บทเรียนที่

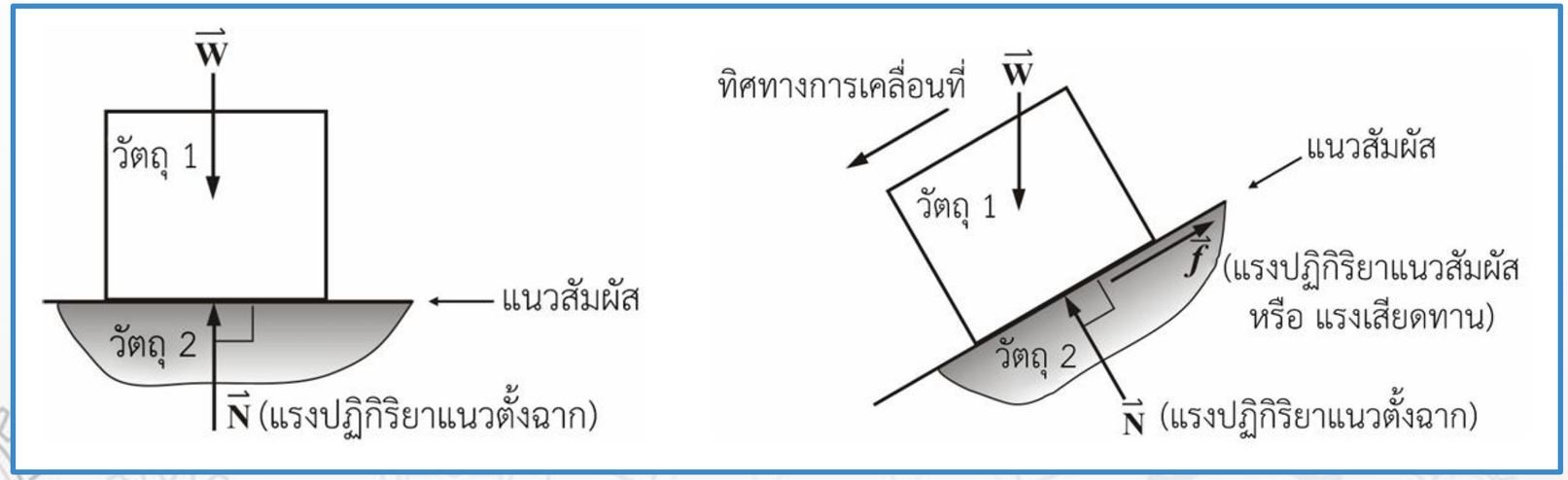
5

# ความเสียดทาน

วิชา กลศาสตร์เครื่องกล

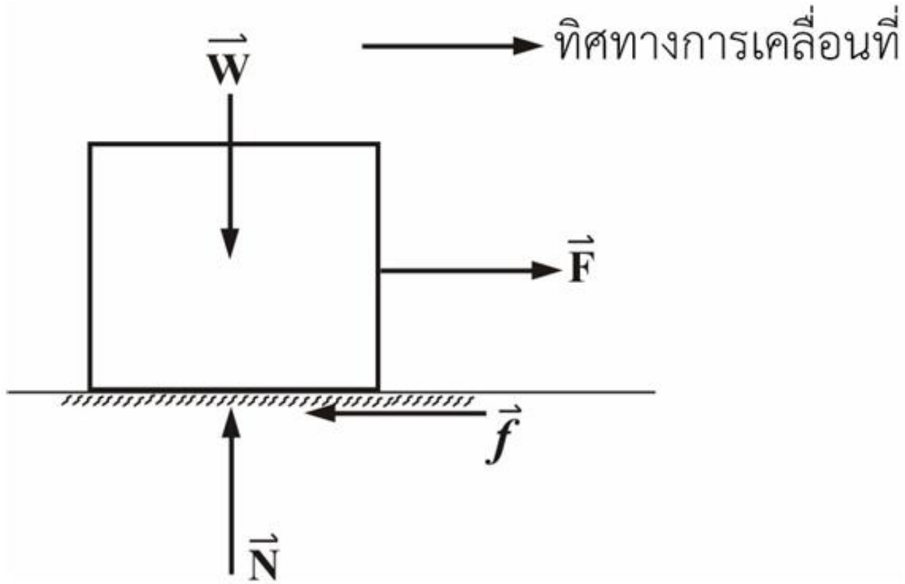
## 1 ความหมายของความเสียดทาน

เมื่อวัตถุสองชนิดสัมผัสกัน แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ๆ คือ แรงปฏิกิริยาแนวตั้งฉาก (Normal Reaction Force: $\vec{N}$ ) ซึ่งเป็นแรงที่ตั้งฉากกับผิวสัมผัส และแรงปฏิกิริยาแนวสัมผัส (Tangential Reaction Force) หรือที่เรียกว่า แรงเสียดทาน (Friction Force: $\vec{F}$ ) ซึ่งเกิดจากความขรุขระของผิวสัมผัส และทำหน้าที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุ

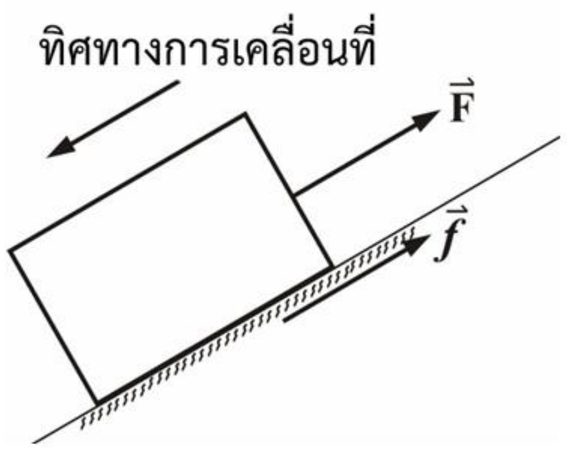


## 2 คุณสมบัติของแรงเสียดทาน

1 แรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสบนวัตถุกับพื้น เป็นแรงคู่กิริยา และแรงปฏิกิริยาต่อกัน ดังรูป



2 แรงเสียดทานเกิดขึ้นเพื่อต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พยายามจะเคลื่อนที่หรือกำลังจะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ไม่จำเป็นต้องตรงข้ามกับแรงที่มากระทำ ดังนั้นต้องดูแนวโน้มของวัตถุว่าจะเคลื่อนที่ไปทางไหนแล้วจึงเขียนทิศทางของแรงเสียดทานในทิศทางต้านการเคลื่อนที่ ดังรูป

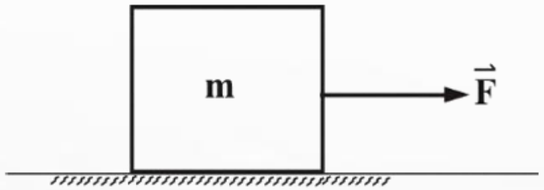


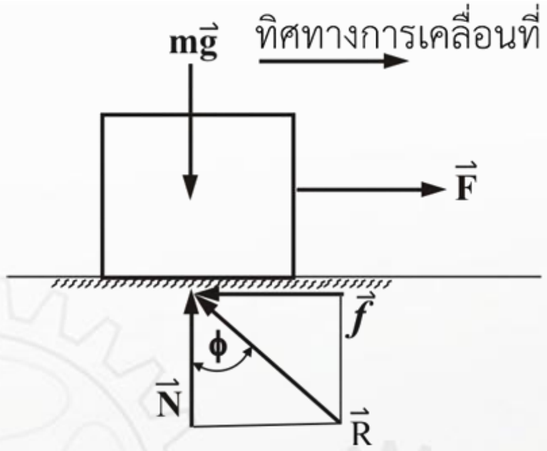

3 แรงเสียดทานนั้นขึ้นอยู่กับชนิดผิวสัมผัสและความเร็วในการเคลื่อนที่

# 3 ชนิดของแรงเสียดทาน

## 3.1 แรงเสียดทานสถิต (Static Friction Force : $\vec{f}_s$)

แรงเสียดทานนี้เกิดขึ้นเมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่ หรือกำลังจะเคลื่อนที่ มีแรง $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุมวล m ซึ่งวางอยู่บนพื้น สามารถเขียนเป็นผังวัตถุอิสระได้ดังรูป



**กรณี 1**

ถ้าวัตถุอยู่กับที่ใช้สมการสมดุล จะได้

แรงในแนวสัมผัสกับผิวสัมผัส (แรงเสียดทาน) $\vec{F} = -\vec{f}_s$

แรงในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส $\vec{N} = m\vec{g}$

**กรณี 2**

เมื่อวัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่พอดี ค่า $\vec{f}_s$ จะมีค่าสูงสุด ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก ( $\vec{N}$ ) จะได้สมการความสัมพันธ์ คือ

$$f_{s\,max} = \mu_s N$$

โดย $f_{s\,max}$ คือ ขนาดของแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

$\mu_s$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

$N$ คือ ขนาดของแรงในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส

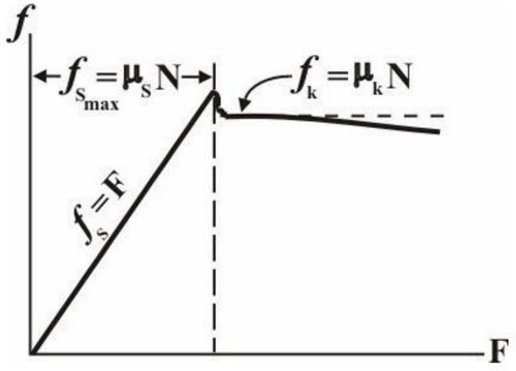
## 3.2 แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction Force : $\vec{f}_k$)

เมื่อเพิ่มขนาดแรง F มากขึ้นจน ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น จะมีค่าคงที่ และมีค่าน้อยกว่า $f_{s\ max}$ และ จะได้สมการความสัมพันธ์ คือ

$$\bar{f}_k = \mu_k N$$

โดย $f_k$ คือ ขนาดของแรงเสียดทานจลน์

$\mu_k$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์




จากรูป สรุปได้ว่า เมื่อวัตถุอยู่นิ่ง $f_s$ เท่ากับ F กราฟจะเป็นเส้นตรง และเมื่อเพิ่มขนาดแรง F มากขึ้นจน $f_s$ มากที่สุด จะได้ $f_{s\ max} = \mu_s N$ และ เมื่อเพิ่มขนาดแรงขึ้นอีกจนทำให้วัตถุเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจะลดลง จะได้ $f_k = \mu_k N$ และจะมีค่าคงที่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น

## 4 มุมของแรงเสียดทาน

มุมของแรงเสียดทาน เขียนเป็นสมการได้ คือ

$$\tan\theta = \frac{f}{N}$$

และ $\frac{f}{N} = \mu$ ดังนั้น $\mu = \tan\theta$

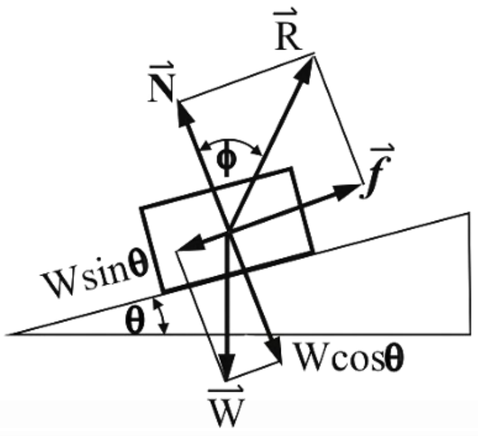
## 5 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

**ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน** เป็นค่าที่ได้จากการทดลอง ซึ่งจะแปรผันไปตามความเรียบของพื้นผิว และสภาพการทดสอบที่เฉพาะเจาะจง จากในตารางจะเป็นเพียงค่าแนะนำทั่วไป ดังนั้นการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจะต้องพิจารณาจากสภาพความเป็นจริงที่เหมาะสมที่สุด

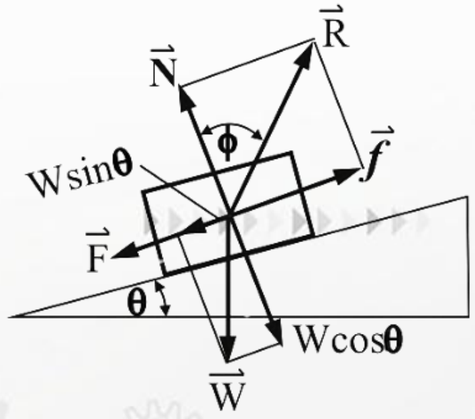
| วัตถุ | สภาพ | สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต | สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ |
|---|---|---|---|
| ไม้บนไม้ | แห้ง | 0.30-0.60 | 0.20-0.50 |
| ไม้บนไม้ | เปียก | 0.40-0.70 | 0.20-0.40 |
| ไม้บนโลหะ | แห้ง | 0.20-0.60 | 0.30-0.50 |
| ไม้บนโลหะ | เปียก | 0.50-0.70 | 0.20-0.40 |
| โลหะบนโลหะ | แห้ง | 0.20-1.10 | 0.03-0.50 |
| โลหะบนโลหะ | มีชั้นจาระบีเคลือบอยู่ | 0.10-0.50 | 0.03-0.30 |

# 6 ความเสียดทานบนพื้นเอียงผิวขรุขระ

## 6.1 มุมของพื้นเอียงเล็กกว่ามุมเสียดทาน




เมื่อวัตถุไม่มีแรงภายนอกมากระทำ วัตถุจะไม่ไหลลงด้วยน้ำหนักของตัวเอง เพราะแรงเสียดทานสูงสุดจะมากกว่าแรงลงตามพื้นเอียง ซึ่งแตกมาจากน้ำหนัก เนื่องจากมุมพื้นเอียงยิ่งเล็ก ค่า $W\cos\theta$ จะมีค่ามากแต่ค่า $W\sin\theta$ จะมีค่าน้อยลง ดังรูป

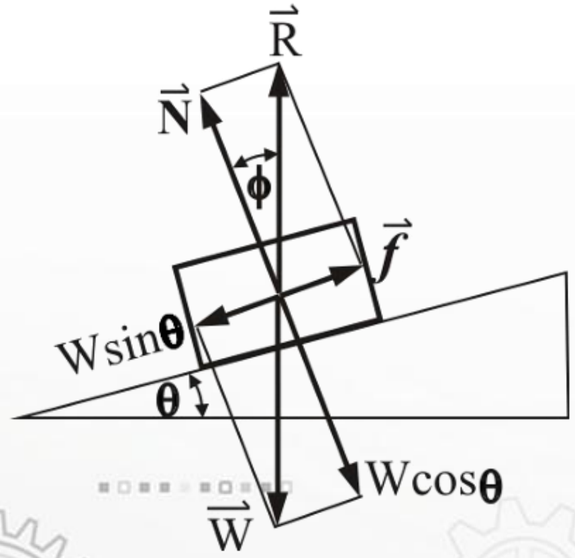



และถ้าต้องการให้วัตถุเลื่อนลงพอดี ต้องใช้แรง $\vec{F}$ ดังรูป ฉุดลงมาตามพื้นเอียง จะได้สมการสมดุล คือ

$$F + W\sin\theta = \mu W\cos\theta$$

## 6.2 มุมของพื้นเอียงเท่ากับมุมเสียดทาน

วัตถุจะไหลลงพอดีด้วยน้ำหนักตัวเอง เพราะแรงลงตามพื้นเอียง เท่ากับแรงเสียดทานสูงสุดพอดี ดังรูป



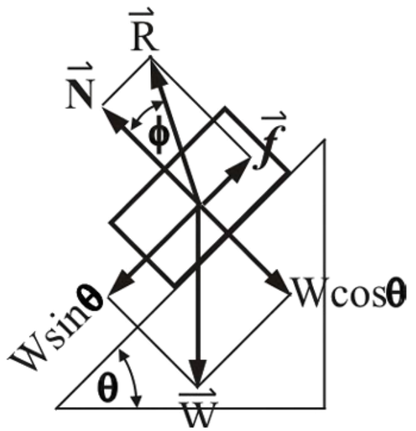

จากรูปวัตถุเลื่อนลงพอดีอยู่ในสภาวะสมดุล จะได้

$$W\sin\theta = \mu W\cos\theta$$

$$\mu = \frac{W\sin\theta}{W\cos\theta} = \tan\theta$$

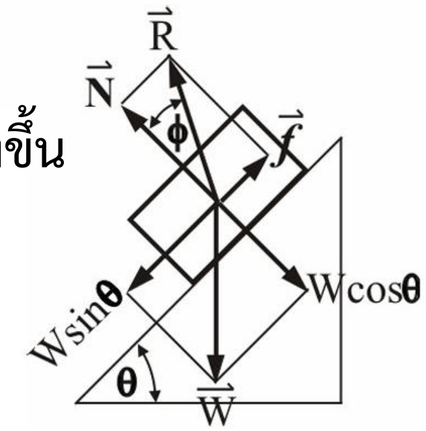
## 6.3 มุมของพื้นเอียงมากกว่ามุมเสียดทาน

จากรูป วัตถุย่อมจะไหลลงด้วยความเร่ง เพราะแรงลงตามพื้นเอียงมากกว่าแรงเสียดทาน ต้องใช้แรง $\vec{F}$ ช่วยดึงขึ้นจึงจะสมดุลอยู่ได้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ




### 1 วัตถุเลื่อนลงพอดี

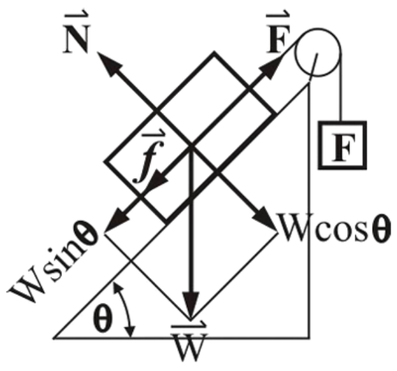
จากรูป วัตถุเลื่อนลงพอดี แรงเสียดทานย่อมจะสวนทางขึ้น สมดุลวัตถุเลื่อนลงพอดี




$$W\sin\theta = F + \mu W\cos\theta$$

### 2 วัตถุเลื่อนขึ้นพอดี

จากรูป วัตถุเลื่อนขึ้นพอดี แรงเสียดทานย่อมจะสวนทางลงสมดุลวัตถุเลื่อนขึ้นพอดี




$$W\sin\theta + \mu W\cos\theta = F$$

## 7 ความเสียดทานของวัตถุพิงฝา

การคำนวณวัตถุพิงฝา มีหลักการดังนี้

1. เขียนแนวแรงแทนน้ำหนักและแรงปฏิกิริยาให้ครบทุกแรง
2. ใช้เงื่อนไขของการสมดุล คือ

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\sum \vec{M} = 0$$

3. วัตถุที่สมดุลจะใช้จุดใดเป็นจุดหมุนก็ได้