

Chương 5 MA SÁT

5.1. MA SÁT TRƯỢT

5.1.1. Định nghĩa

Ma sát trượt là lực cản trở xuất hiện khi một vật trượt hoặc có khuynh hướng trượt trên bề mặt một vật khác, kí hiệu là F_{ms} .

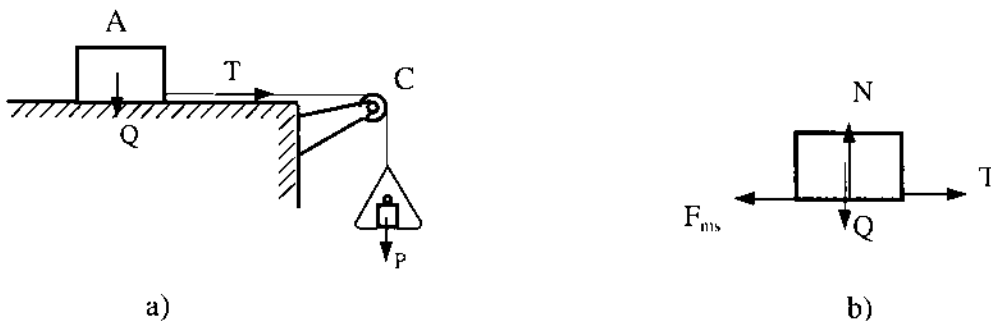
Nguyên nhân sinh ra ma sát trượt là do mặt tiếp xúc giữa các vật không tuyệt đối nhẵn.

5.1.2. Các định luật về ma sát trượt

a) Thí nghiệm Culông

Trên mặt bàn nằm ngang không nhẵn đặt vật A có trọng lực Q, vật được liên kết với dây mền và luồn qua ròng rọc C, đầu kia của dây treo đĩa cân (hình 5.1a).

Khi chưa đặt quả cân vật A cân bằng dưới tác dụng của hai lực (\vec{Q}, \vec{N}). Cho đĩa cân có trọng lực P nhỏ vào đĩa thấy vật vẫn cân bằng, điều này chứng tỏ giữa vật Q và mặt bàn có lực ma sát.



Hình 5.1

Ta nhận thấy vật chịu tác dụng của hệ $(\vec{P}, \vec{T}, \vec{Q}) \sim \vec{T}$ là hệ không cân bằng suy ra ở mặt tiếp xúc giữa vật và mặt bàn phải tồn tại phản lực tiếp tuyến F_{ms} , sao cho hệ $(\vec{P}, \vec{T}, \vec{Q}, \vec{F}_{ms}) \sim 0$ (hình 5.1b).

Vì N trực đối với Q nên suy $F_{ms} = T = P$ (đĩa cân).

Tiếp tục tăng trọng lượng vào đĩa cân, đến một giới hạn nào đó thì vật Q bắt đầu trượt, chứng tỏ lực ma sát có giới hạn lớn nhất, gọi giới hạn lớn nhất là F_{max} , nếu ta thay đổi trọng lượng Q của vật thì giới hạn F_{max} cũng thay đổi, chứng tỏ F_{max} phụ thuộc vào Q hay N.

Trong quá trình vật trượt ta bỏ bớt quả cân ở đĩa cân thấy vật vẫn tiếp tục trượt, điều này chứng tỏ khi vật trượt lực ma sát giảm.

b) Các định luật về ma sát trượt

- Lực ma sát trượt tiếp tuyến với mặt tiếp xúc, ngược chiều với chiều khuynh hướng chuyển động và có trị số nằm trong một giới hạn từ 0 đến F_{max} .

- Lực ma sát trượt lớn nhất tỷ lệ với phản lực pháp tuyến : $F_{max} = f.N$ (trong đó f gọi là hệ số ma sát trượt, giá trị của f phụ thuộc vào vật liệu và tình trạng bề mặt).

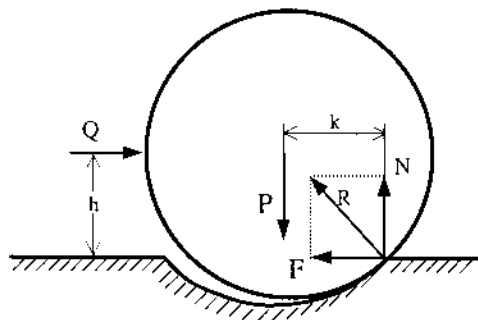
- Lực ma sát tĩnh lớn hơn lực ma sát động.

5.2. MA SÁT LĂN

5.2.1. Định nghĩa

Ma sát lăn là sự cản trở xuất hiện khi một vật lăn hoặc có khuynh hướng lăn tương đối trên bề mặt một vật khác.

Nguyên nhân sinh ra ma sát lăn là do mặt tiếp xúc giữa các vật không tuyệt đối cứng, làm sinh các mô trên bề mặt xuất hiện mômen cản trở sự lăn.



Hình 5.2

5.2.2. Định luật về ma sát lăn

a) Thí nghiệm

Xét con lăn trọng lực \vec{P} đặt trên mặt ngang không tuyệt đối cứng (hình 5.2). Tác dụng lực Q cách mặt ngang một khoảng h , Khi lực Q còn ở một giới hạn nhất định con lăn ở trạng thái cân bằng và chịu tác dụng của hệ lực gồm $(\vec{P}, \vec{Q}, \vec{R}) \sim (\vec{P}, \vec{Q}, \vec{N}, \vec{F})$. Theo điều kiện cân bằng ta có:

$$\sum F_x = Q - F = 0$$

$$\sum F_y = N - P = 0$$

GIÁO TRÌNH CƠ KỸ THUẬT

Từ hai phương trình trên ta suy ra: $Q = F$ và $N = P$ và như vậy hệ $(\vec{P}, \vec{Q}, \vec{N}, \vec{F})$ hình thành 2 ngẫu lực:

+ Ngẫu lực (\vec{F}, \vec{Q}) có mômen Q.h có khuynh hướng làm con lăn chuyển động.

+ Ngẫu lực (\vec{P}, \vec{N}) có mômen N.d cản trở sự lăn của vật gọi là ngẫu lực ma sát lăn.

b) Định luật

- Ngẫu lực ma sát lăn có giới hạn từ 0 - m_{\max} .

$$0 < m_{ms} < m_{\max}$$

- Trị số ma sát lăn lớn nhất tỷ lệ với phản lực pháp tuyến.

$$m_{\max} = k.N \quad (k \text{ gọi là hệ số ma sát lăn đo bằng đơn vị độ dài } m)$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Ma sát trượt là gì ? Trình bày thí nghiệm Culông ?
2. Phát biểu các định luật về ma sát trượt ?
2. Ma sát lăn là gì ? Trình bày thí nghiệm chứng tỏ sự tồn tại của ma sát lăn ?
3. Phát biểu các định luật về ma sát lăn ?

ĐỘNG HỌC

Chương 6

CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH

6.1. KHÁI NIỆM

6.1.1. Định nghĩa

Chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định là chuyển động mà trong đó có hai điểm của vật là cố định.

Đường thẳng đi qua hai điểm cố định gọi là trục quay, những điểm không nằm trên trục quay vạch nên những đường tròn vuông góc với trục quay và có tâm nằm trên trục quay.

Các chuyển động quay thường gặp trong thực tế như: chuyển động của trục máy, vô lăng, bánh răng, puli . . .

6.1.2. Góc quay

Giả sử vật rắn cho trên hình 6.1 quay quanh trục cố định z . Xác định mặt phẳng P cố định và mặt Q di động theo vật. Lúc đầu để cho Q trùng với P , khi vật quay tới một thời điểm t nào đó, Q hợp với P một góc φ gọi là góc quay.

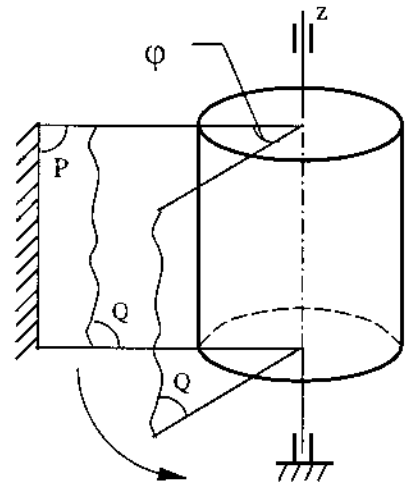
Trị số của φ phụ thuộc vào thời gian quay, hay nói cách khác φ là hàm số của t .

$$\varphi = f(t) \quad (6-1)$$

Phương trình (6.1) hoàn toàn xác định vị trí của vật theo thời gian t được gọi là phương trình cơ bản của chuyển động quay.

Đơn vị của góc quay φ là rad (radian). Radian là góc phẳng ở tâm chắn một cung có chiều dài bằng bán kính vòng tròn.

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57^\circ 17' 44,8''$$



Hình 6.1

Trong kỹ thuật góc quay thường được tính theo số vòng quay n , quan hệ giữa n và φ được tính như sau:

Khi vật quay được 1 vòng thì góc quay là 2π (rad), khi vật quay được n vòng thì góc quay φ (rad) tương ứng là:

$$\varphi = 2\pi n \text{ (rad)} \quad (6-2)$$

6.1.3. Vận tốc góc

Vận tốc góc là đại lượng biểu thị cho tốc độ và chiều quay của vật, kí hiệu là ω .

Biểu diễn vận tốc góc bằng vectơ, vectơ vận tốc góc $\vec{\omega}$ xác định như sau:

- Phương là phương trục quay, nhìn theo chiều của ω thấy vật quay ngược chiều kim đồng hồ.

- Độ dài biểu thị tốc độ quay tính bằng rad/s (hình 6.2).

Giả sử trong thời gian t vật quay được một góc φ , tại thời điểm $t + \Delta t$ vật quay được góc $\varphi + \Delta\varphi$. Như vậy trong thời gian Δt vật quay được góc $\Delta\varphi$.

Tỉ số: $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ được gọi là vận tốc góc trung bình, kí hiệu là ω_{tb} .

$$\omega_{tb} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

Khi thời điểm $t + \Delta t$ rất gần nhau, tức $\Delta t \approx 0$, vận tốc góc trung bình tiến tới vận tốc góc tức thời ω ,

đơn vị góc

Đơn vị: $\omega = \frac{\text{đơn vị góc}}{\text{đơn vị thời gian}} = \text{rad/s}$.

đơn vị thời gian

Trong kỹ thuật, vận tốc góc còn được tính theo số vòng quay trong một phút, ký hiệu là n (vg/ph).

Như ta đã biết, cứ một vòng quay ứng với một góc 2π rad. Vậy với n vòng tương ứng với góc quay $2\pi n$ rad, một phút bằng 60s, vậy ta có:

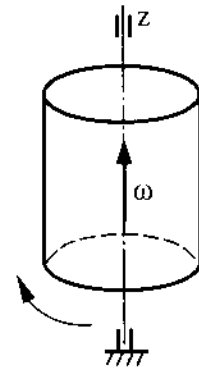
$$n(\text{vg/ph}) = \frac{2\pi n}{60\text{s}} = \frac{\pi n}{30} (\text{rad/s}) \quad (6-3)$$

Công thức (6-3) biểu thị quan hệ giữa hai đơn vị vận tốc góc.

6.1.4. Gia tốc góc

Đại lượng đặc trưng cho độ biến thiên của vận tốc góc trong chuyển động quay gọi là gia tốc góc, kí hiệu là ε .

Giả sử trong thời gian Δt vận tốc góc biến thiên một lượng là $\Delta\omega$.



Hình 6.2

Chương 6. Chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định

+ Tỷ số $\Delta\omega/\Delta t = \varepsilon_{tb}$ (gia tốc góc trung bình trong thời gian Δt)

+ Khi $\Delta t \rightarrow 0$ thì gia tốc góc trung bình ε_{tb} sẽ tiến tới gia tốc góc tức thời tại thời ε .

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad (6-4)$$

Đơn vị:

$$\text{đơn vị của } \varepsilon = \frac{\text{đơn vị vận tốc góc}}{\text{đơn vị thời gian}} = \frac{\text{rad/s}}{\text{s}} = \text{rad/s}^2$$

6.2 CÁC CHUYỂN ĐỘNG QUAY CƠ BẢN

6.2.1 Chuyển động quay đều

Là chuyển động mà trong những khoảng thời gian bằng nhau vật quay được những góc quay bằng nhau, ($\omega =$ hằng số).

Phương trình chuyển động:

$$\varphi = \omega \cdot t \quad \text{hay} \quad \omega = \varphi/t \quad (6-5)$$

6.2.2 Chuyển động quay biến đổi đều

Là chuyển động mà trong những khoảng thời gian bằng nhau vận tốc góc ω biến thiên những lượng bằng nhau, nói cách khác, chuyển động quay biến đổi đều là chuyển động quay có gia tốc góc không đổi ($\varepsilon =$ hằng số).

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

Khi vật chuyển động nhanh dần $\omega > \omega_0$ suy ra $\omega - \omega_0 > 0 \Rightarrow \varepsilon > 0$

Khi vật chuyển động chậm dần $\omega < \omega_0$ suy ra $\omega - \omega_0 < 0 \Rightarrow \varepsilon < 0$

Như vậy trong chuyển động quay nhanh dần gia tốc góc có trị số dương, và trong chuyển động quay chậm dần gia tốc góc có trị số âm.

- Phương trình chuyển động:

$$\begin{cases} \varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \\ \omega = \omega_0 + \varepsilon t \end{cases} \quad (6-6)$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định ? cho ví dụ ?
2. Trình bày khái niệm góc quay, vận tốc góc, gia tốc góc ?
3. Viết phương trình chuyển động quay đều, chuyển động quay biến đổi đều ?

BÀI TẬP

1. Một trục máy trong giai đoạn mở máy chuyển động nhanh dần đều sau 5 phút đạt vận tốc $n = 120$ vòng /phút. Tính gia tốc góc của trục và số vòng trục quay được trong thời gian đó.

ĐS: $\varepsilon = \frac{\pi}{75} \text{ rad/s}^2$; $N = 300$ vòng.

2. Một tàu thủy tắt máy khi chân vịt của tàu có vận tốc góc $\omega = 20\pi$ (rad/s). Sau 20 giây thì chân vịt ngừng hẳn. Tìm gia tốc góc của chân vịt và số vòng chân vịt đã quay được sau khi tắt máy (giả sử trong quá trình đó chân vịt quay chậm dần đều).

ĐS: $\varepsilon = \pi(\text{rad/s}^2)$; $N = 100$ vòng.

3. Một trục máy từ trạng thái nghỉ bắt đầu quay nhanh dần đều, sau 5 giây quay được 12,5 vòng. Tìm vận tốc góc của trục máy sau 5 giây đó.

ĐS: $\omega = 10\pi$ (rad/s) hay $n = 300$ vòng/phút.

4. Một quạt gió quay với vận tốc $n = 960$ v/p. Tính đường kính cánh quạt, biết vận tốc của điểm ngoài cùng của cánh quạt là 20m/s.

ĐS: $d = 0,4\text{m}$

5. Điểm A nằm trên vành pu li chuyển động với vận tốc 50 m/s. Điểm B nằm trên bán kính OA với khoảng cách $AB = 20\text{cm}$ chuyển động với vận tốc 10 m/s. Xác định vận tốc góc và đường kính của pu li.

ĐS: $\omega = 2$ (rad/s); $d = 50\text{cm}$.

6. Tại thời điểm khảo sát, vô lăng có vận tốc góc $\omega = 2\pi$ (rad/s) và gia tốc góc $\varepsilon = 3$ (rad/s²). Tính vận tốc, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của 1 điểm M thuộc vô lăng cách trục quay 0,8m.

ĐS: $v = 5\text{m/s}$; $a_t = 31,5\text{m/s}^2$; $a_c = 2,4\text{m/s}^2$; $a = 31,6\text{m/s}^2$.