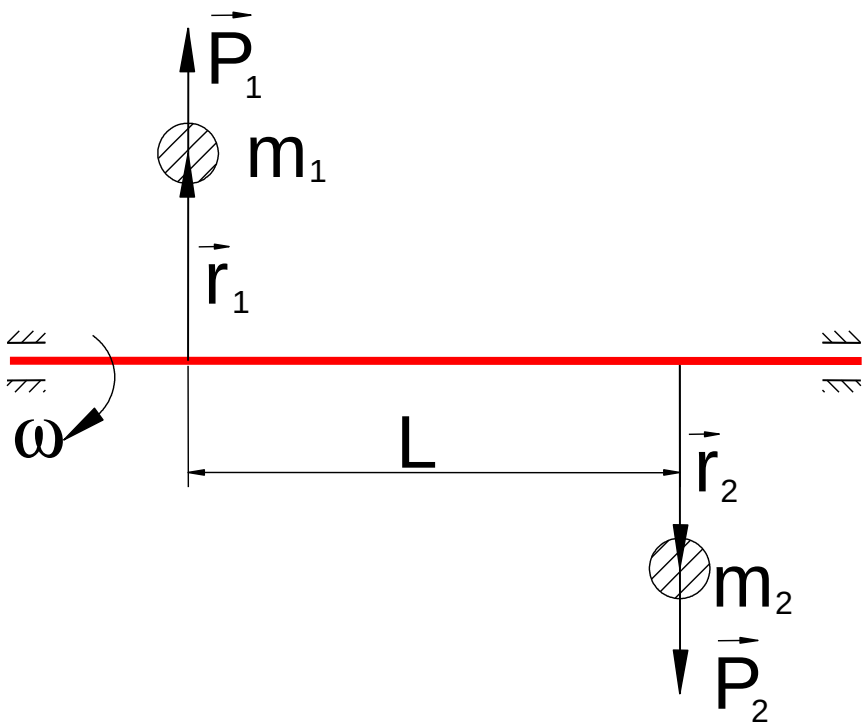
Dễ dàng thấy rằng P1 = - P2 . Như vậy vật ở trạng thái cân bằng tĩnh do $\vec{P}_i = 0$ và trọng tâm của vật vẫn nằm trên trục quay. Tuy nhiên vì P1 và P2 cách nhau một khoảng l nên chúng không triệt tiêu nhau mà tạo thành một ngẫu lực M=P1l=P2l gây nên các phản lực khớp động phụ tại các ổ.

4.3. Cân bằng động vật quay dày

4.3.1. Lý do phải cân bằng động

Như vậy tuy vật cân bằng ở trạng thái tĩnh nhưng ở trạng thái động khi vật quay quanh trục, ngẫu lực sinh ra sẽ làm vật mất cân bằng.

Lý do phải thực hiện cân bằng động.



Vậy, để cân bằng vật quay dày, hai điều kiện sau cần phải được thỏa mãn:

$$P_i^{qt} = 0$$

$$M_i^{qt} = 0$$

Vật quay dày

- Khi cân bằng động, ta sẽ cân bằng những vật quay có kích thước chiều trục tương đối lớn so với bán kính - gọi là những vật quay dày. (R/B < 5)

- Vật quay dày được định nghĩa là *"vật quay mà các khối lượng của nó được coi như phân bố trên nhiều mặt phẳng khác nhau vuông góc với trục quay"*.

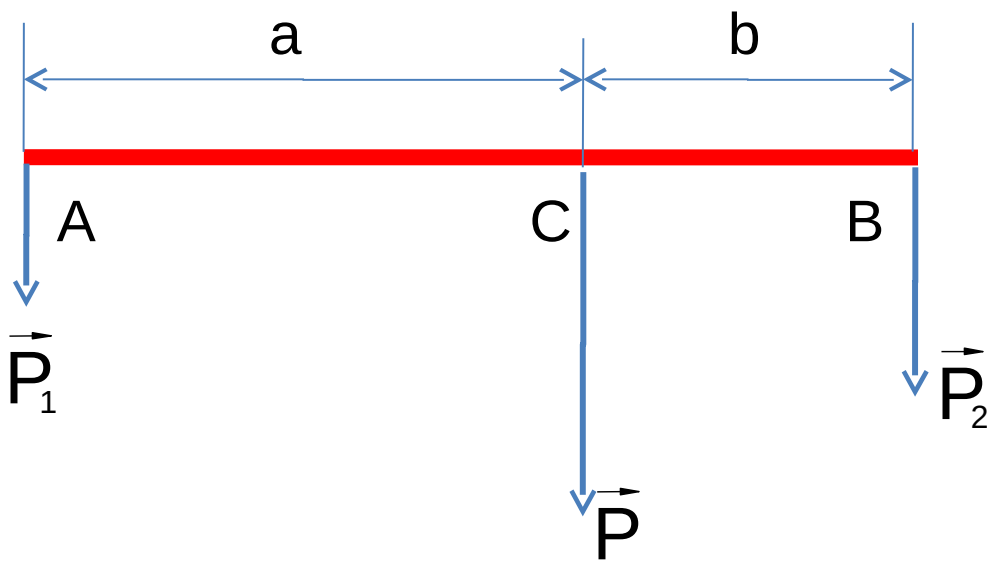
- Ví dụ về vật quay dày: rôto của máy điện, trục khuỷu, …

Phương pháp chia lực

- Thay thế một lực bằng hai lực song song có cùng tác dụng về lực và momen

Thanh AB có lực P đặt tại C

Ta thay thế lực P bởi hai lực P1 và P2 hoàn toàn tương đương về tác dụng lực và mômen nếu:



$$P_i = P_1 + P_2$$

$$P_1.a = P_2.b$$

Cân bằng vật quay dày

- Giả sử có vật quay dày với các khối lượng m1, m2, m3 tập trung trên 3 mặt phẳng 1, 2 và 3 vuông góc với trục quay của vật, vị trí của chúng được xác định bởi các bán kính véctơ .

- Khi cho đĩa quay với vận tốc góc ω sẽ xuất hiện các lực quán tính li tâm:

$$P_i = m_1.r_i.\omega^2 ; i = 1, 2, 3$$

- Để cân bằng ta sẽ dùng phương pháp chia lực:

Chọn hai mặt phẳng I, II tùy ý vuông góc với trục quay làm những mặt phẳng cân bằng. Khoảng các từ các mặt phẳng 1, 2, 3 đến hai mặt phẳng I, II lần lượt là a1, a2, a3 và b1, b2, b3. Trong mặt phẳng chứa lực và trục quay ta chia thành hai lực thành phần nằm trên hai mặt phẳng cân bằng I, II. Phép chia phải thỏa mãn điều kiện sau:

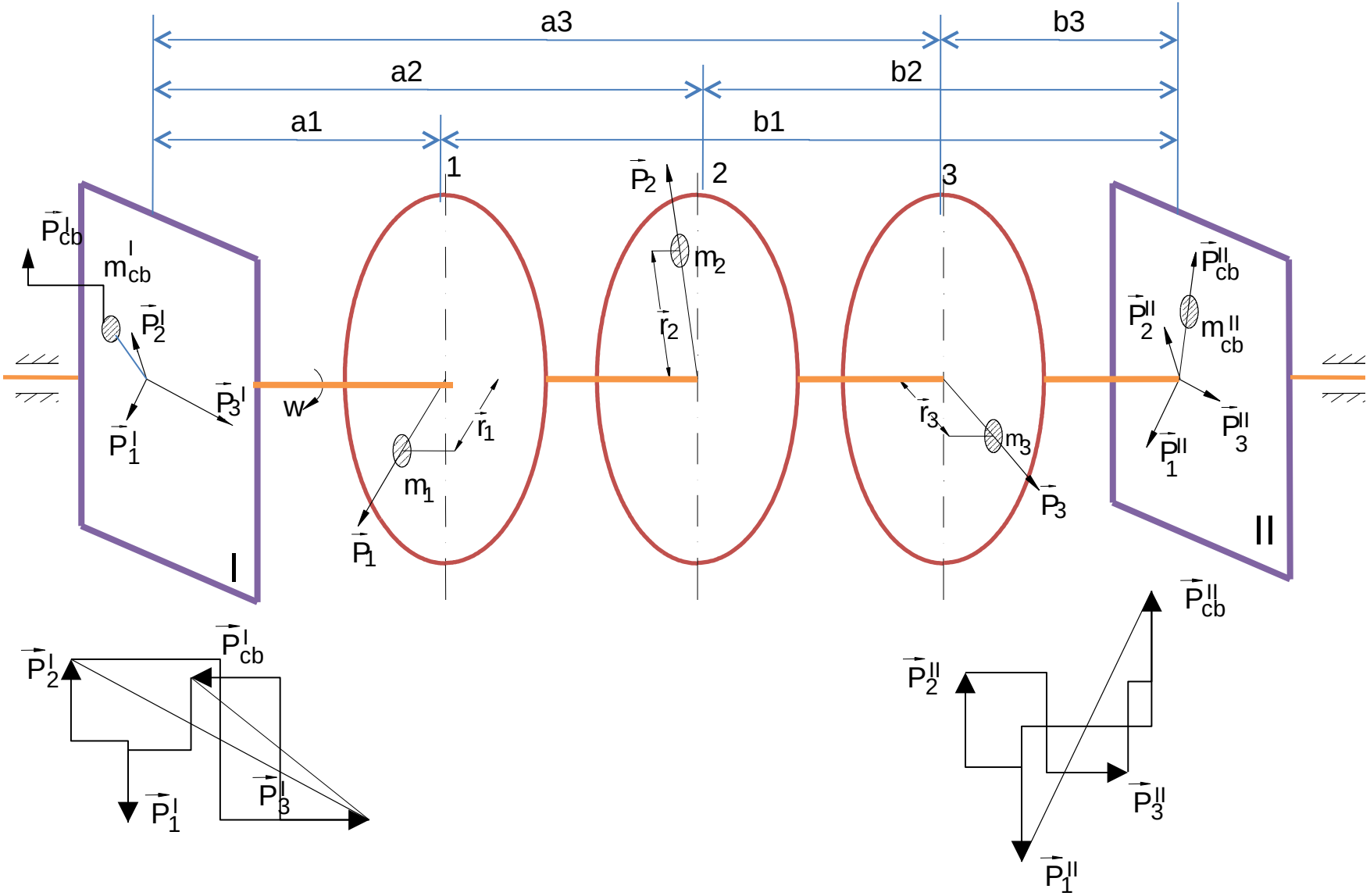
$$P_i = P_i^I + P_i^{II}$$

$$P_i^I.a_i = P_i^{II}.b_i$$

Chương 4 CÂN BẰNG MÁY

4.3. Cân bằng động vật quay dày

4.3.2. Nguyên tắc cân bằng vật quay dày



Cân bằng vật quay dày

- Ta thấy các lực quán tính li tâm trong các mặt phẳng 1, 2, 3 đã được chia về hai mặt phẳng cân bằng I, II và hai hệ lực phẳng mới hoàn toàn tương đương với hệ lực không gian ban đầu về cả phương diện lực và mômen.

- Muốn vật cân bằng thì tổng các lực trên từng mặt phẳng cân bằng I, II phải bằng không. Do đó ta tiến hành cân bằng trên từng mặt phẳng bằng cách đặt lên chúng các khối lượng mcbI, mcbII sao cho khi vật quay, các lực quán tính li tâm:

$$P_{cb}^{I} = m_{cb}^{I}.r_{cb}^{I}.\omega^2,\ P_{cb}^{II} = m_{cb}^{II}.r_{cb}^{II}.\omega^2$$

thỏa mãn:

$$\vec{P}_1^I + \vec{P}_2^I + \vec{P}_3^I + \vec{P}_{cb}^I = 0$$

$$P_1^{II} + P_2^{II} + P_3^{II} + P_{cb}^{II} = 0$$

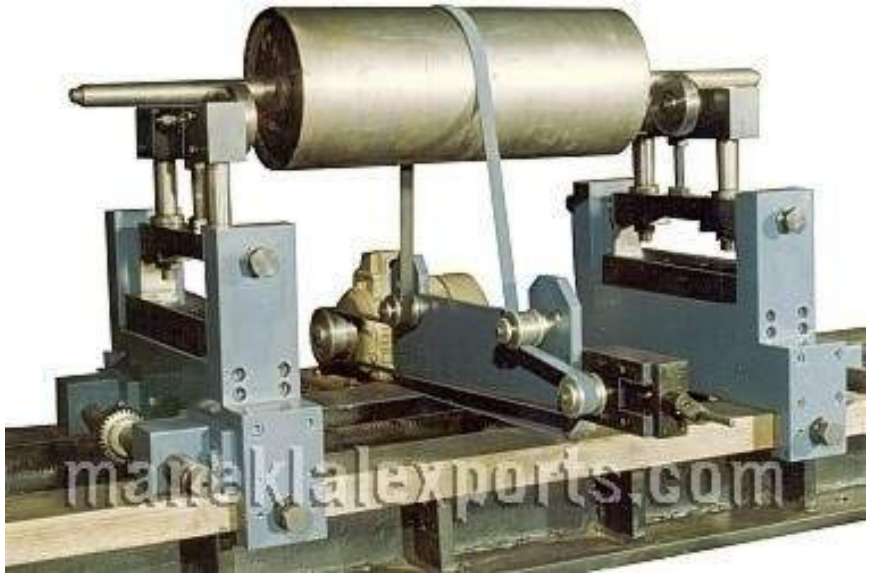
Cân bằng vật quay dày

- Bằng phương pháp đa giác lực ta xác định được PcbI và PcbII từ đó xác định được cần đặt lên hai mặt phẳng cân bằng những khối lượng bằng bao nhiêu và ở vị trí nào để vật cân bằng.

- Nhận xét:
  - Để cân bằng vật quay dày ta sẽ cần ít nhất 2 đối trọng đặt trên 2 mặt phẳng khác nhau vuông góc với trục quay.
  - Trong thực tế cần tiến hành trên máy cân bằng động.

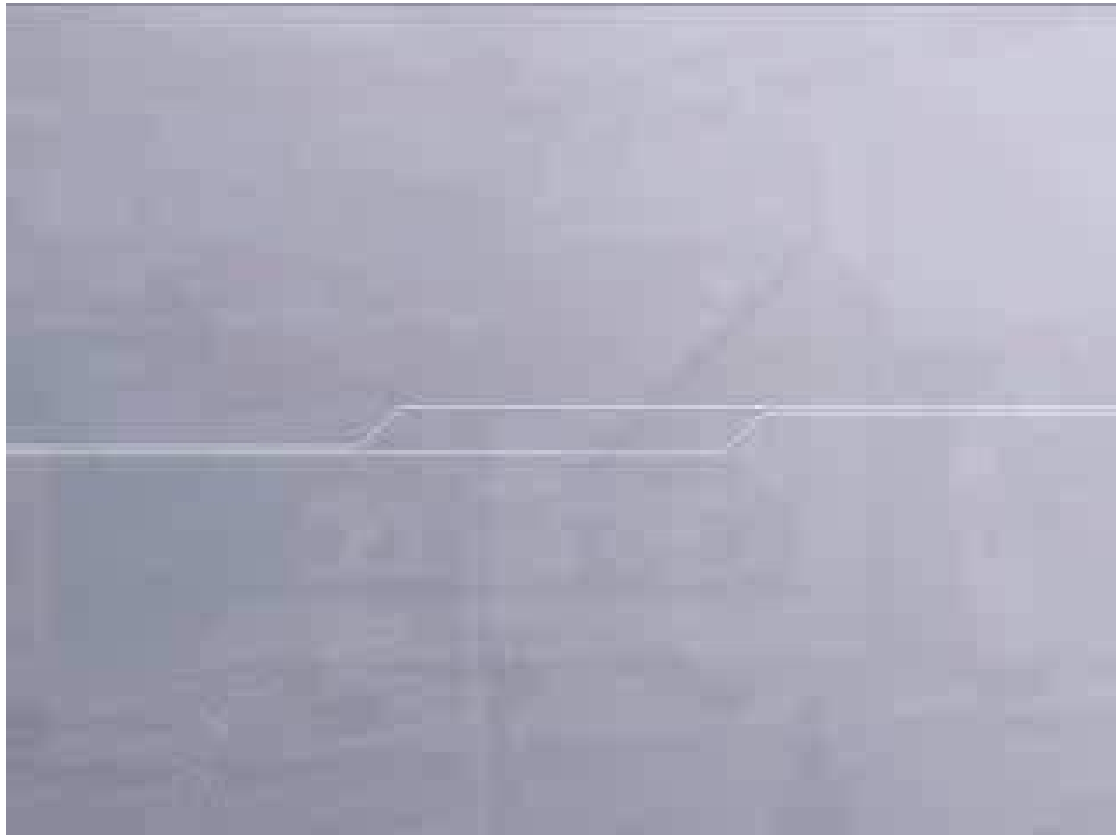
4.3. Cân bằng động vật quay dày

4.3.3. Giới thiệu về máy cân bằng động



Cân bằng trục ngang

Cân bằng trục dọc



4.4. Cân bằng cơ cấu

- Chỉ xét trường hợp cơ cấu phẳng.
- Bất kỳ cơ cấu nào cũng là một hệ chất điểm có khối tâm luôn di động trong quá trình chuyển động của cơ cấu. Khi thu gọn các lực quán tính trong cơ cấu về khối tâm sẽ thu được một véctơ chính Pqt và mômen chính Mqt . Cơ cấu sẽ cân bằng nếu trong quá trình chuyển động của nó Pqt và Mqt luôn bằng không. Do việc cân bằng mômen chính rất phức tạp nên ta sẽ tập trung vào việc cân bằng lực quán tính chính với:

$$P_{qt} = -Ma_S$$

Trong đó: m là khối lượng cả cơ cấu

aS là gia tốc của khối tâm S của cơ cấu

4.4. Cân bằng cơ cấu

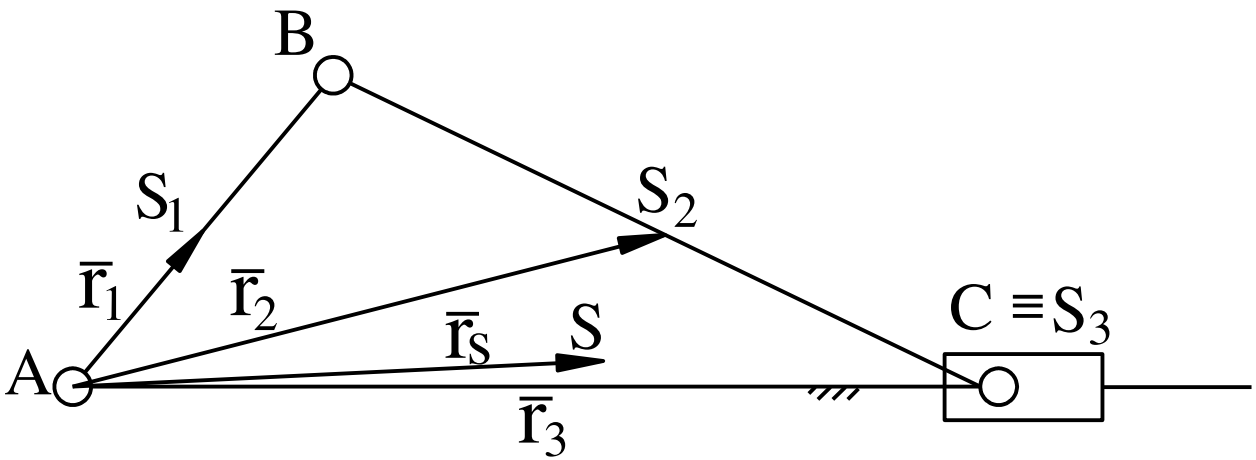
- Muốn triệt tiêu lực P thì gia tốc aS của khối tâm phải bằng không khối tâm phải cố định hoặc chuyển động thẳng đều.
- Trường hợp cơ cấu chuyển động thẳng đều ít xảy ra do cơ cấu thông thường chuyển động có chu kỳ, nên bài toán cân bằng cơ cấu nhiều khâu qui về việc phân bố khối lượng của các khâu sao cho khối tâm chung của cơ cấu phải cố định.

$$\vec{r}_S \quad \frac{\overset{n}{\underset{i\ 1}{}} m_i . \vec{r}_{S_i}}{m} \quad const \quad \text{với} \quad m \quad \overset{n}{\underset{i\ 1}{}} m_i$$

rS là bán kính véc tơ khối tâm chung của cơ cấu.

ri là bán kính véc tơ khối tâm của khâu thứ i có khối lượng mi.

Xét cơ cấu tay quay con trượt



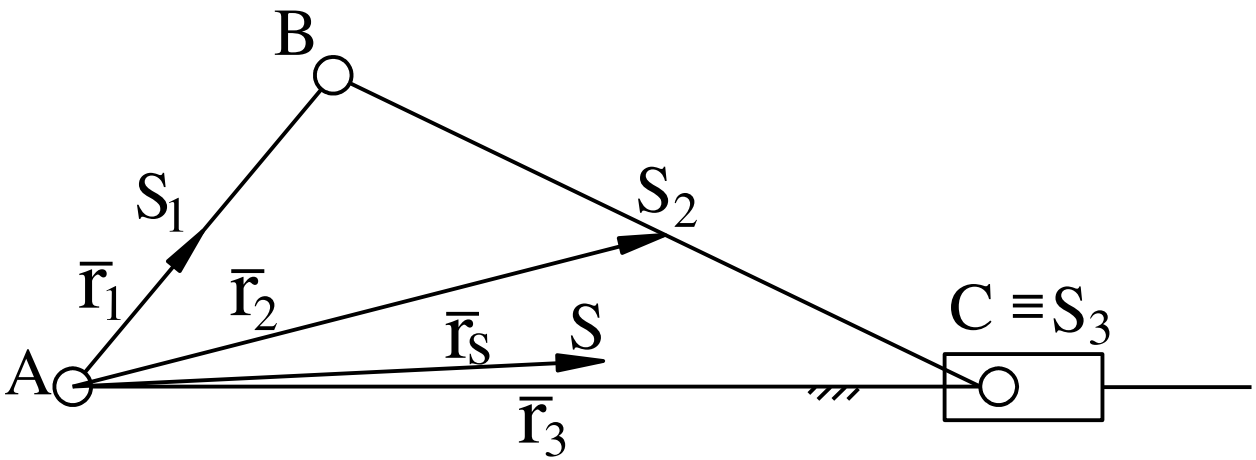
- Khối tâm chung của cơ cấu được xác định bởi véctơ rS :

$$\vec{r}_s = \frac{m_1.r_1 + m_2.r_2 + m_3.r_3}{m}$$ với $r_1 = s_1;\ r_2 = l_1 + s_2;\ r_3 = l_1 + l_2 + s_3$

$$\vec{r}_s = \frac{m_1.s_1 + m_2.(l_1 + s_2) + m_3.(l_1 + l_2 + s_3)}{m}$$

$$\vec{r}_s = \frac{m_1.s_1 + (m_2 + m_3).l_1 + m_2.s_2 + m_3.l_2 + m_3.s_3}{m}$$

Xét cơ cấu tay quay con trượt



Muốn rS không đổi, điều kiện sau buộc phải thỏa mãn:

$$m_1.\vec{s}_1 + (m_2 + m_3).\vec{l}_1 = 0$$

$$m_2.\vec{s}_2 + m_3.\vec{l}_2 = 0$$

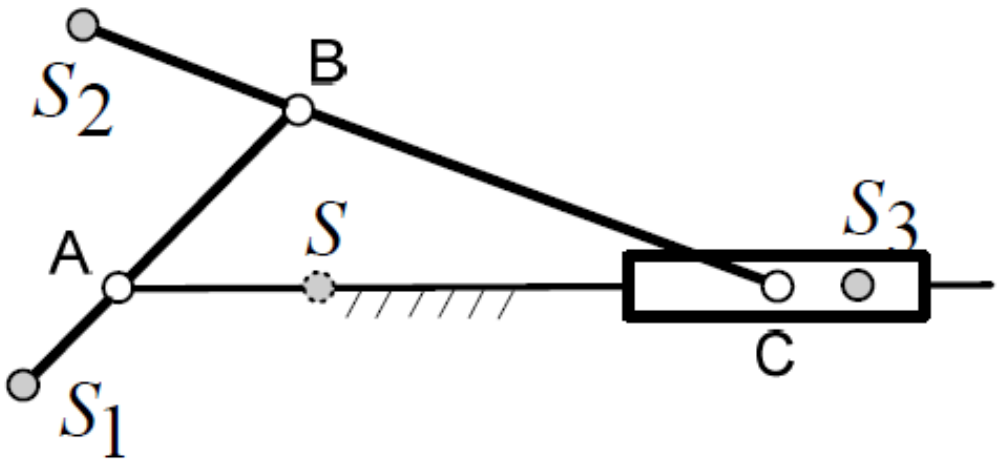
$$\vec{s}_1 = -\frac{(m_2 + m_3)}{m_1}.\vec{l}_1$$

$$\vec{s}_2 = -\frac{m_3}{m_2}.\vec{l}_2$$

Đây là những điều kiện của trọng tâm khâu (1) và (2) để khối tâm chung S của cơ cấu tay quay con trượt có vị trí không đổi, khi đó cơ cấu sẽ được cân bằng.

Xét cơ cấu tay quay con trượt

Sau khi phân bố lại khối lượng trên các khâu



Trọng tâm của cơ cấu cố định tại S (không thay đổi tại mọi vị trí của cơ cấu

Vậy: cân bằng cơ cấu là *phân bố lại khối lượng sao cho trọng tâm S cố định.*