แรงเสียดทาน

สาระสำคัญ

การสัมผัสกันของวัตถุมักถูกสมมติให้มีแรงในแนวตั้งฉากกับผิววัตถุเพียงอย่างเดียว ซึ่งหมายความว่า พื้นผิวนั้นเรียบ ถึงแม้ว่าสมมติฐานนี้จะสามารถใช้ได้ดีกับปัญหาในหลายๆ กรณี โดยมีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย แต่ในหลายๆ กรณี จำเป็นต้องคำนึงถึงแรงต้านทานในแนวสัมผัสกับผิววัตถุที่เรียกว่า แรงเสียดทาน ด้วย แรงเสียดทานเป็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่หรือต้านทานแนวโน้มที่จะเกิดจากการเคลื่อนที่ ดังนั้น ทิศทางของแรงเสียดทานจะตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ หรือ ทิศทางที่มีแนวโน้มจะเกิดการเคลื่อนที่เสมอ ในเครื่องจักรกลหลายๆ ชนิด เช่น รองลื่น (ตลับลูกปืน , แบริ่ง) เฟือง สกรูส่งกำลัง หรือการไหลของของเหลวในท่อไม่ต้องการให้มีแรงเสียดทาน ซึ่งทำให้เกิดการเสียดสี เกิดความร้อน และเกิดการสึกหรอขึ้น อย่างไรก็ตาม เครื่องจักรกลหลายๆ ชนิด ใช้ประโยชน์จากแรงเสียดทาน เช่นกัน เช่น เบรก คลัตช์ สายพาน ยางรถยนต์

สาระการเรียนรู้

1. ความเสียดทาน
2. ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน
3. มุมของแรงเสียดทาน

สมรรถนะประจำหน่วย

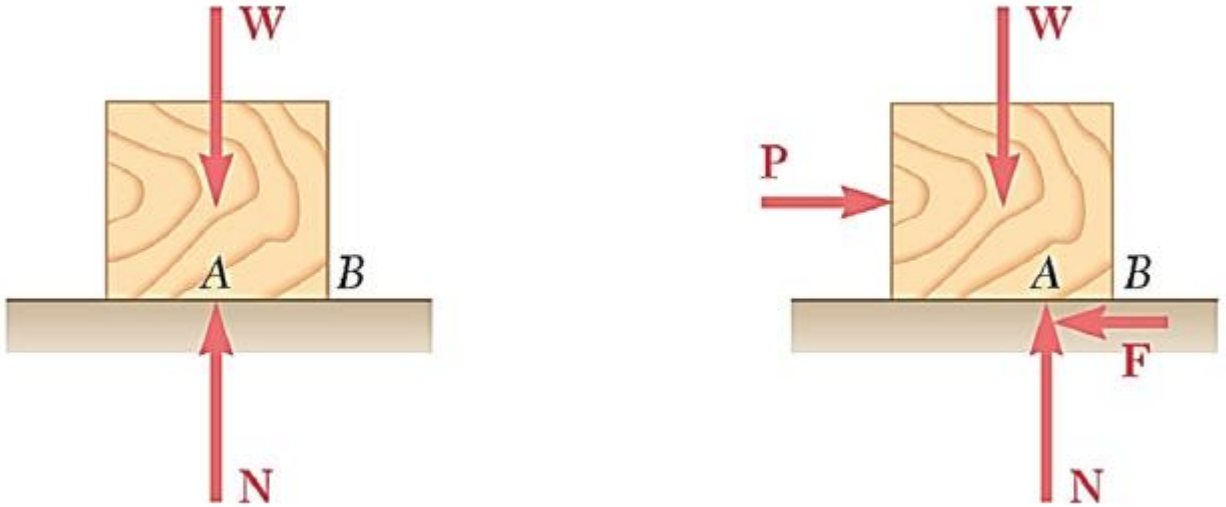
1. วิเคราะห์การเกิดแรงเสียดทานจากลักษณะของวัตถุในสภาพต่างๆ
2. คำนวณแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนวัตถุในขณะที่หยุดนิ่งและเคลื่อนที่

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. คำนวณหาความเสียดทานได้
2. แก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับความเสียดทานได้
3. แก้ปัญหาโจทย์โดยวิเคราะห์จากมุมของแรงเสียดทานได้

ความเสียดทาน

ความเสียดทานแห้ง เป็นประเภทหนึ่งของความเสียดทาน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสที่ไม่มีการหล่อลื่น ความเสียดทานนี้จะเป็นแรงที่อยู่ในแนวเดียวกันกับผิวสัมผัสกัน และจะกระทำในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ หรือความพยายามในการเคลื่อนที่เสมอ

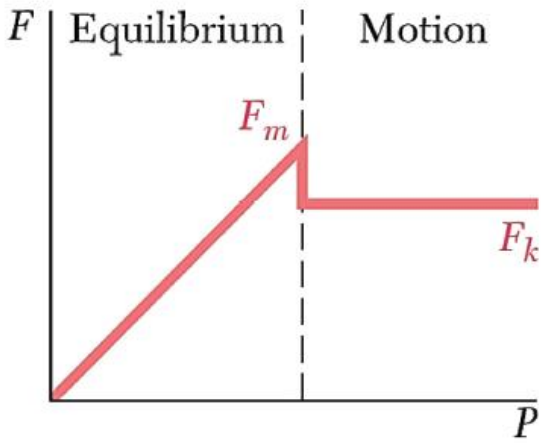


การเกิดแรงเสียดทาน

ความเสียดทาน

จากรูปมีน้ำหนัก W วางอยู่บนพื้นราบ แรงที่กระทำต่อวัตถุ คือ แรงเนื่องจากน้ำหนัก มีแรงปฏิกิริยา ในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส N สมมติให้มีแรง P กระทำต่อวัตถุ เมื่อแรง P ที่กระทำมีค่าน้อยวัตถุจะยังคงไม่เคลื่อนที่ นั่นคือ ระบบอยู่ในสภาวะสมดุล เพราะมีแรงอีกแรงหนึ่งมากระทำให้เกิดสมดุลในแนวนอน เรียกแรงนั้นว่า แรงเสียดทานสถิต F ซึ่งแรงเสียดทานสถิตนี้จะกระทำที่ตำแหน่งผิวสัมผัสของวัถตุกับพื้นราบ

ถ้าแรง P เพิ่มมากขึ้น แรงเสียดทาน F ก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยจนกระทั่งถึงระดับหนึ่งที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่แรง F นั้นจะเป็นค่าแรงเสียดทานสถิตสูงสุด ($\mathbf{F_m}$)



กราฟแรงเสียดทาน

ความเสียดทาน

เมื่อกล่องเคลื่อนที่ ค่าของแรง F จะลดลงจาก F_m จนมีค่าเท่ากับ F_k เรียก F_k ว่า ค่าแรงเสียดทานจลน์ แรงเสียดทานสถิต (F_s) มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า N คือ

$$F_s = \mu_s N$$

เมื่อ μ_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต และเมื่อวัตถุเคลื่อนที่แล้ว ค่า F_k จะเท่ากับ

$$F_k = \mu_s k\ N$$

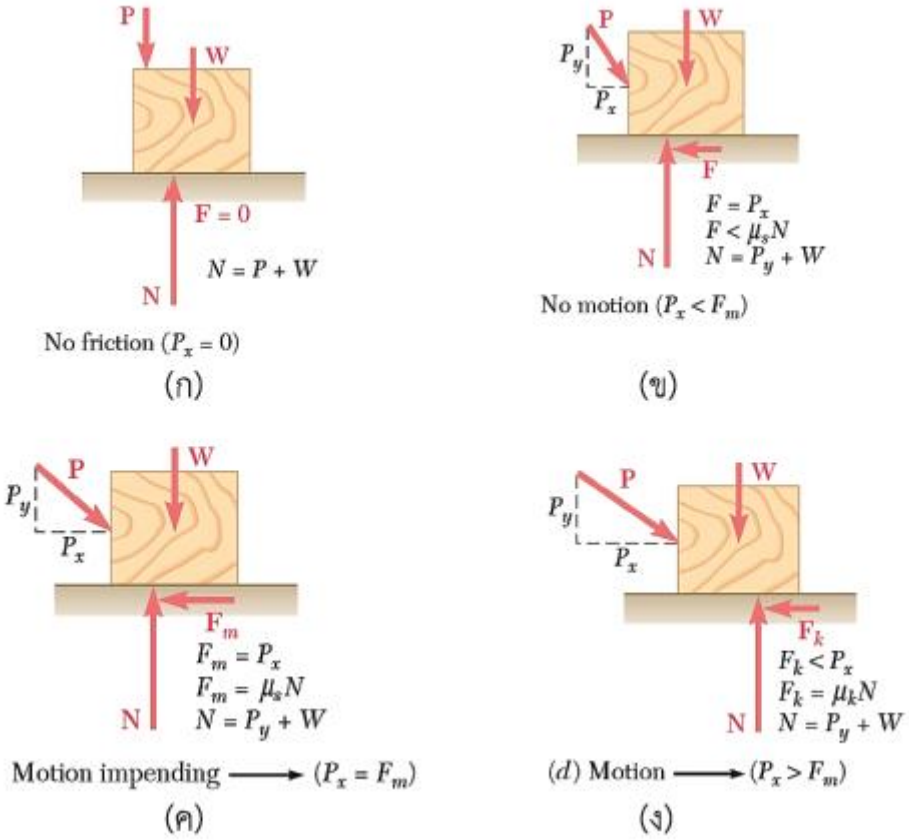
เมื่อ μ_k คือ ค่าสัมประสิทธ์ของความเสียดทานจลน์

ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน

ความเสียดทานของผิวสัมผัสแนวราบ แบ่งได้ 4 กรณีด้วยกัน คือ

1. มีแรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางที่ไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ในกรณีนี้แรงเสียดทานมีค่าเป็นศูนย์ (ก)
2. มีแรงกระทำต่อวัตถุ แต่ขนาดของแรงไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ในกรณีนี้จะไม่ทราบค่าของแรงเสียดทานสถิตสูงสุด และไม่สามารถใช้สมการ $F_m = \mu_s N$ ในการคำนวณหาค่าแรงเสียดทานสถิตได้ (ข)
3. มีแรงกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ ในกรณีนี้แรง F จะมีค่าเท่ากับแรง F_m สามารถใช้สมการสมดุลและสมการ $F_m = \mu_s N$ ในการคำนวณได้ แรงเสียดทานต้องมีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่เสมอ (ค)
4. วัตถุมีการเคลื่อนที่โดยมีแรงกระทำในกรณีนี้ไม่สามารถนำสมการสมดุลมาใช้ได้ และแรง F จะมีค่าเท่ากับ F_k คำนวณได้จาก $F_k = \mu_s N$ โดยที่แรง F_k มีทิศตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่เสมอ (ง)

ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน



การเกิดแรงเสียดทาน

ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน

เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุ จนวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ มุมระหว่างแรง R กับแรงปฏิกิริยาในแนวตั้ง เรียกว่า **มุมของแรงเสียดทานสถิต** ดังนี้

$$\tan \emptyset_S = \frac{F_m}{N} = \frac{\mu_m N}{N}$$

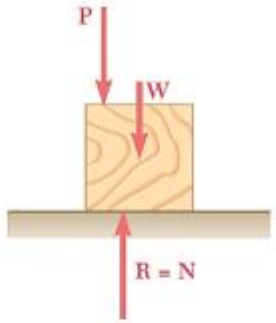
$$\therefore \tan \emptyset_S = \mu_m$$

ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ ค่าของแรงเสียดทานจะลดเป็น F_k เช่นเดียวกับมุม $\emptyset$ ระหว่างแรง R กับ N จะลดลงเท่ากับค่าต่ำสุดของ $\emptyset_S$ เรียกมุมนี้ว่า **มุมของแรงเสียดทานจลน์** นั่นคือ

$$\tan \emptyset_k = \frac{F_k}{N} = \frac{\mu_k N}{N}$$

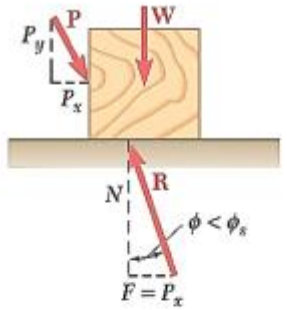
$$\therefore \tan \emptyset_k = \mu_k$$

ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน



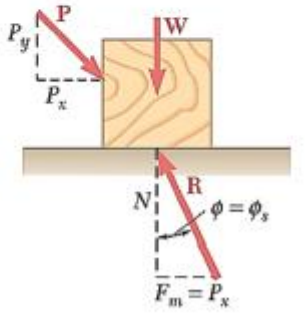
(a) No friction

(ก)



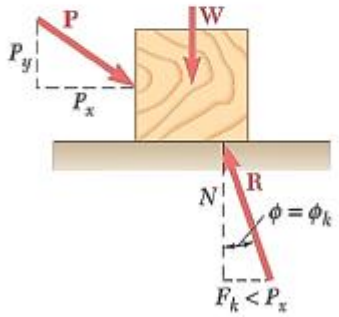
(b) No motion

(ข)



(c) Motion impending

(ค)

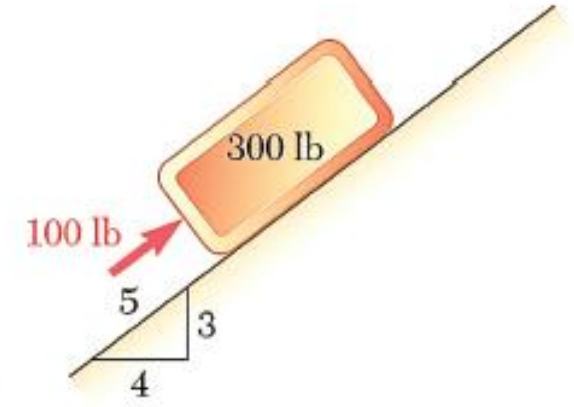


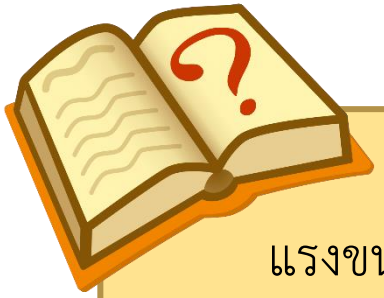
(d) Motion

(ง)

มุมของแรงเสียดทาน

ตัวอย่าง

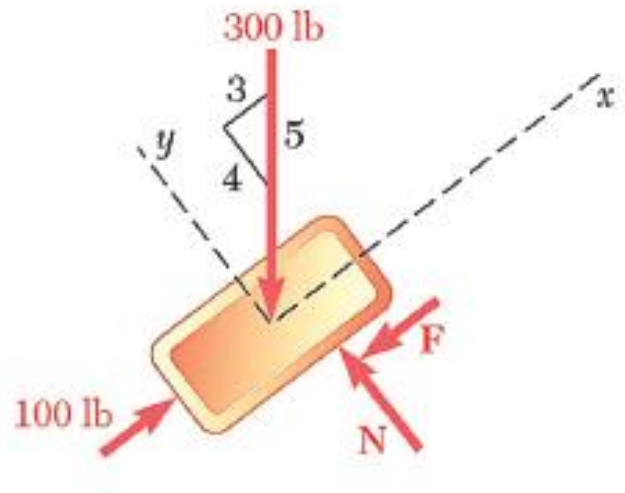




แรงขนาด 100 lb กระทำต่อกล่องหนัก 300 lb ซึ่งวางอยู่บนพื้นเอียงดังรูป สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง คือ μ_s = 0.25 และ μ_k = 0.20 จงวิเคราะห์แรงเมื่อกล่องอยู่ในสภาวะสมดุลและหาค่าของแรงเสียดทาน

วิธีทำ

แรงในสภาวะสมดุล



สมมติให้แรง F มีทิศลงตามพื้นเอียงตรงข้ามแรง 100 lb แผนภาพวัตถุอิสระแสดงดังรูป เขียนสมการสมดุลได้ดังนี้

$$+\nearrow \Sigma F_x = 0: \quad 100\ \text{N} - \frac{3}{5}(300\ \text{lb}) - F = 0$$

$$F = -80\ \text{lb} \qquad F = 80\ \text{lb} \nearrow$$

$$+\nwarrow \Sigma F_y = 0: \quad N - \frac{4}{5}(300\ \text{lb}) = 0$$

$$N = +240\ \text{lb} \qquad N = 240\ \text{lb} \nwarrow$$

ดังนั้น แรง F ที่ทำให้ระบบสมดุลมีค่าเท่ากับ 80 lb

วิธีทำ

แรงเสียดทานสูงสุด

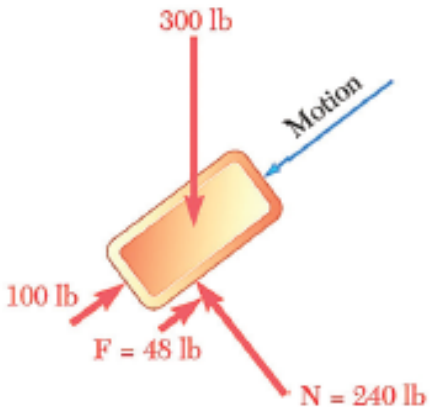
ค่าของแรงเสียดทานสูงสุดหาได้จากสูตร

$$F_m = \mu_k N$$

$$F_m = 0.25\ (240\ N) = 60\ lb$$

เพราะว่าค่าของแรง F ที่ทำให้กล่องสมดุล มีค่าเท่ากับ 80 lb ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าของแรงเสียดทานสูงสุด ดังนั้น กล่องนี้ไม่สามารถอยู่ในสภาวะสมดุลได้ นั่นคือ กล่องจะเคลื่อนที่ลงตามพื้นตามระบบ

วิธีทำ



ค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจริง

ค่าของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจริงหาได้จากสูตร

$$F_{actual} = F_k = \mu_k N$$

$$F_{actual} = 0.20\ (240\ lb)$$

$$= 48\ lb$$

เนื่องจากกล่องเคลื่อนที่ลง ดังนั้น แรงเสียดทาน จึงมีทิศสวนทางกับการเคลื่อนที่ นั่นคือ แรงเสียดทานมีค่าเท่ากับ 48 lb ทิศขึ้นทางขวา

$$F_{actual} = 48\ lb \nearrow$$