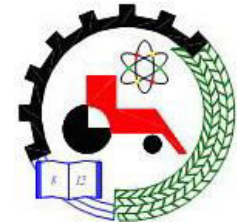




NGUYÊN LÝ MÁY



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



Chương 4

MA SÁT TRONG KHỚP ĐỘNG

NỘI DUNG



I. ĐẠI CƯƠNG

II. MA SÁT TRÊN KHỚP TỊNH TIẾN

III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY

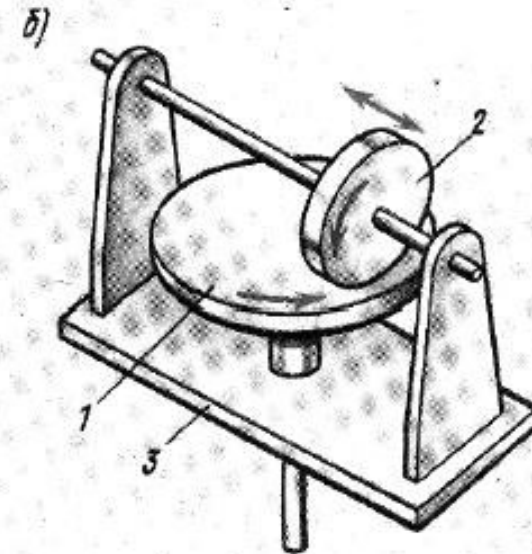
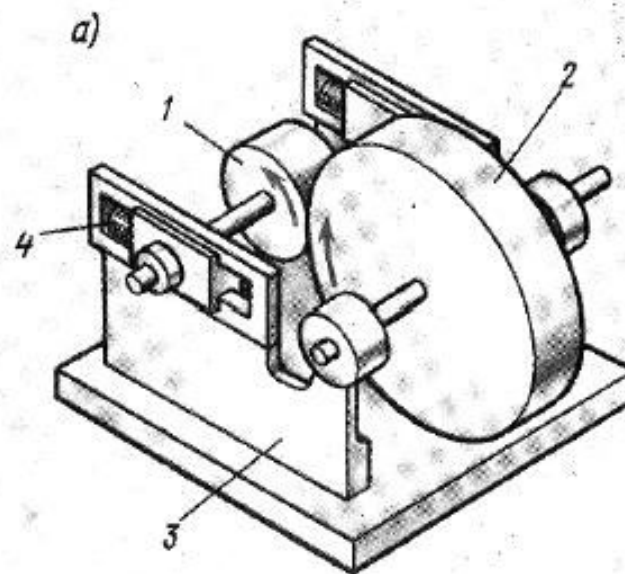
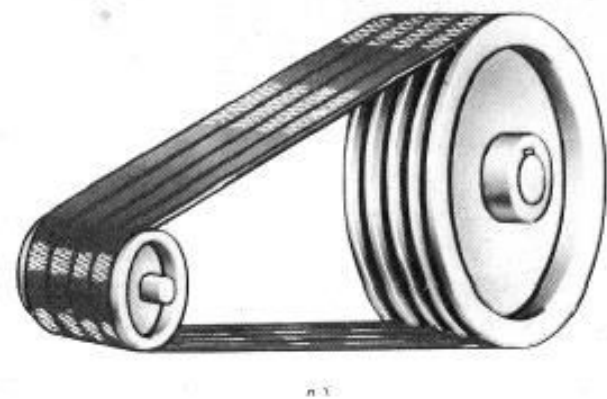
IV. MA SÁT LĂN

V. TRUYỀN ĐỘNG MA SÁT



I. ĐẠI CƯƠNG

- Ma sát là một hiện tượng phổ biến trong tự nhiên và kỹ thuật
- Ma sát vừa có lợi vừa có hại
 - + Hại: giảm hiệu suất máy, làm nóng máy, làm mòn chi tiết máy
 - + Lợi: một số cơ cấu hoạt động dựa trên nguyên lý ma sát như phanh, đai...



→ Nghiên cứu tác dụng của ma sát để tìm cách giảm mặt tác hại và tận dụng mặt có ích của ma sát



I. ĐẠI CƯƠNG



Trường hợp có ma sát nghỉ



Trường hợp thiếu ma sát nghỉ

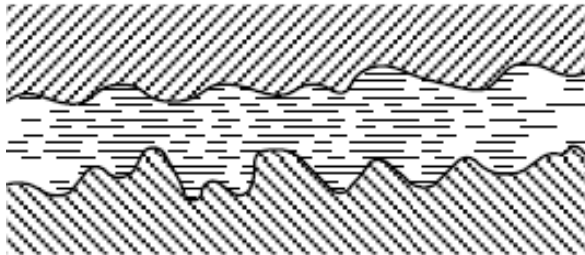


I. ĐẠI CƯƠNG

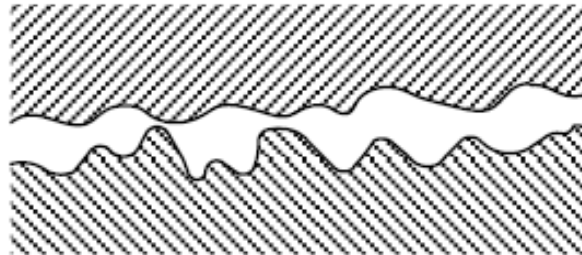
1. Phân loại

- Theo tính chất tiếp xúc

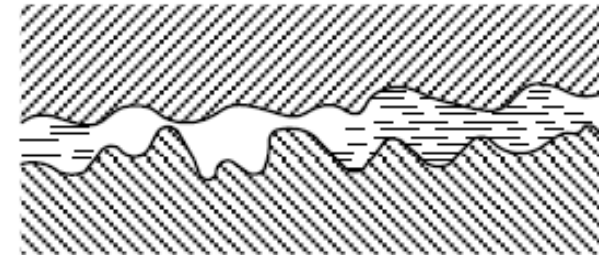
+ Ma sát ướt



+ Ma sát khô



+ Ma sát 1/2 ướt, 1/2 khô



- Theo tính chất chuyển động

+ Ma sát trượt



+ Ma sát lăn



Theo trạng thái chuyển động

+ Ma sát tĩnh

+ Ma sát động

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

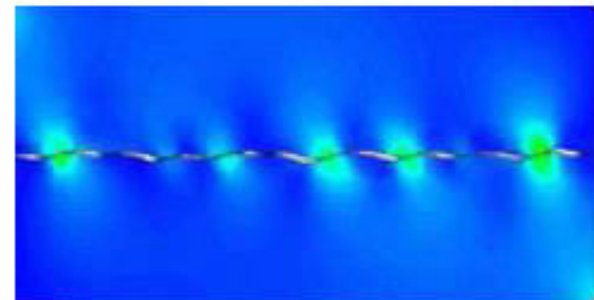
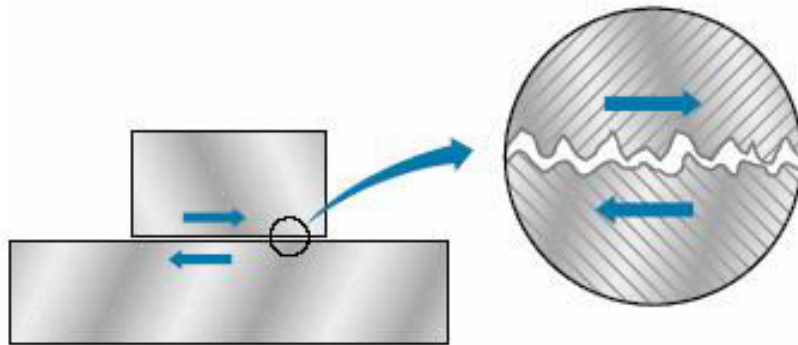
Trường ĐHTN Nông Lâm TPHCM



I. ĐẠI CƯƠNG

2. Nguyên nhân của hiện tượng ma sát

- Nguyên nhân cơ học

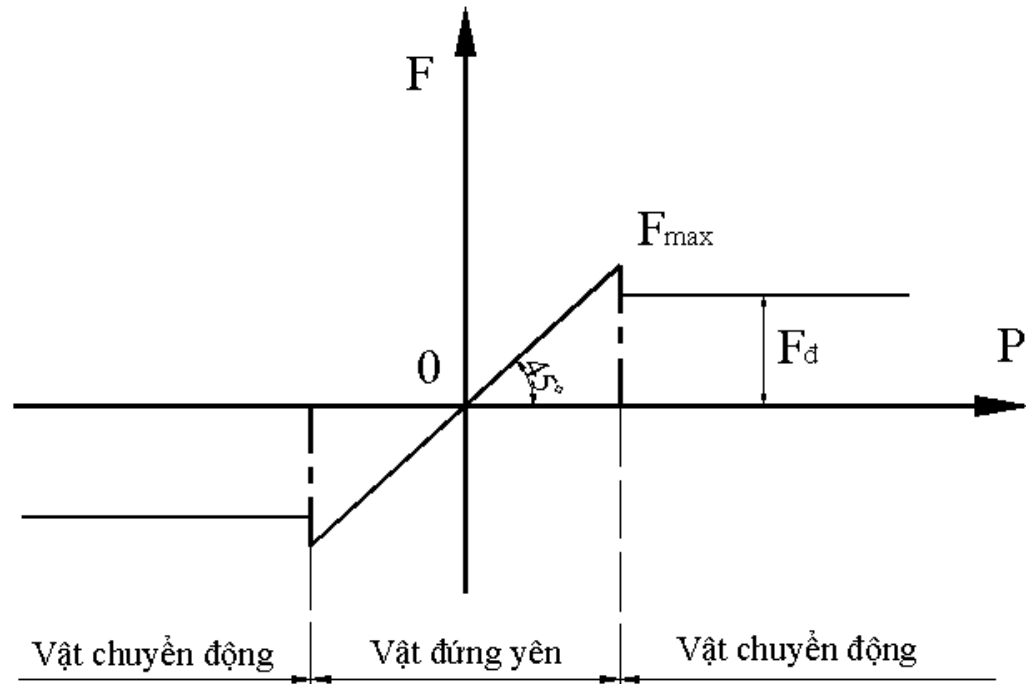
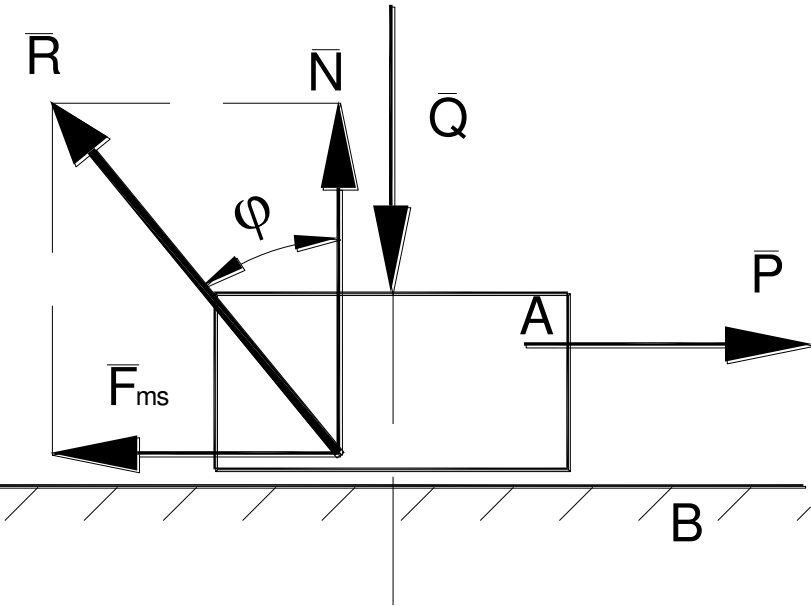


- Nguyên nhân vật lý. Do tác dụng của trường lực phân tử gây nên



I. ĐẠI CƯƠNG

3. Lực ma sát và hệ số ma sát



$$F_{ms} = f \cdot N$$

f: hệ số ma sát

Ma sát tĩnh

Ma sát động

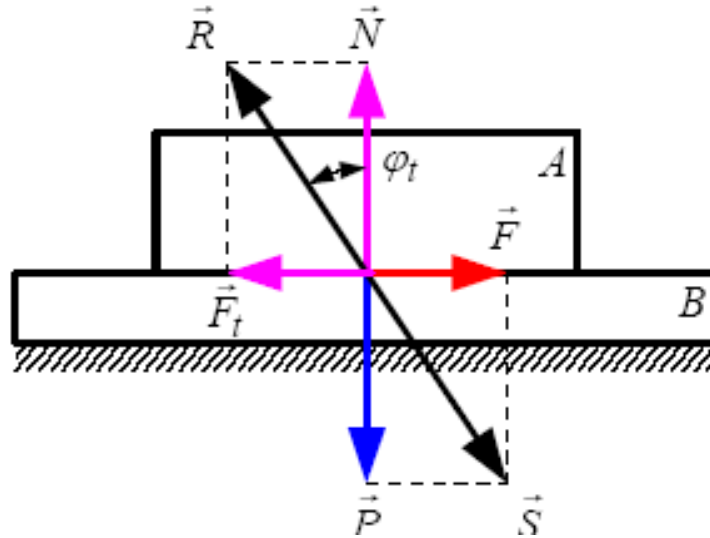


I. ĐẠI CƯƠNG

3. Lực ma sát và hệ số ma sát

$$\mathbf{F}_{ms} = f \cdot N$$

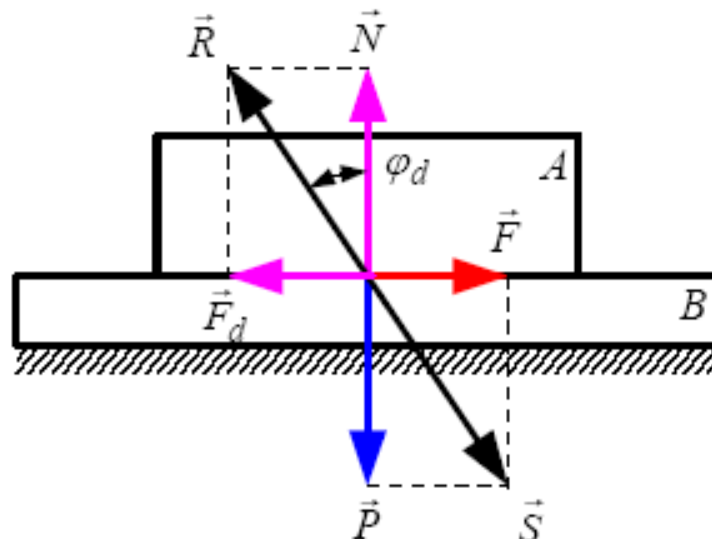
Ma sát tĩnh



$$f_t = \frac{F_{\max}}{N}$$

$$\tan \varphi_t = \frac{F_{\max}}{N} = f_t$$

Ma sát động



$$f_d = \frac{F_d}{N}$$

$$\tan \varphi_d = \frac{F_d}{N} = f_d$$



I. ĐẠI CƯƠNG

4. Định luật Coloumb về ma sát trượt khô

- Lực ma sát cực đại và lực ma sát động tỉ lệ với phản lực pháp tuyến

$$F_{\max} = f_t N$$

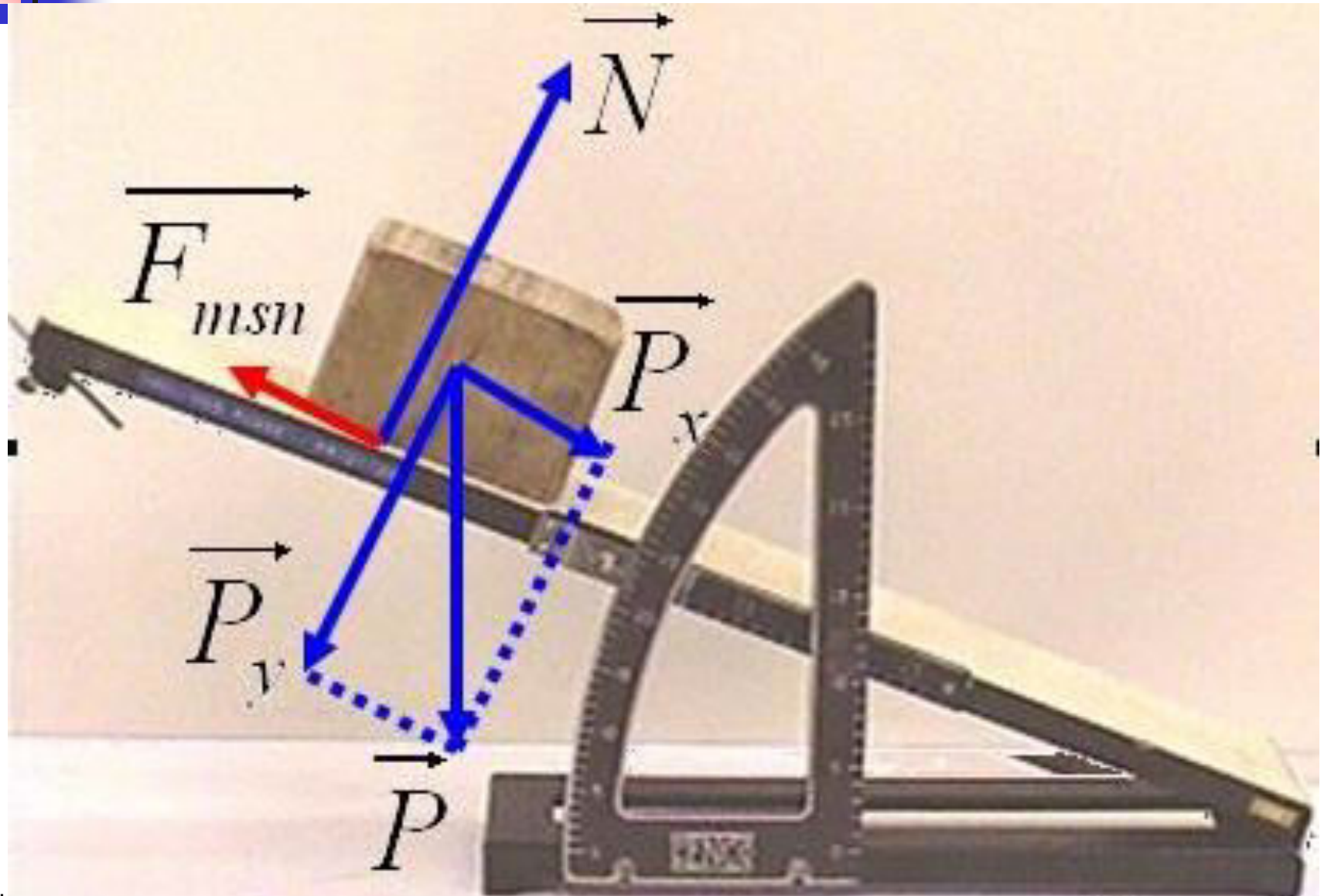
$$F_{\text{msđ}} = f_d N$$

- Hệ số ma sát phụ thuộc
 - + Vật liệu bề mặt tiếp xúc
 - + Trạng thái bề mặt tiếp xúc (phẳng hay không phẳng)
 - + Thời gian tiếp xúc
- Hệ số ma sát không phụ thuộc
 - + Áp lực tiếp xúc
 - + Diện tích tiếp xúc
 - + Vận tốc tương đối giữa hai bề mặt tiếp xúc

- Đối với đa số vật liệu, $f_t > f_d$



I. ĐẠI CƯƠNG

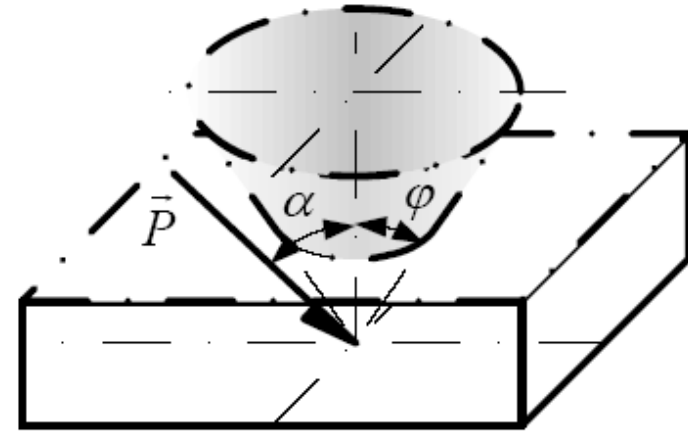
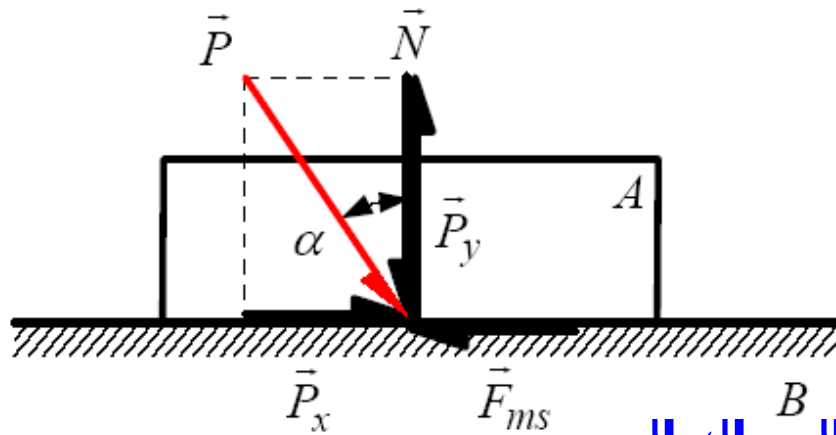


II. MA SÁT TRÊN KHỚP TÍNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



1. Ma sát trên mặt phẳng ngang



- Tác dụng lên A một lực $\vec{P}(\vec{P}_x, \vec{P}_y)$
- Lực phát động $P_d = P_x = P \sin \alpha$
- Lực cản $P_c = F_{ms} = f N = f P \cos \alpha$
- Điều kiện chuyển động: **lực phát động > lực cản**

$$P \sin \alpha \geq f P \cos \alpha$$

$$\tan \alpha \geq f = \tan \varphi$$

$$\alpha \geq \varphi \rightarrow \text{Khái niệm nón ma sát}$$

Ngược lại: $\alpha < \varphi \rightarrow$ Vật A không thể chuyển động \rightarrow Hiện tượng tự hãm

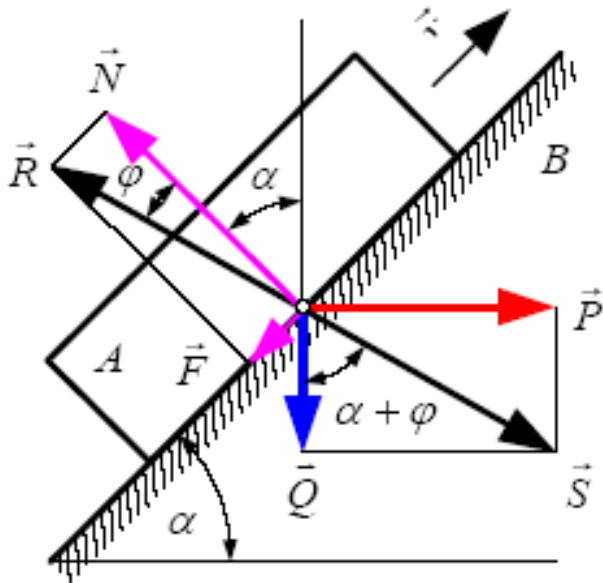
II. MA SÁT TRÊN KHỚP TÍNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



2. Ma sát trên mặt phẳng nghiêng

- Trường hợp A đi lên trên mặt phẳng nghiêng



+ Lực tác dụng

$$Q, P, N, F$$

+ Phương trình cân bằng lực

$$P + Q + N + F = 0$$

+ Tại vị trí cân bằng lực

$$P = Q \tan(\alpha + \varphi)$$

→ Để A chuyển động

$$P \geq Q \tan(\alpha + \varphi)$$

+ Điều kiện tự hãm

$$\alpha + \varphi = \pi/2$$

$$\alpha + \varphi > \pi/2$$

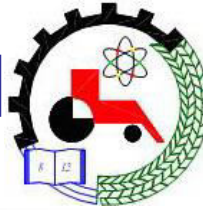
$P \rightarrow \infty$ không thể thực hiện được lực P lớn như vậy

$\tan(\alpha + \varphi) < 0 \rightarrow P$ nằm theo chiều ngược lại

→ Điều kiện tự hãm $\alpha + \varphi \geq \pi/2$

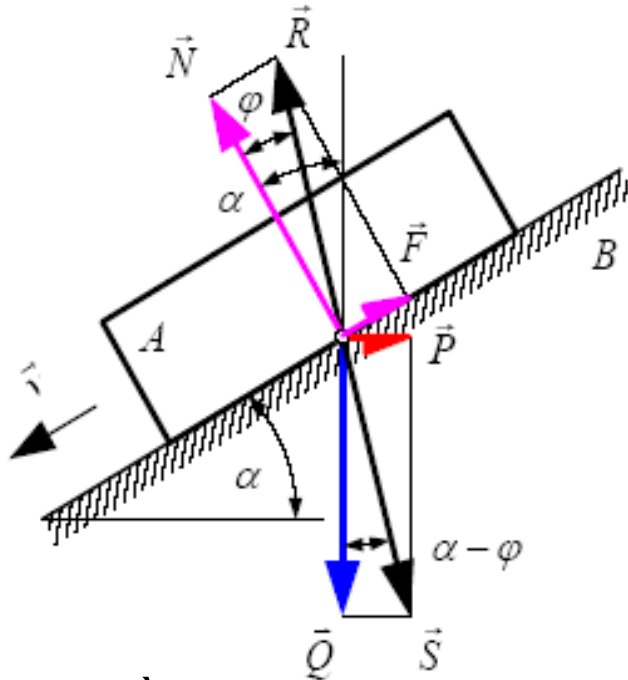
II. MA SÁT TRÊN KHỚP TÍNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



2. Ma sát trên mặt phẳng nghiêng

- Trường hợp A đi xuống trên mặt phẳng nghiêng



+ Lực tác dụng

$$Q, P, N, F$$

+ Phương trình cân bằng lực

$$P + Q + N + F = 0$$

+ Tại vị trí cân bằng lực

$$P = Q \tan(\alpha - \varphi)$$

→ Để A chuyển động

$$Q \geq \frac{P}{\tan(\alpha - \varphi)}$$

+ Điều kiện tự hãm

$$\alpha - \varphi = \pi/2$$

$$\alpha - \varphi > \pi/2$$

$Q \rightarrow \infty$ không thể thực hiện được lực Q lớn như vậy

$\tan(\alpha - \varphi) < 0 \rightarrow Q$ nằm theo chiều ngược lại

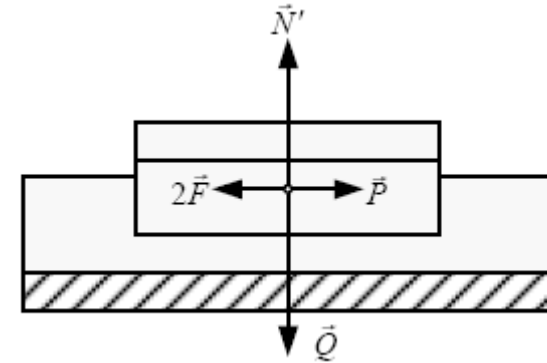
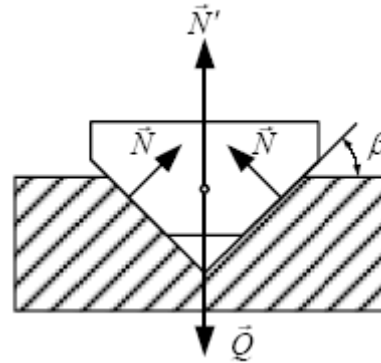
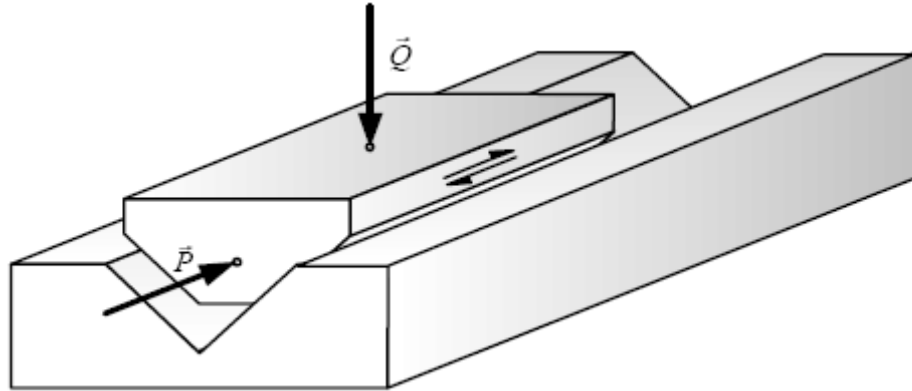
→ Điều kiện tự hãm $\alpha \leq \varphi$

II. MA SÁT TRÊN KHỚP TÍNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



3. Ma sát trên rãnh chữ V



+ Lực tác dụng

$$Q, P, N, F$$

+ Chiều các lực lên phương thẳng đứng

$$N' = 2N \cos \beta = Q$$



$$2N = \frac{Q}{\cos \beta}$$

+ Lực ma sát trên thành rãnh

$$F = f N$$

→ Điều kiện chuyển động

$$P \geq 2F$$

$$\Rightarrow P \geq 2fN = f \frac{Q}{\cos \beta} = f' Q$$

→ Ma sát trên rãnh chữ V lớn hơn ma sát trong mặt phẳng ngang

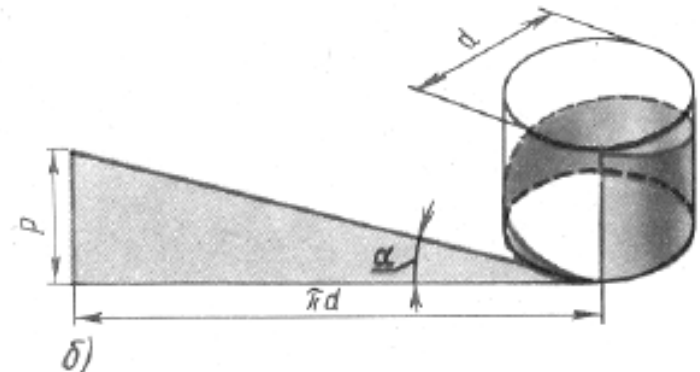
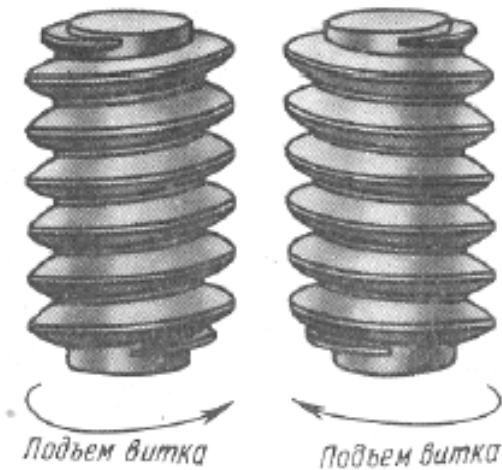
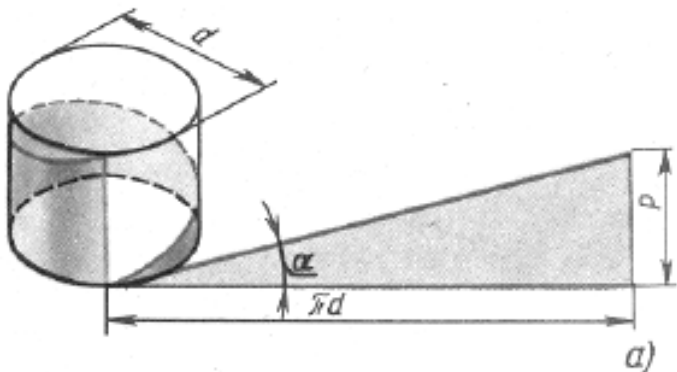
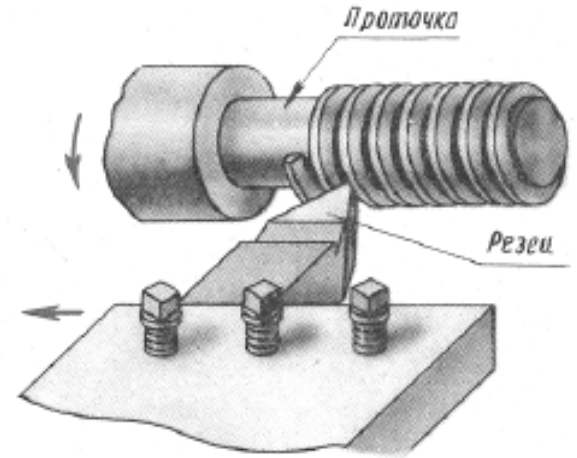
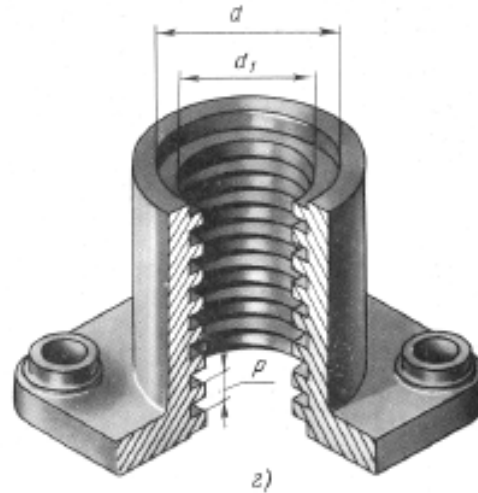
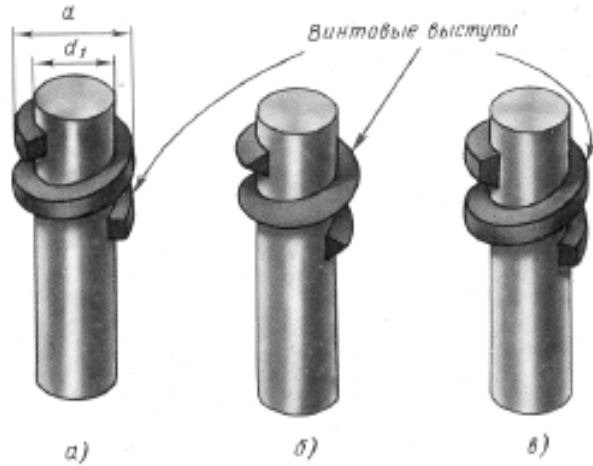
II. MA SÁT TRÊN KHỚP TỊNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



4. Ma sát trên khớp ren vít

- Cấu tạo ren vít

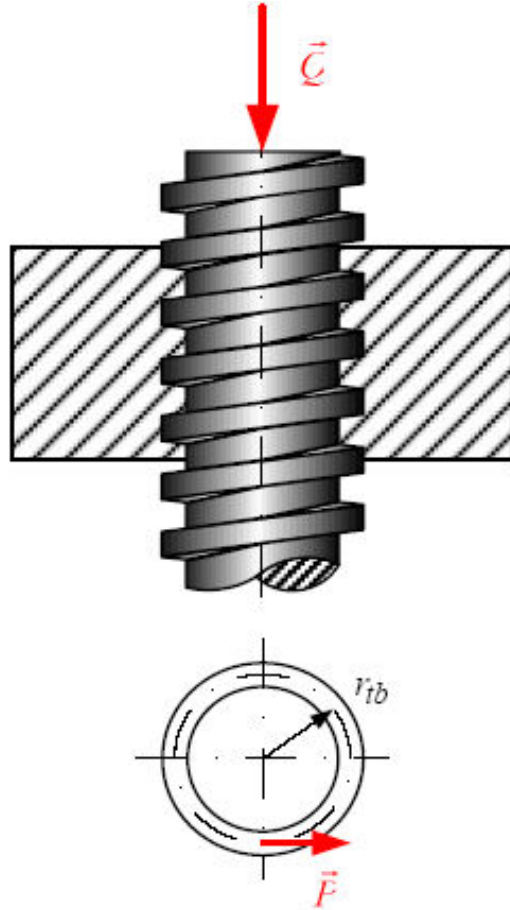


II. MA SÁT TRÊN KHỚP TỊNH TIẾN

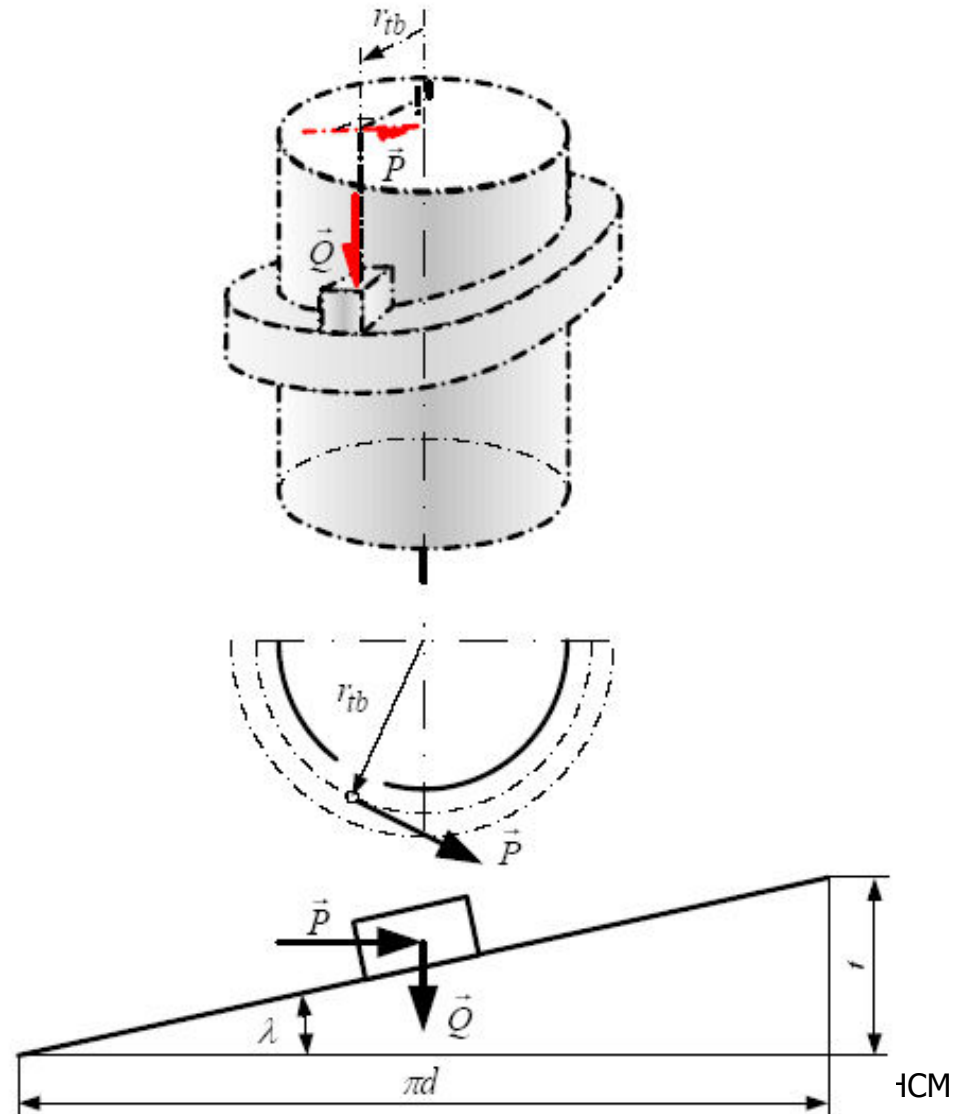
(ma sát trượt khô)



4. Ma sát trên khớp ren vít



a) Ma sát trên ren vuông



II. MA SÁT TRÊN KHỚP TỊNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



4. Ma sát trên khớp ren vít

a) Ma sát trên ren vuông

+ Để vít chuyển động \rightarrow tác dụng một moment M , có thể xem M là moment của một lực P

$$M = P \frac{d_{tb}}{2} = Pr_{tb}$$

+ Triển khai mặt ren theo mặt trụ ra mặt phẳng, mặt ren trở thành mặt phẳng nghiêng một góc λ

$$\lambda = \arctan \frac{t}{\pi d_{tb}}$$

\rightarrow Bài toán vật chuyển động trên mặt phẳng nghiêng

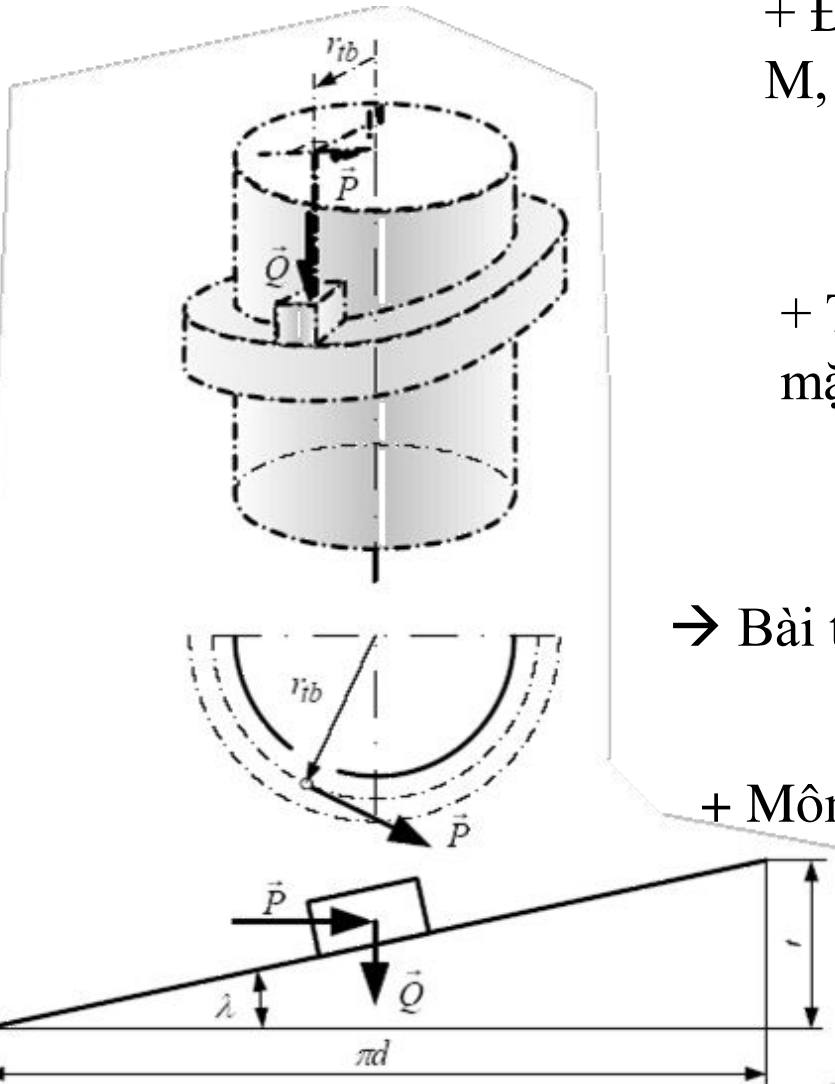
$$P = Q \tan(\lambda \pm \varphi)$$

+ Môment do P gây ra phải thắng moment ma sát

$$M \geq M_{ms} = Pr_{tb} = r_{tb} Q \tan(\lambda \pm \varphi)$$

+: vặn chặt, P phát động, Q cản

-: tháo lỏng, P cản, Q phát động

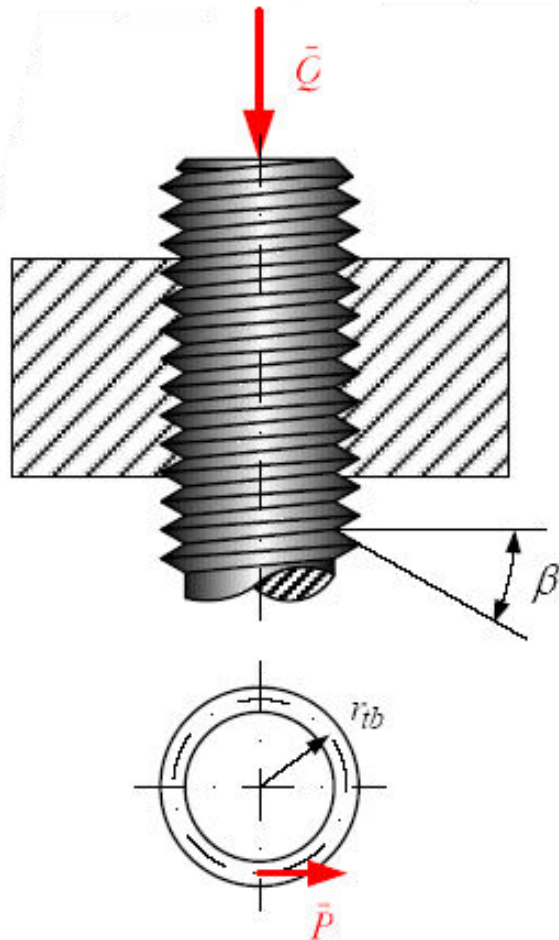


II. MA SÁT TRÊN KHỚP TỊNH TIẾN

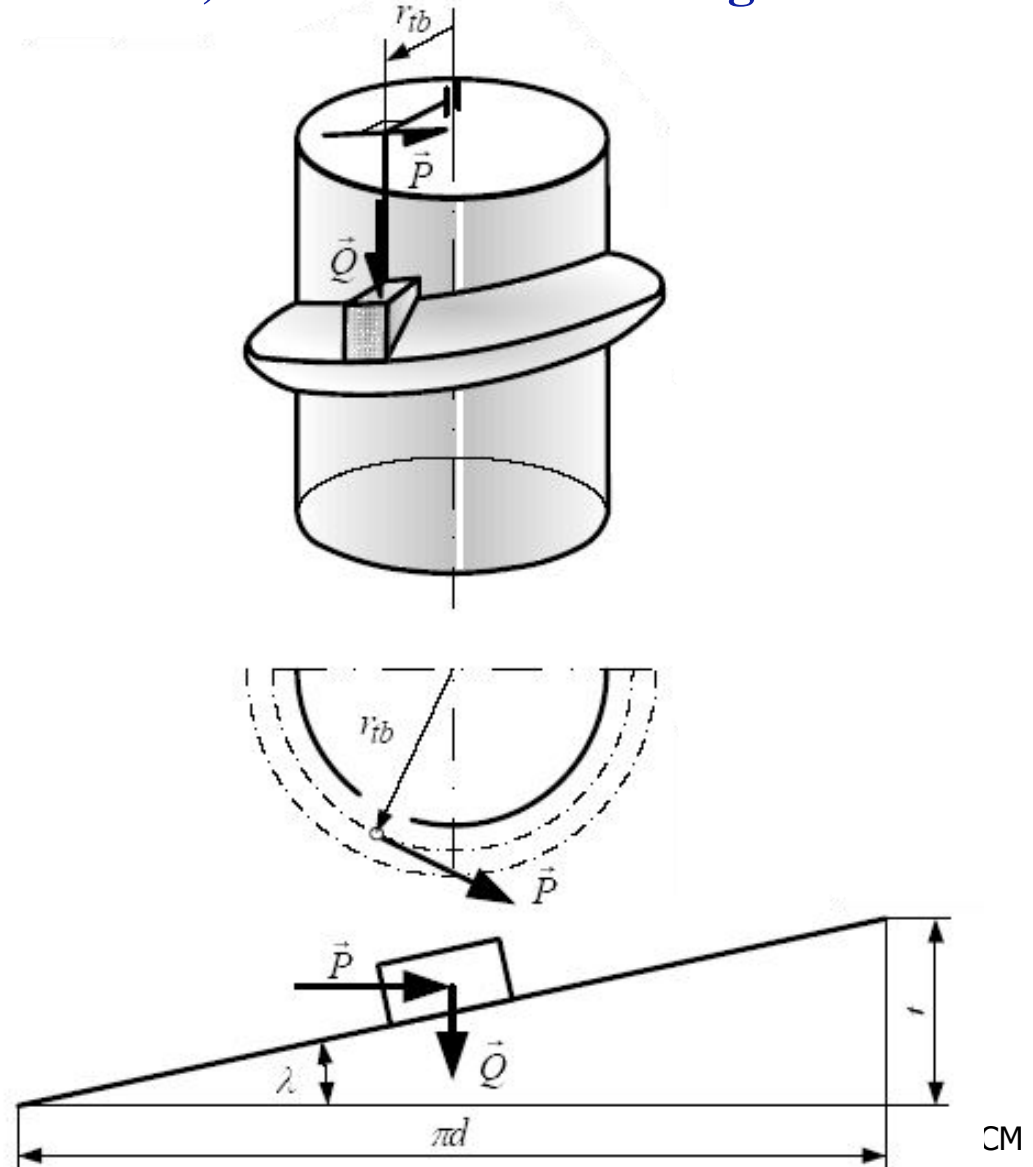
(ma sát trượt khô)



4. Ma sát trên khớp ren vít



b) Ma sát trên ren tam giác



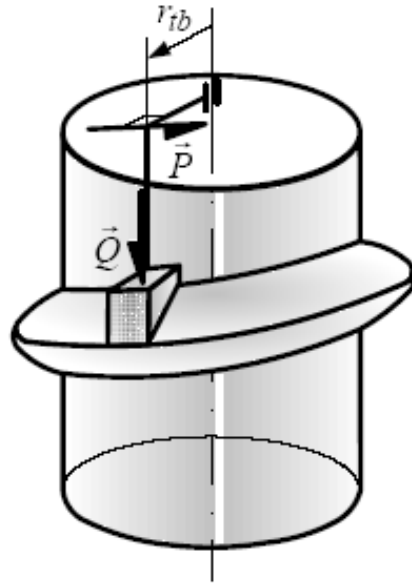
II. MA SÁT TRÊN KHỚP TỊNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



4. Ma sát trên khớp ren vít

b) Ma sát trên ren tam giác



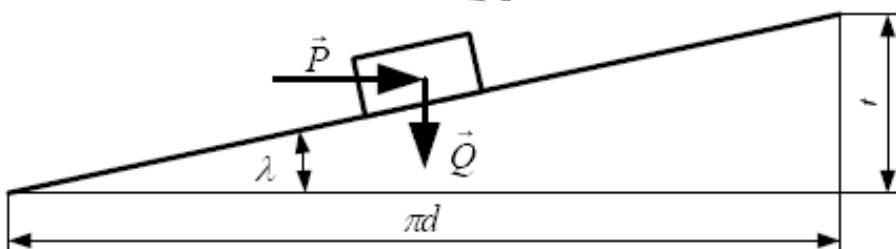
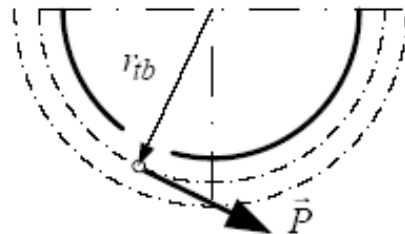
- + Ma sát trên khớp ren tam giác được xem gần đúng như ma sát trên rãnh chữ V có thành rãnh nghiêng một góc β và đặt nằm nghiêng một góc λ
- + Tương tự như ma sát trên ren vuông, ta có

$$P = Q \tan(\alpha \pm \varphi')$$

$$M_{ms} = r_{ib} Q \tan(\alpha \pm \varphi')$$

- + Góc ma sát thay thế

$$\varphi' = \arctan f = \arctan \left(\frac{f}{\cos \beta} \right)$$



II. MA SÁT TRÊN KHỚP TÍNH TIẾN

(ma sát trượt khô)



4. Ma sát trên khớp ren vít

c) So sánh ren tam giác và ren vuông

+ Môment cần thiết để vặn chặt vào trên ren vuông < trên ren tam giác

→ Dùng ren vuông để truyền động

$$M_{ms}^{\perp} = r_{tb} Q \tan(\lambda + \varphi) < r_{tb} Q \tan(\lambda + \varphi') = M_{ms}^{\Delta}$$

+ Môment cần thiết để tháo ra trên ren tam giác > trên ren vuông

→ Dùng ren tam giác trong các mối ghép tĩnh

$$M_{ms}^{\Delta} = r_{tb} Q \tan(\lambda - \varphi) > r_{tb} Q \tan(\lambda - \varphi') = M_{ms}^{\perp}$$

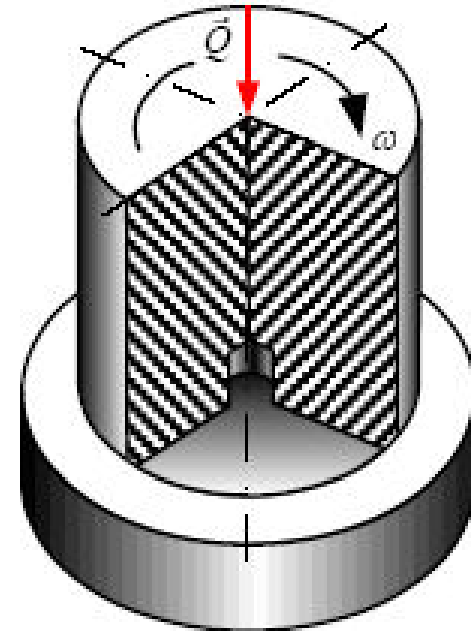
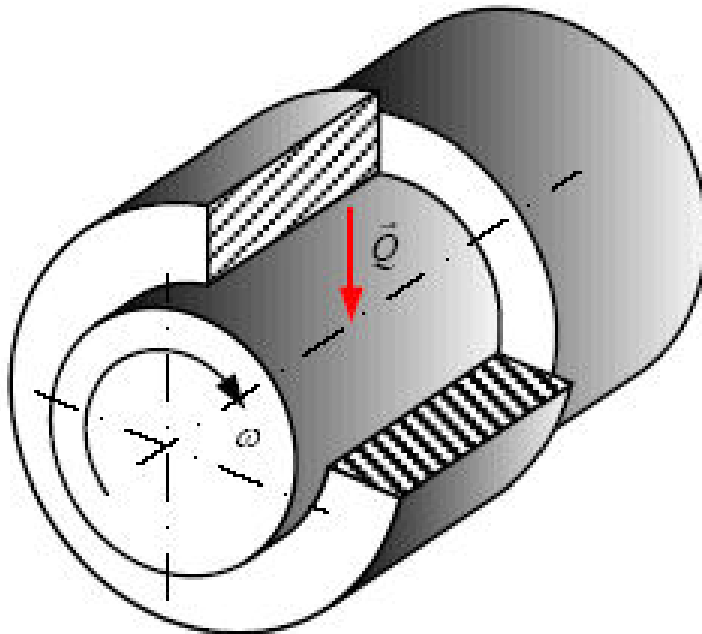


III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY

(ma sát trượt khô)



- Khớp quay dùng nhiều trong máy móc gọi là ổ trục
- Có hai loại ổ trục
 - + Ổ đỡ: chịu lực hướng kính (vuông góc với trục quay)
 - + Ổ chặn: chịu lực hướng trục (song song với đường tâm trục)



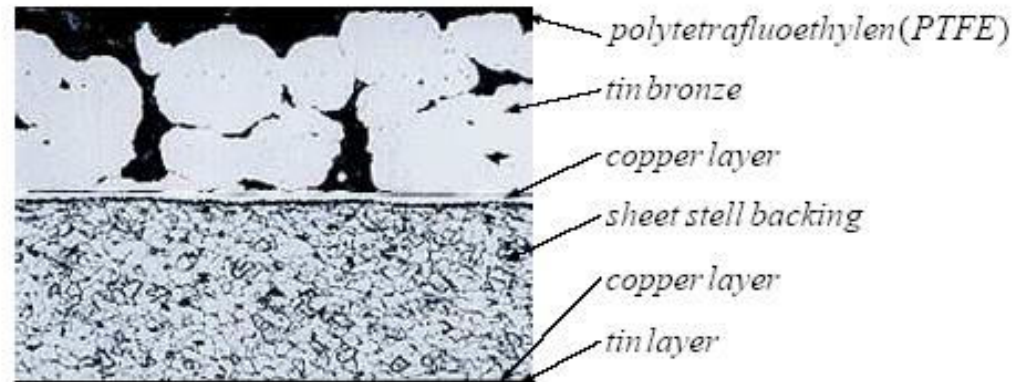
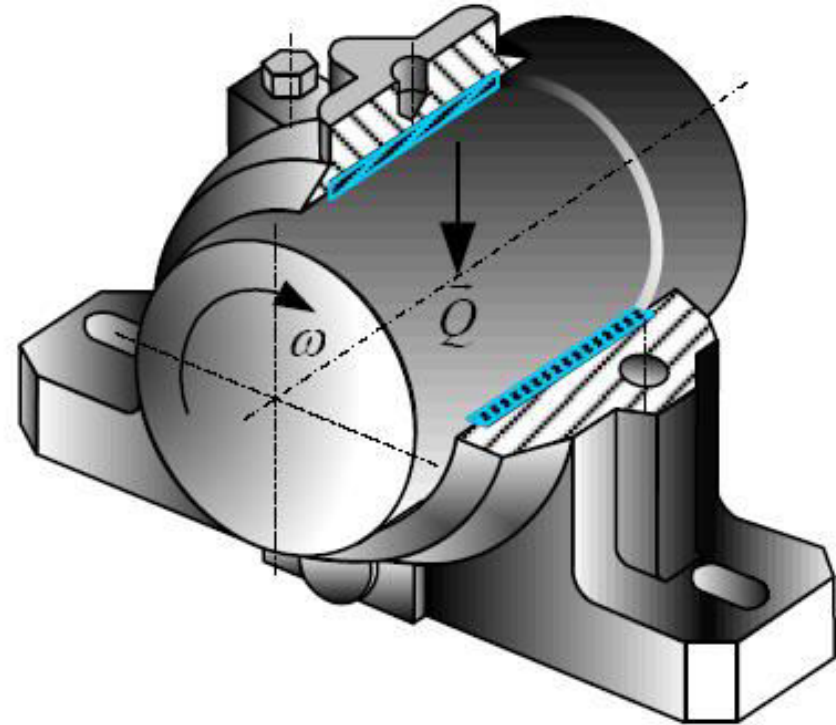
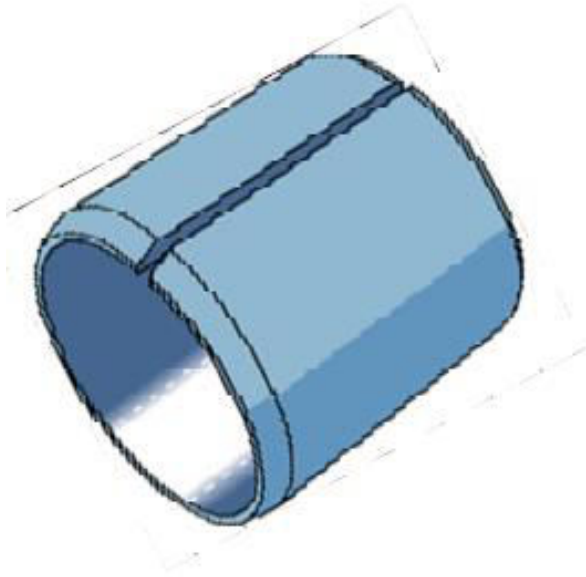
- Ổ chịu cả hai lực hướng kính và hướng trục gọi là ổ đỡ chặn

III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY

(ma sát trượt khô)



1. Ma sát trên ổ đỡ



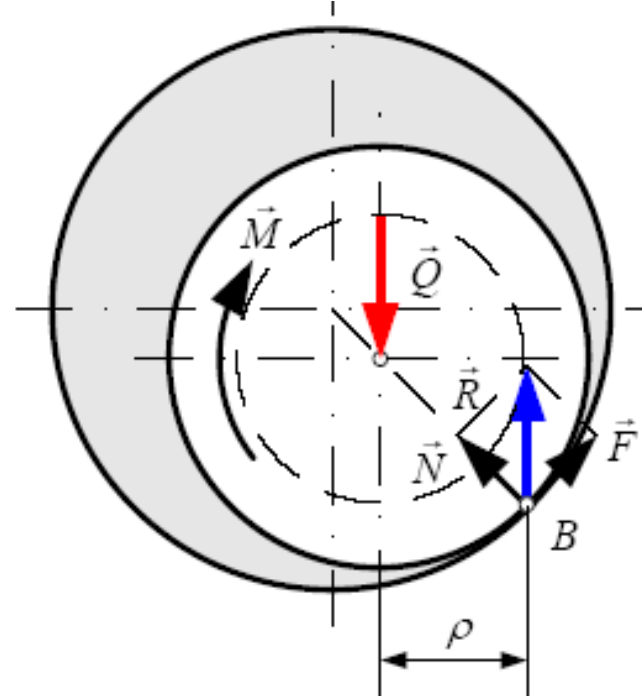
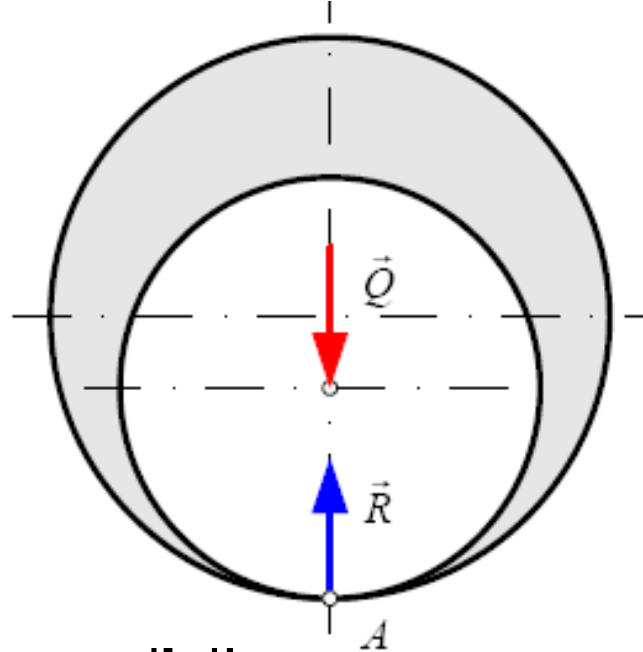
III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY

(ma sát trượt khô)



1. Ma sát trên ổ đỡ

Xét trường hợp ổ đỡ hở (đã mòn): giữa ngồng trục và máng lót có độ hở



$$M = M(\vec{R}, \vec{Q}) = R\rho = M_{ms}$$

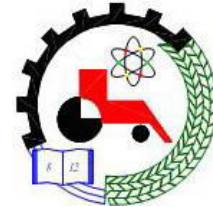
$$\begin{cases} F = f \cdot N \\ R^2 = F^2 + N^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N = \frac{1}{\sqrt{1+f^2}} R \\ F = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}} R \end{cases} \Rightarrow M(\vec{R}, \vec{Q}) = f' Qr \rightarrow$$

$$f' = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}$$

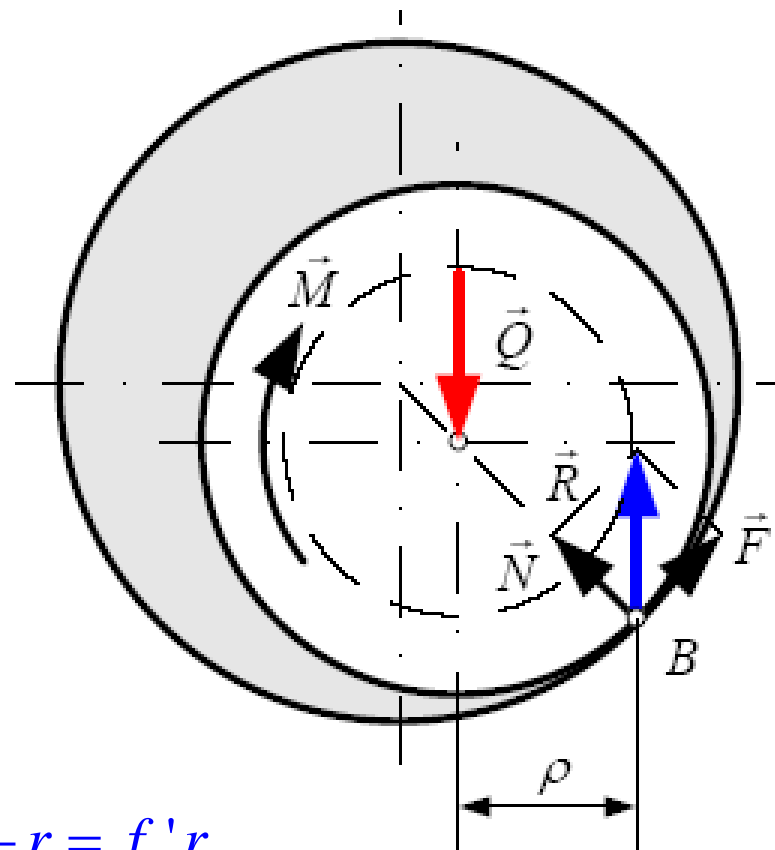
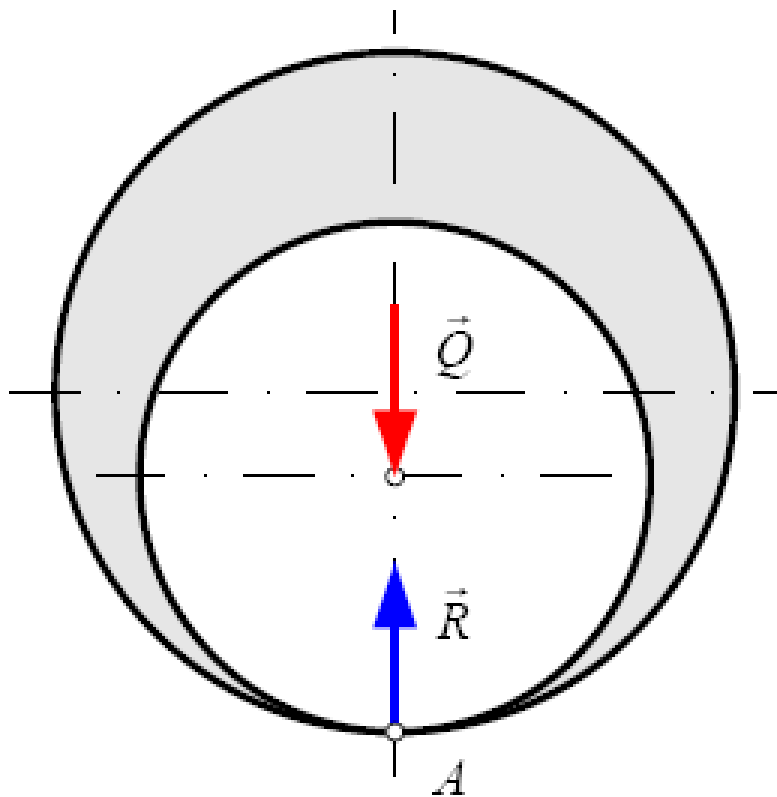
Nghệ

III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY

(ma sát trượt khô)



1. Ma sát trên ổ đỡ



Bán kính vòng ma sát ρ

$$\rho = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}} r = f' r$$

phụ thuộc vào vật liệu chế tạo ổ (f) và kết cấu của ổ (r)

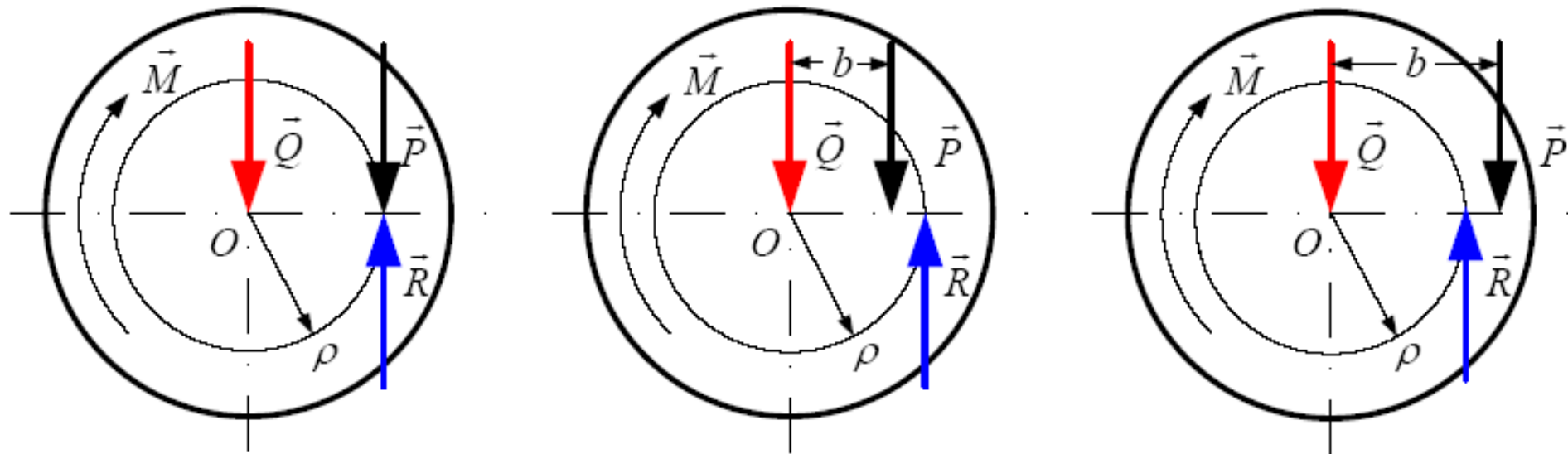
III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY

(ma sát trượt khô)



1. Ma sát trên ổ đỡ

Vòng ma sát và hiện tượng tự hãm



III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY



(ma sát trượt khô)

2. Ma sát trên ổ chặn

a. Ổ chặn còn mới

- Giả thuyết mặt phẳng tiếp xúc tuyệt đối phẳng
→ áp suất tiếp xúc phân bố đều

$$\rho = \frac{Q}{\pi(r_2^2 - r_1^2)}$$

- Xét hình vành khăn, diện tích
- Lực tác dụng trên dS

$$dS = 2\pi r dr$$

$$dN = p dS = \frac{Q}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} 2\pi r dr = \frac{2Qr}{r_2^2 - r_1^2} dr$$

- Lực ma sát trên dS

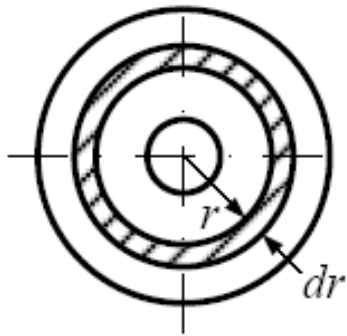
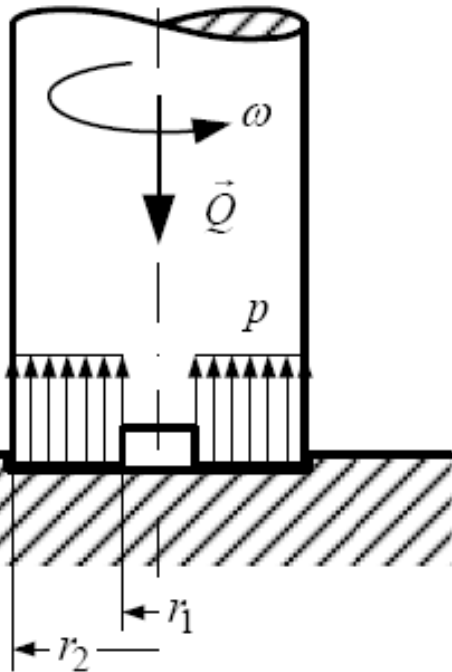
$$dF = f dN = f \frac{2Qr}{r_2^2 - r_1^2} dr$$

- Môment ma sát trên dS

$$dM = dF r = f \frac{2Qr}{r_2^2 - r_1^2} dr \cdot r = f \frac{2Qr^2}{r_2^2 - r_1^2} dr$$

- Môment ma sát trên ổ chặn (còn mới)

$$M = \int_{r_1}^{r_2} dM = \int_{r_1}^{r_2} f \frac{2Qr^2}{r_2^2 - r_1^2} dr = \frac{2}{3} fQ \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2}$$



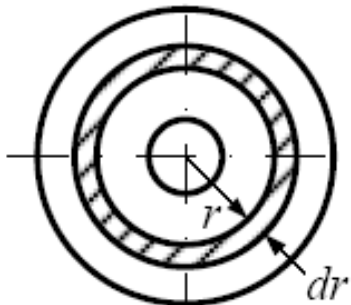
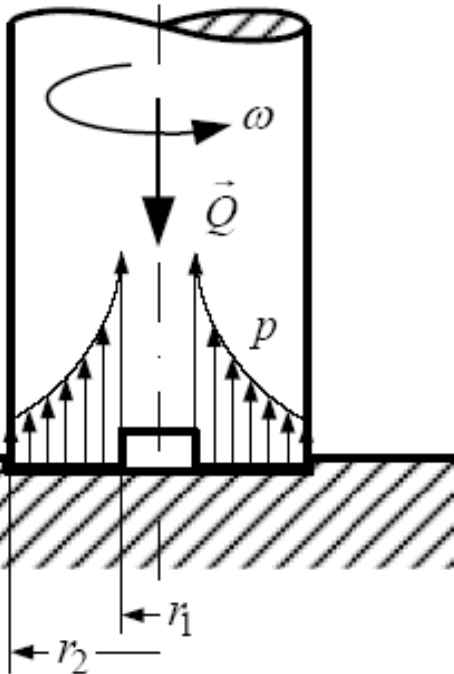
III. MA SÁT TRÊN KHỚP QUAY



(ma sát trượt khô)

2. Ma sát trên ổ chặn

b. Ổ chặn đã chạy mòn



- Giả thuyết chỉ có máng lót mòn, tại mọi điểm của bề mặt tiếp xúc độ mòn u tỉ lệ thuận với áp suất tiếp xúc p và vận tốc dài

$$u = k \cdot p \cdot \omega \cdot r \quad k = \text{const}$$

- Phân bố áp suất

$$p = \frac{u}{k \omega r} = \frac{A}{r} \quad A = \frac{u}{k \omega}$$

- Áp lực ma sát trên dS

$$dN = p dS = \frac{A}{r} 2\pi r \cdot dr = 2\pi A \cdot dr$$

$$\Rightarrow Q = \int_{r_1}^{r_2} dN = \int_{r_1}^{r_2} 2\pi A r dr = 2\pi A (r_2 - r_1)$$

$$\Rightarrow A = \frac{Q}{2\pi (r_2 - r_1)} \quad p = \frac{Q}{2\pi (r_2 - r_1) r}$$

- Môment ma sát trên ổ chặn (đã mòn)

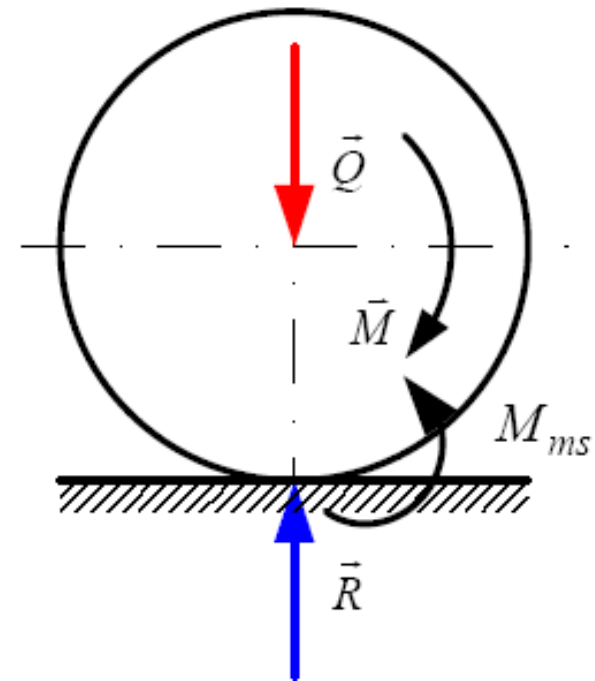
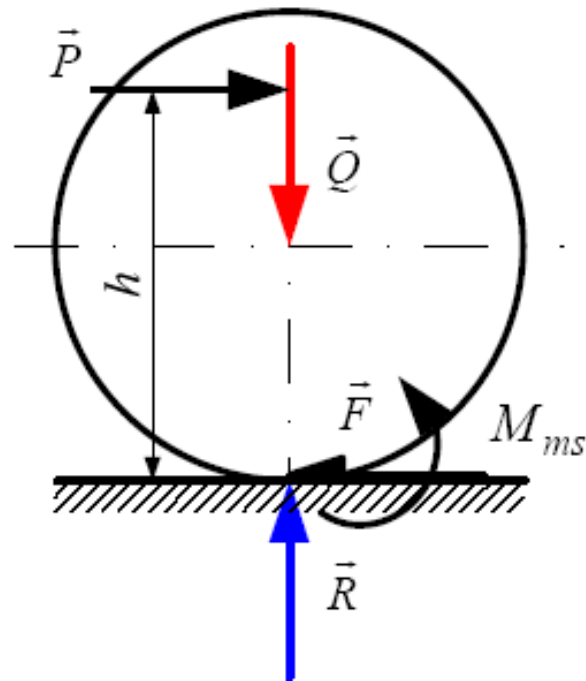
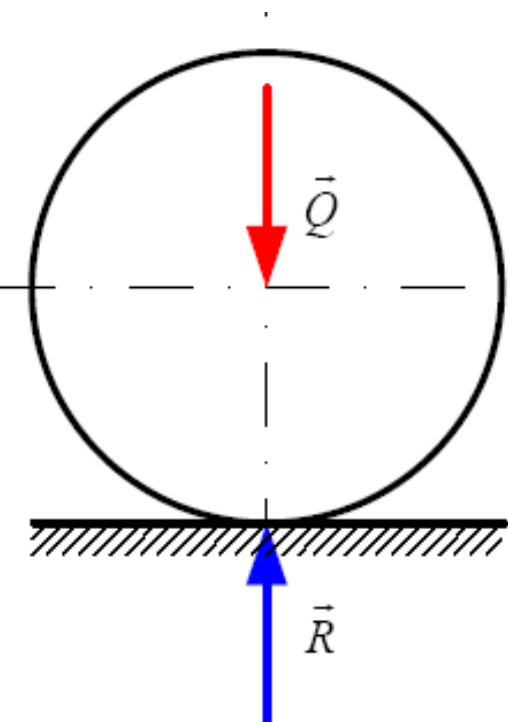
$$M = f \cdot Q \frac{r_2 - r_1}{2}$$

IV. MA SÁT LĂN

(ma sát trên khớp cao)



1. Hiện tượng



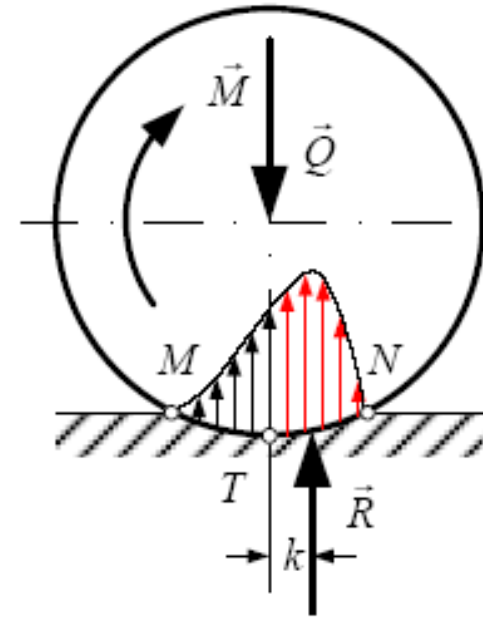
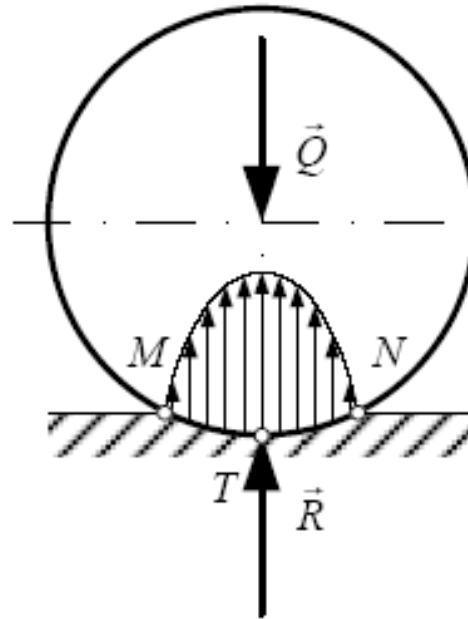
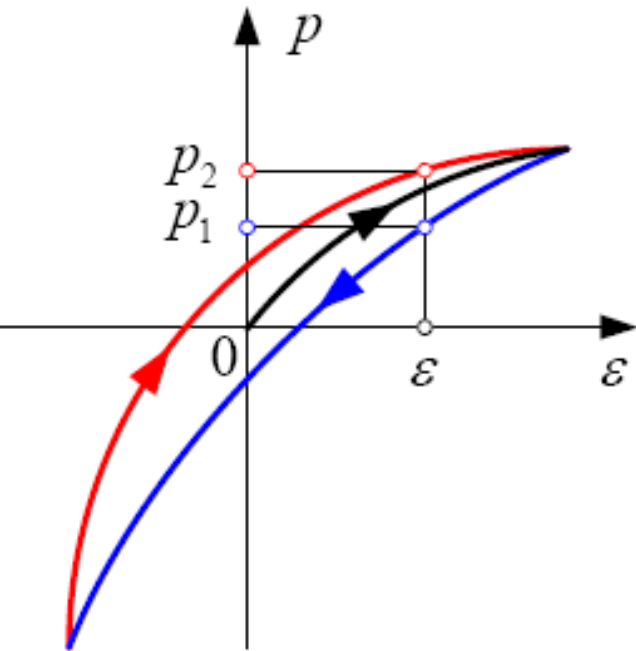
IV. MA SÁT LĂN

(ma sát trên khớp cao)



2. Nguyên nhân

Hiện tượng ma sát lăn được giải thích bằng tính đàn hồi trễ của vật liệu: Với cùng một biến dạng, ứng suất p_2 sinh ra trong quá trình tăng biến dạng lớn hơn ứng suất p_1 sinh ra trong quá trình giảm biến dạng.



$$M_{msl} = k \cdot Q$$

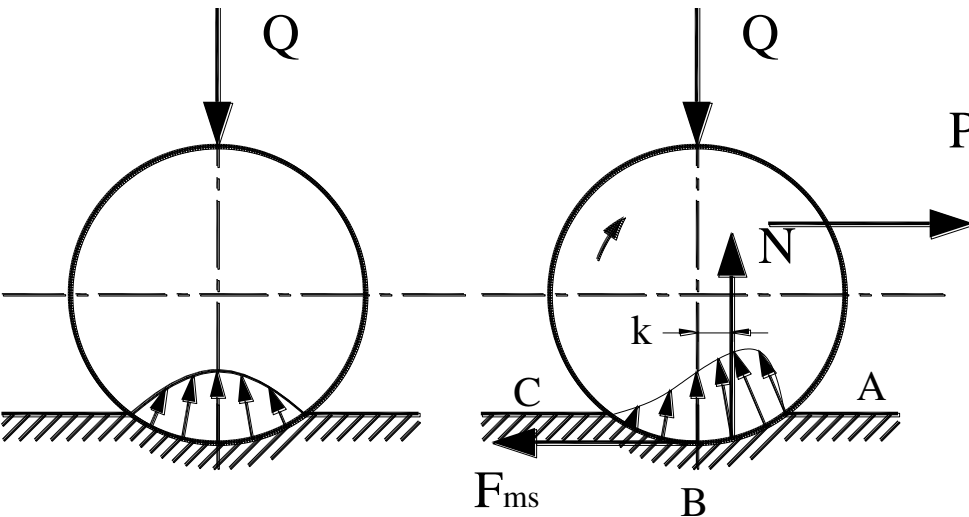
Trong đó: k – hệ số ma sát lăn (m)

IV. MA SÁT LĂN

(ma sát trên khớp cao)



3. Điều kiện lăn không trượt



- Điều kiện lăn:

$$M_q > M_{msl} \rightarrow P \cdot y > k \cdot Q \rightarrow P > \frac{k \cdot Q}{y} \quad (1)$$

P - Điều kiện không trượt:

$$P < F_{ms} = f \cdot Q \quad (2)$$

- Điều kiện lăn không trượt:

$$\frac{k \cdot Q}{y} < P < f \cdot Q$$

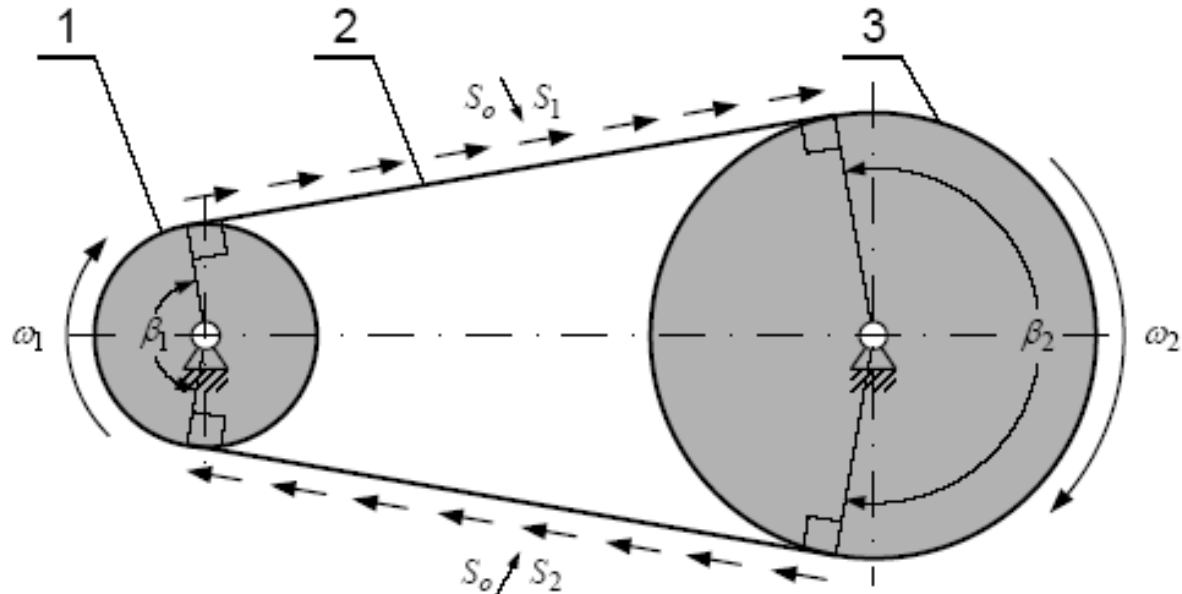
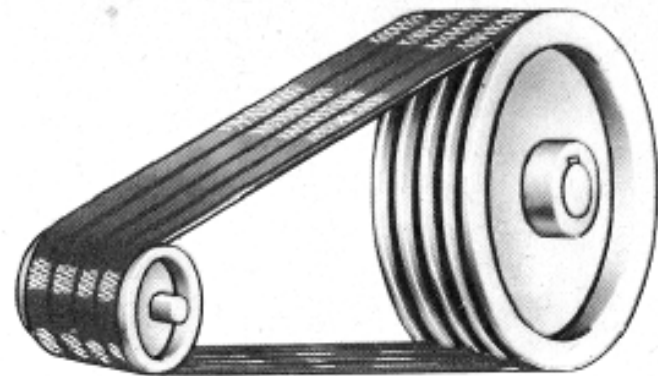
$$y > \frac{k}{f}$$

V. TRUYỀN ĐỘNG MA SÁT



1. Cơ cấu đai truyền

- Truyền động đai được dùng nhiều trong kỹ thuật
- Bộ truyền đai gồm: puly dẫn 1, dây đai 2 và puly bị dẫn 3



- Khi chưa truyền động, 2 nhánh dây đai có sức căng ban đầu S_0
- Khi truyền động, sức căng trên nhánh căng tăng lên S_2
- Khi truyền động, sức căng trên nhánh chùng giảm xuống S_1

V. TRUYỀN ĐỘNG MA SÁT



1. Cơ cấu đai truyền

Tính môment ma sát trên bộ truyền dây đai

- Giả thuyết độ thay đổi ứng suất là như nhau trên hai nhánh dây đai

Công thức Euler
$$\left. \begin{aligned} S_0 - S_1 &= S_2 - S_0 \\ S_2 &= S_1 e^{f\beta} \end{aligned} \right\} \Rightarrow S_1 = \frac{2S_0}{e^{f\beta} + 1} \quad S_2 = \frac{2S_0 e^{f\beta}}{e^{f\beta} + 1}$$

- Xét đoạn dây đai vô cùng bé, (bỏ qua khối lượng dây đai), chịu lực tác dụng

$$M_0 = SR + dFR - (S + dS)R = 0$$

$$\Rightarrow dF = dS \Rightarrow \int_{\beta} dF = \int_{S_1}^{S_2} dS \Rightarrow F = S_2 - S_1$$

- Môment ma sát trên dây đai

$$M_{ms} = FR = (S_2 - S_1)R \Rightarrow M_{ms} = 2RS_0 \frac{e^{f\beta} - 1}{e^{f\beta} + 1}$$

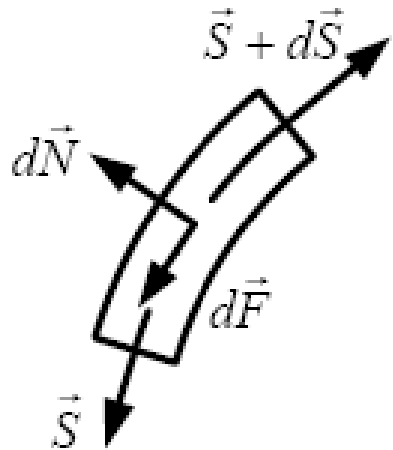
f - hệ số ma sát giữa đai và pulley

β - góc ôm của dây đai

R - bán kính pulley

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



V. TRUYỀN ĐỘNG MA SÁT



Các biện pháp kỹ thuật để tăng khả năng tải của bộ truyền dây đai

- Tăng S_0

→ Lực tác dụng lên trục tăng, tuổi thọ đai giảm: chú ý tiết diện đai, ổ trục

- Tăng R

→ Bộ truyền công kênh

- Tăng f

+ Chọn vật liệu đai và puly phù hợp

+ Rắc chất tăng ma sát lên đai và puly

- Tăng β

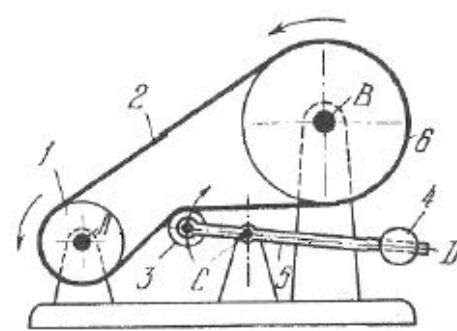
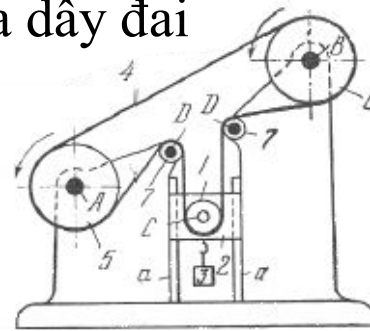
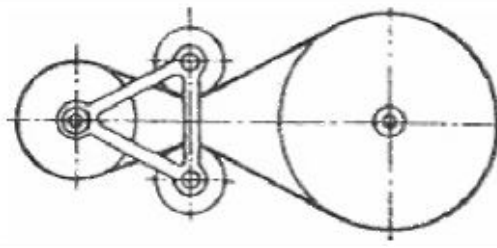
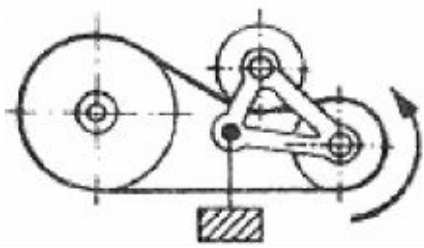
+ Chọn chiều quay cho nhánh chùng lên trên

+ Tăng khoảng cách trục → chú ý kích thước bộ truyền và dây đai dao động

+ Chọn tỉ số truyền không quá lớn → giảm góc ôm của dây đai trên puly

+ Dùng puly căng đai → giảm tuổi thọ của dây đai

$$\frac{\partial M_{ms}}{\partial f} = 4RS_0 \frac{\beta e^{f\beta}}{(e^{f\beta} + 1)^2} \geq 0$$
$$\frac{\partial M_{ms}}{\partial \beta} = 4RS_0 \frac{\beta e^{f\beta}}{(e^{f\beta} + 1)^2} \geq 0$$



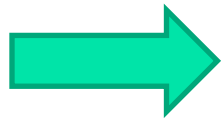
V. TRUYỀN ĐỘNG MA SÁT



2. Cơ cấu bánh ma sát

- Lực vòng bánh 1 t/d lên bánh 2: $P_{12} = M_2 / r_2$
- Lực ma sát giữa 2 bánh: $F = f \cdot Q$
- Để truyền động không bị trượt: $P_{12} < F$

M_2 – moment cản
 r_2 – bán kính bánh 2
 Q – lực ép giữa 2 bánh
 f – hệ số ma sát
 k – hệ số dự trữ độ bám



Lực ép cần thiết:

$$Q = k \frac{M_2}{f \cdot r_2}$$

