	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 6
	ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม 1.	**สอนครั้งที่** 13
	ชื่อหน่วย ความเสียดทาน	**จำนวนชั่วโมง** 3

หัวเรื่อง

6.1 แรงเสียดทาน

6.2 มุมของความเสียดทาน

6.3 ปัญหาที่มีความเสียดทาน

สาระสำคัญ

1. แรงเสียดทานคือ แรงที่เกิดขึ้นตามแนวสัมผัสระหว่างผิวที่สัมผัสกัน แรงเสียดทานเกิดขึ้นต่อเมื่อ ผิวสัมผัสหนึ่งพยายามที่จะเคลื่อนที่ ไถลต่ออีกผิวสัมผัสหนึ่ง และทิศทางของแรงเสียดทานจะตรงกันข้ามกับทิศทางของ

2. มุมของความเสียดทานคือมุมที่กระทำกับวัตถุในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่หรืออยู่นิ่ง

3. ปัญหาเกี่ยวกับความเสียดทานแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

กรณีที่ 1 วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลและกำลังจะเคลื่อนที่

กรณีที่ 2 เมื่อทราบว่าวัตถุอยู่ในสภาวะกำลังเคลื่อนที่ไถล

กรณีที่ 3 เมื่อไม่ทราบสภาวะของวัตถุว่าวัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลหรือไม่สมดุล

สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณ วิชาชีพ)

1. ผู้เรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุที่มีความเสียดทานได้อย่างถูกต้อง
2. ผู้เรียนสามารถคำนวณหามุมของความเสียดทานได้อย่างถูกต้อง
3. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และแยกประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทานจากโจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหาสาระ

ความเสียดทาน (FRICTION)

ในเครื่องกลหรือขบวนการปฏิบัติงานเรามักต้องการลดความเสียดทาน เช่นในชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ตลับลูกปืน ระบบการไหลในท่อ และบางครั้งก็ต้องเพิ่มแรงเสียดทาน เช่นในการห้ามล้อ ระบบคลัตช์ ระบบสายพาน เป็นต้น

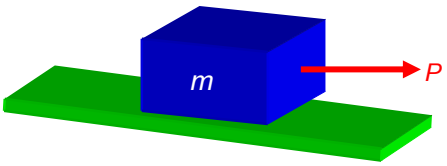
เครื่องกลหรือขบวนการที่เกิดความเสียดทานน้อยจนถือว่าเป็นกรณีอุดมคติ (Ideal) สำหรับกรณีที่ต้องนำความเสียดทานมาพิจารณาด้วยจะถือว่าเป็นกรณีจริง

6.1 แรงเสียดทาน (Friction Force)

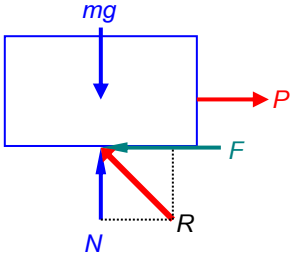
แรงเสียดทานคือ แรงที่เกิดขึ้นตามแนวสัมผัสระหว่างผิวที่สัมผัสกัน แรงเสียดทานเกิดขึ้นต่อเมื่อ ผิวสัมผัสหนึ่งพยายามที่จะเคลื่อนที่ ไถลต่ออีกผิวสัมผัสหนึ่ง และทิศทางของแรงเสียดทานจะตรงกันข้ามกับทิศทางของ

แนวโน้มของการเคลื่อนที่นั้นความเสียดทานที่สามารถเกิดระหว่างพื้นผิวมีสองชนิด คือ ความเสียดทานของของไหล (Fluid Friction) และความเสียดทานแห้ง (Dry Friction) ซึ่งเราจะกล่าวถึงเฉพาะความเสียดทานแบบแห้ง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความเสียดทานแบบคูลอมป์ (Culumb Friction) ซึ่งได้จากการทดลองของ ซี.เอ. คูลอมป์ (C.A. Culumb) ในปี ค.ศ.1781 ความเสียดทานแบบแห้งเกิดระหว่างพื้นผิวสัมผัสของวัตถุที่ไม่มีวัสดุหล่อลื่นลักษณะของความเสียดทานแห้ง

หลักการของความเสียดทานแห้ง พิจารณาได้จากแท่งวัตถุแข็งมวล m ซึ่งวางอยู่บนพื้นราบ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ผิวสัมผัสมีความขรุขระ เมื่อออกแรง P กระทำต่อวัตถุในแนวระนาบ ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0 จนถึงค่าที่มากพอที่จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้



รูปที่ 1 แรง P กระทำต่อวัตถุ



รูปที่ 2 F.B.D.

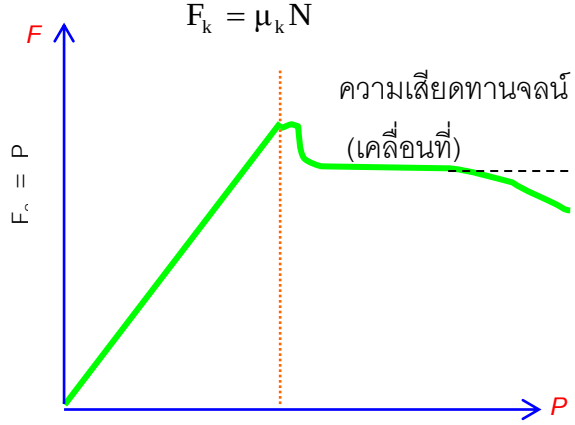
รูปที่2 แสดง Free Body Diagram ของก้อนวัตถุที่ถูกแรง P กระทำ แรงเสียดทานในแนวสัมผัส คือแรง F ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่

หรือทิศทางที่วัตถุพยายามจะเคลื่อนที่แรงในแนวตั้งฉาก (Normal Force) คือ แรง N มีค่าเท่ากับ mg ดังนั้นแรงรวม R ที่กระทำโดยผิวที่รองรับผิววัตถุ จะเป็นแรงลัพธ์ของ N กับ F

ความเสียดทานสถิต (ไม่เคลื่อนที่)

$$F_{S\,max} = \mu_s N$$

$$F_k = \mu_k N$$



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง P กับแรงเสียดทาน

ความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง แสดงดังรูปที่ 5.3 เมื่อ P เป็น 0 จะไม่เกิดแรงเสียดทาน เมื่อ P เพิ่มขึ้นแรงเสียดทานมีค่าเท่ากับ P ทิศทางตรงกันข้ามกับแรง P เมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่ ก้อนวัตถุจะอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อ P เพิ่มขึ้นจนวัตถุเริ่มเลื่อน และเคลื่อนที่ตามทิศทางของแรง P และแรงเสียดทานจะลดลงเล็กน้อย และลดลงสู่ค่าต่ำ และค่อนข้างจะคงที่ แม้ว่า P จะเพิ่มขึ้นก็ตาม

แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในช่วงที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ เรียกว่า “ ความเสียดทานสถิต ” มีสมการดังนี้

$$F_{S\,max} = \mu_s N$$

$F_{S\,max}$ คือ ค่าแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

μ_s คือ ส.ป.ส.ของความเสียดทานสถิต

หลังจากวัตถุเคลื่อนที่แล้วความเสียดทานที่เกิดขึ้นเรียกว่า **ความเสียดทานจลน์** ค่าแรงเสียดทานจลน์จะน้อยกว่าค่าแรงเสียดทานสถิตสูงสุด และค่าแรงเสียดทานจลน์ (F_k) มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากสัมผัสกับผิวสัมผัส

(N)

$$F_k = \mu_k N$$

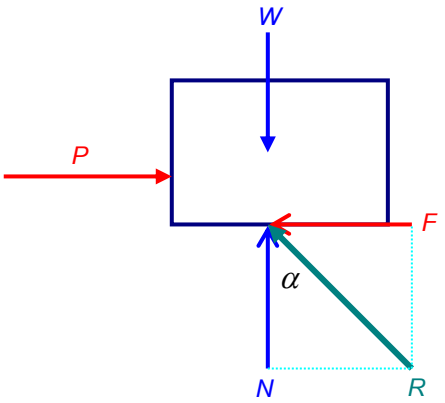
μ_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์

ทั่วไปแล้วมักเขียนสมการของแรงเสียดทานทั้งสองดังนี้

$$F = \mu N$$

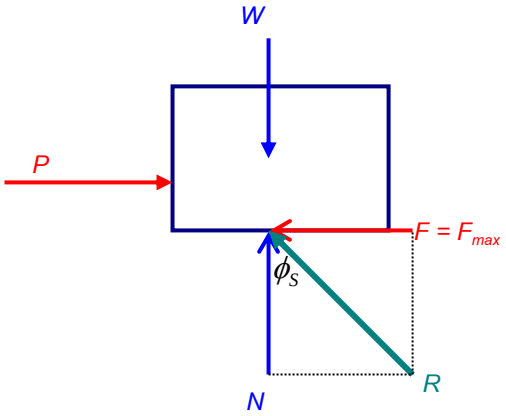
6.2 มุมของความเสียดทาน (Angle of friction)

ทิศทางของแรงลัพธ์ R ในรูป วัดจากทิศทางของ N จะได้ว่า



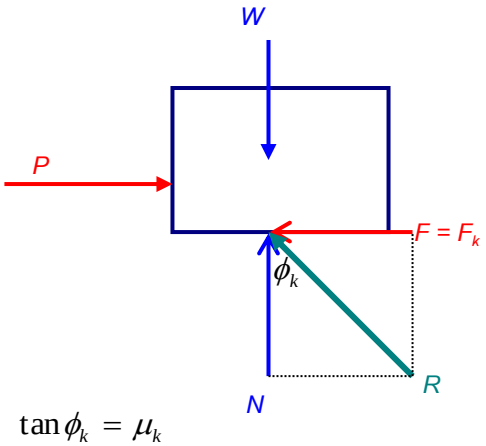
$$\tan\alpha = F/N$$

เมื่อแรงเสียดทานมีค่าสูงสุด มุม α มีค่ามากสุด เท่ากับ ϕ_S ดังนั้น



$$\phi_S = \tan^{-1}(F_S/N) = \tan^{-1}(\mu_S N/N) = \tan^{-1}\mu_S$$

ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่ มุม α จะมีค่าเท่ากับ ϕ_k แรงเสียดทานจลน์ นั้นคือ



$$\tan\phi_k = \mu_k$$

$$\phi_k = \tan^{-1}(F/N) = \tan^{-1}(\mu_k N/N)$$

$$= \tan^{-1}\mu_k$$

เมื่อ ϕ_k คือ มุมของความเสียดทานจลน์

6.3 ประเภทของปัญหาเกี่ยวกับความเสียดทาน

ปัญหาเกี่ยวกับความเสียดทานแห้ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

กรณีที่ 1 วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลและกำลังจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจะมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานสถิตสูงสุด $F_{max} = \mu_S N$ ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่จะเคลื่อนที่ไป

กรณีที่ 2 เมื่อทราบว่าวัตถุอยู่ในสภาวะกำลังเคลื่อนที่ไถล แรงเสียดทานจะมีค่าเท่ากับ $F_k = \mu_k N$ ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่จะเคลื่อนที่ไป

กรณีที่ 3 เมื่อไม่ทราบสภาวะของวัตถุ ว่าวัตถุอยู่ในสภาวะสมดุล วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลและกำลังจะเคลื่อนที่ หรือวัตถุอยู่ในสภาวะกำลังเคลื่อนที่ไถล ให้วิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้สมมุติว่าวัตถุอยู่ในสภาวะสมดุล แล้วคำนวณหาแรงเสียดทาน F ที่ต้องการสำหรับสภาวะสมดุล

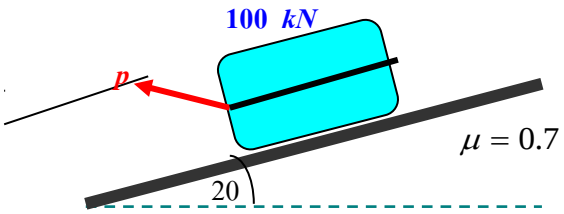
ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบแรงเสียดทานสูงสุด F_{max} กับแรง F ในขั้นตอนที่ 1

ถ้า $F < F_{max}$ แสดงว่าวัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลและแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น คือแรงเสียดทาน F

ถ้า $F = F_{max}$ แสดงว่าวัตถุยังคงอยู่ในสภาวะสมดุลและกำลังจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นคือแรงเสียดทาน $F = F_{max} = \mu_S N$

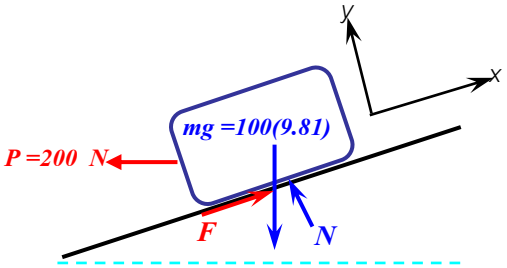
ถ้า $F > F_{max}$ แสดงว่าวัตถุไม่อยู่ในสภาวะสมดุล วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ไถล แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นคือแรงเสียดทาน $F_k = \mu_k N$

ตัวอย่างที่ 1 .ลังใส่ของ 100 kg วางบนพื้นเอียง มีแรง P ขนาด 200 N กระทำในแนวราบเพื่อดึงลังให้ไถลลงตามพื้นเอียง ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความเสียดทาน 0.70 จงคำนวณหาแรงเสียดทาน F ที่กระทำต่อลัง



วิธีทำ

เขียน F.B.D. ตั้ง x y ขนานและตั้งฉากกับพื้นเอียง และกำหนด ค่าแรงต่างๆ ที่กระทำต่อลัง



ใช้สมการสมดุลหาแรง N และแรงเสียดทาน F แล้วเปรียบเทียบกับแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

ถ้า $F < F_{S\max}$ ลังอยู่ในสภาวะสมดุล

ถ้า $F > F_{S\max}$ ลังเคลื่อนที่

หมายเหตุ กรณีนี้ คือ ค่า μ เท่านั้น

ตั้งสมการสมดุล

$+\uparrow \sum F_y = O;$

$N + 200\sin 20^\circ - 100(9.81)\cos 20^\circ = O$

$\therefore \; N = 853.4 \; N$

$\pm\rightarrow \sum F_x = O;$

$F - 200\cos 20^\circ - 10(9.81)\sin 20^\circ = O$

$\therefore \; F = 523.5 \; N$

$F_{S\max} = \mu_S N = 0.70(853.4) \; N$

$= 597.4 \; N$

$\therefore \; 597.4 \rangle 523.5 \; N \;,\; (F_{S\max} \rangle F)$

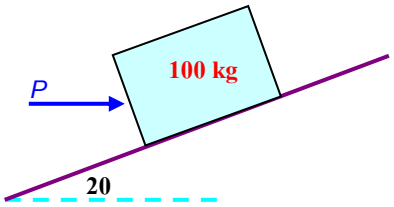
ลังอยู่ในสภาวะสมดุลมี แรงเสียดทาน

$F = 523.5 \; N$ กระทำอยู่ Ans

ตัวอย่างที่ 2 วัตถุมวล 100 kg บนพื้นเอียง 20 องศา มี $\mu_S = 0.20$, $\mu_k = 0.17$ ถ้ามีแรง P ในแนวระดับมากระทำต่อวัตถุขณะอยู่นิ่ง จงหาแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อ

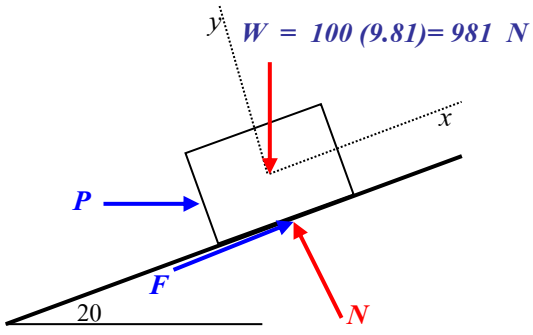
ก. $P = 100 \; N$

ข. $P = 500 \; N$



วิธีทำ

เขียน F.B.D. ได้



เนื่องจากไม่ทราบสภาวะของวัตถุจึงวิเคราะห์เป็นกรณีที่ 3

$\sum Fx = 0$; $P\cos 20 + F - 981\sin 20 = 0$ ..(1)

$\sum Fy = 0$; $N - P\sin 20 - 981\cos 20 = 0$ ..(2)

ก. $P = 100$ N

จากสมการ (1) และ (2) จะได้ $F = 241.6$ N และ

$N = 956$ N

หาค่า $F_{max} = \mu_S N$

$= 0.20(956)$

$= 191$ N

$\therefore F > F_{max}$ ดังนั้นวัตถุจึงเคลื่อนที่ไถลลงมา แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น คือ

$F_k = \mu_k N$

$= 0.17(956)$

$= 162.5$ *N* ในทิศทางตามแนวพื้นเอียง Ans

ข. $P = 500$ N

จากสมการ (1)และ(2) ได้ $F = -134.3$ N และ

$N = 1092.8$ N แรงเสียดทาน F มีเครื่องหมายติดลบแสดงว่าแรง F จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับที่กำหนดไว้ใน F.B.D.

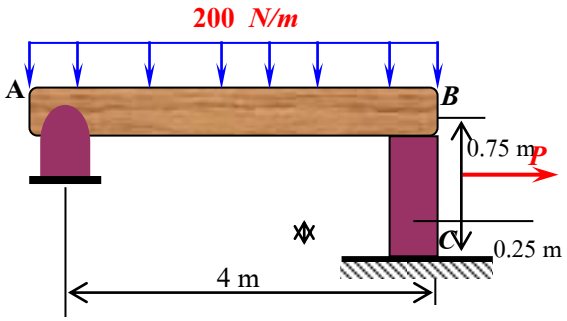
หา $F_{max} = \mu_S N$

$= 0.20(1092.8)$

$= 218.6$ N

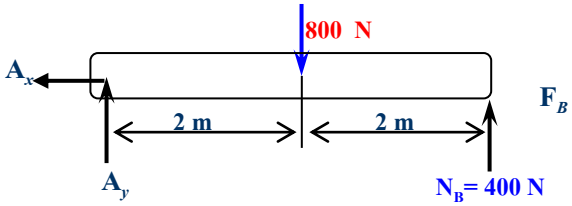
$\therefore F < F_{max}$ ดังนั้นวัตถุจึงอยู่ในสภาวะสมดุล แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น คือ $F = 134.3$ N

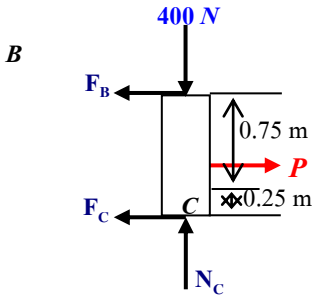
<u>ตัวอย่างที่</u> 2. คาน AB ถูกกระทำด้วยน้ำหนักกระจายสม่ำเสมอขนาด 200N/mและถูกรองรับที่ B โดยเสา BC ดังรูป ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ที่ จุด B และ C คือ $\mu_B = 0.2$ และ $\mu_C = 0.5$ ตามลำดับ จงหาแรง P ที่ต้องการเพื่อดุดเสาออกจากใต้คาน โดยไม่คิดน้ำหนักของชิ้นส่วนและความหนาของเสา



<u>วิธีทำ</u>

เขียน F.B.D. ของคาน AB และ เสา BC





ใช้สมการสมดุล พิจารณาแรง N_B , $\sum M_A = O$;

ได้ $N_B = 400\ N = N_y$

$A_x = F_B$

พิจารณาเสา BC ใช้สมการสมดุล

$\pm \rightarrow \sum F_X = 0;$ $\quad P - F_B - F_C = 0$ .....(1)

$+\uparrow \sum F_Y = 0;$ $\quad N_C - 400\ N = 0$ .....(2)

$\circlearrowleft + \sum M_C = 0$; $\quad -P(0.25m) + F_B(1m) = 0$ .....(3)

ถ้าเสามีการเลื่อนไถลเฉพาะที่จุด B

ซึ่ง $F_C \leq \mu_C N_C$ และ

$F_B = \mu_B N_B$

$F_B = 0.2\ (400\ N)$

$= 80\ N$

ใช้ค่า $F_B = 80\ N$ แก้สมการ (1) (2)และ (3) ได้

$P = 320\ N$

$F_C = 240\ N$

$N_C = 400\ N$

เนื่องจาก $F_C = 240\ N > \mu_C N_C$

$\mu_C N_C = 0.5(400\ N) = 200\ N$

ถ้าเสามีการเลื่อนไถลเฉพาะที่จุด C ซึ่ง

$F_C \leq \mu_C N_C$ และ

$F_B = \mu_B N_B$

แก้สมการ (1) ถึง (4)

$P = 267\ N$

$N_C = 400\ N$

$F_C = 200\ N$

$F_B = 66.7\ N$

ค่าแรง P ที่ต้องการ คือ แรง P ที่ต้องการ คือค่าแรง P ที่น้อยที่สุด

ฉะนั้น $P = 276\ N$ Ans

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ทดสอบ

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเรื่องแรงภายในของโครงสร้าง คาน (Beam) (30 นาที)
2. ผู้สอนเฉลยแบบทดสอบ (10 นาที)

ขั้นนำ

1. กล่าวนำเข้าสู่บทเรียนโดยพูดคุยถึงเรื่อง. แรงเสียดทาน มุมของความเสียดทาน ปัญหาที่มีความเสียดทาน (10 นาที)

ขั้นสอน

1. สอนแบบบรรยายในหน่วยที่ 6 (ในหัวข้อย่อย 1 , 2 , 3) (70 นาที)
2. สอนสาธิตหลักการคำนวณตัวอย่างที่ 1 , 2 , 3 (20 นาที)
3. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนถาม (25 นาที)
4. เฉลยแบบฝึกหัด (10 นาที)

ขั้นสรุป

1. สรุปเนื้อให้ผู้เรียนฟัง (10 นาที)

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

1. ให้ศึกษาเอกสารประกอบการเรียนตามหัวข้อ 1 , 2 ,3 และทำรายงานส่ง
2. ให้ทำแบบฝึกหัด
3. ให้ศึกษาเอกสารเรื่อง ลิ่ม ที่จะเรียนสัปดาห์หน้า

สื่อการเรียนการสอน

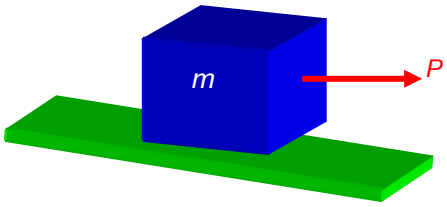
1. เอกสารประกอบการสอนเนื้อหาข้อย่อย 1 ,2 ,3
2. แผ่นใสเนื้อหาข้อย่อย 1 ,2 ,3

การวัดผลและประเมินผล

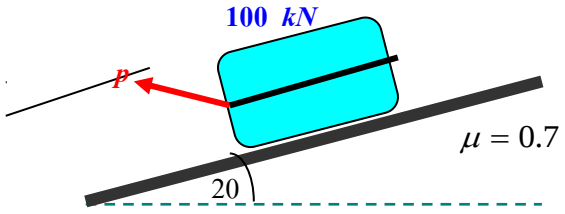
1. สังเกตความสนใจผู้เรียน
2. ความรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย
3. การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน
4. ทำแบบทดสอบ

แบบฝึกหัด

1. จงเขียนแผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุที่มีความเสียดทานดังรูป

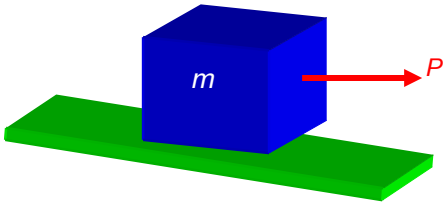


2. ลังใส่ของ 100 kg วางบนพื้นเอียง มีแรง P ขนาด 200 N กระทำในแนวราบเพื่อดึงลังให้ไถลลงตามพื้นเอียง ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความเสียดทาน 0.70 จงคำนวณหาแรงเสียดทาน F ที่กระทำต่อลัง

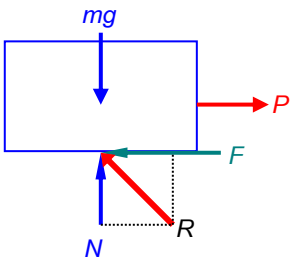


เฉลยแบบฝึกหัด

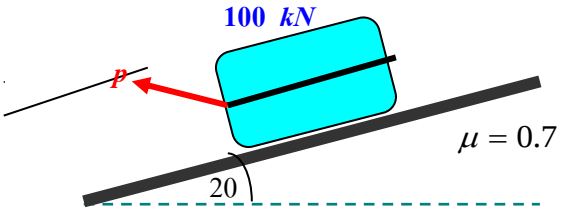
1. จงเขียนแผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุที่มีความเสียดทานดังรูป



วิธีวาด

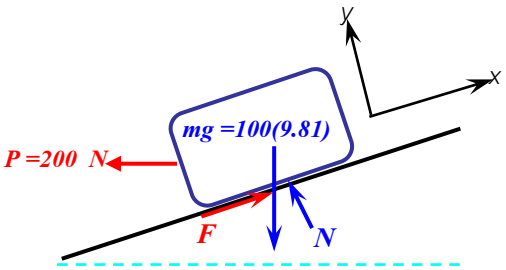


2. ลังใส่ของ 100 kg วางบนพื้นเอียง มีแรง P ขนาด 200 N กระทำในแนวราบเพื่อดึงลังให้ไถลลงตามพื้นเอียง ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความเสียดทาน 0.70 จงคำนวณหาแรงเสียดทาน F ที่กระทำต่อลัง



<u>วิธีทำ</u>

เขียน F.B.D. ตั้ง x y ขนานและตั้งฉากกับพื้นเอียง และกำหนด ค่าแรงต่างๆ ที่กระทำต่อลัง



ใช้สมการสมดุลหาแรง N และแรงเสียดทาน F แล้วเปรียบเทียบกับแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

ถ้า $F \langle F_{S\max}$ ลังอยู่ในสภาวะสมดุล

ถ้า $F \rangle F_{S\max}$ ลังเคลื่อนที่

หมายเหตุ กรณีนี้ คือ ค่า μ เท่านั้น

ตั้งสมการสมดุล

$+\uparrow \sum F_y = O;$

$N + 200\sin 20^\circ - 100(9.81)\cos 20^\circ = O$

$\therefore \; N = 853.4 \; N$

$\pm\rightarrow \sum F_x = O;$

$F - 200\cos 20^\circ - 10(9.81)\sin 20^\circ = O$

$\therefore \; F = 523.5 \; N$

$F_{S\max} = \mu_S N = 0.70(853.4) \; N$

$= 597.4 \; N$

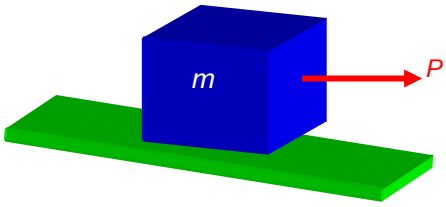
$\therefore \; 597.4 \rangle 523.5 \; N \;, \; (F_{S\max} \rangle F)$

ลังอยู่ในสภาวะสมดุลมี แรงเสียดทาน

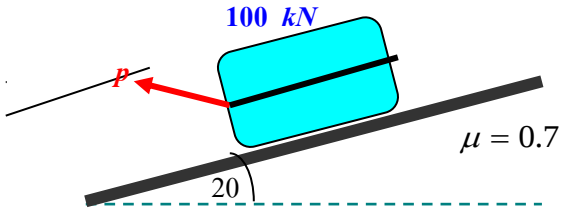
$F = 523.5 \; N$ กระทำอยู่ Ans

แบบทดสอบสัปดาห์ที่ 13

1. จงเขียนแผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุที่มีความเสียดทานดังรูป

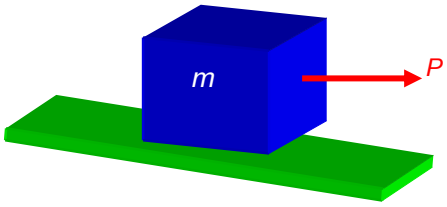


2. ลังใส่ของ 100 kg วางบนพื้นเอียง มีแรง P ขนาด 200 N กระทำในแนวราบเพื่อดึงลังให้ไถลลงตามพื้นเอียง ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความเสียดทาน 0.70 จงคำนวณหาแรงเสียดทาน F ที่กระทำต่อลัง

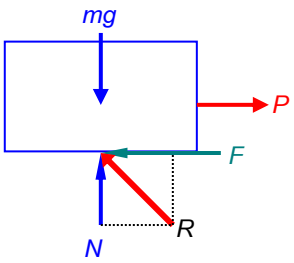


เฉลยแบบทดสอบสัปดาห์ที่ 13

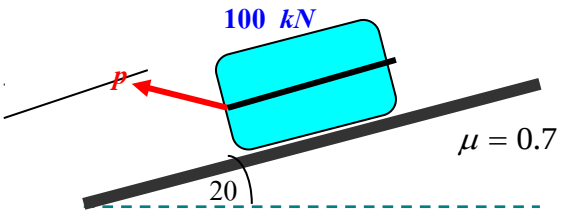
1. จงเขียนแผนภาพวัตถุอิสระของวัตถุที่มีความเสียดทานดังรูป



วิธีวาด

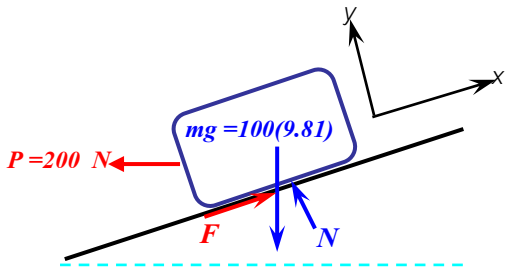


2. ลังใส่ของ 100 kg วางบนพื้นเอียง มีแรง P ขนาด 200 N กระทำในแนวราบเพื่อดึงลังให้ไถลลงตามพื้นเอียง ซึ่งมีค่า ส.ป.ส. ความเสียดทาน 0.70 จงคำนวณหาแรงเสียดทาน F ที่กระทำต่อลัง



<u>วิธีทำ</u>

เขียน F.B.D. ตั้ง x y ขนานและตั้งฉากกับพื้นเอียง และกำหนด ค่าแรงต่างๆ ที่กระทำต่อลัง



ใช้สมการสมดุลหาแรง N และแรงเสียดทาน F แล้วเปรียบเทียบกับแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

ถ้า $F < F_{S\max}$ ลังอยู่ในสภาวะสมดุล

ถ้า $F > F_{S\max}$ ลังเคลื่อนที่

หมายเหตุ กรณีนี้ คือ ค่า μ เท่านั้น ตั้งสมการสมดุล

$+\uparrow \sum F_y = O;$

$N + 200\sin 20^\circ - 100(9.81)\cos 20^\circ = O$

$\therefore \; N = 853.4 \; N$

$\pm\rightarrow \sum F_x = O;$

$F - 200\cos 20^\circ - 10(9.81)\sin 20^\circ = O$

$\therefore \; F = 523.5 \; N$

$F_{S\max} = \mu_S N = 0.70(853.4) \; N$

$= 597.4 \; N$

$\therefore \; 597.4 > 523.5 \; N \;, \; (F_{S\max} > F)$

ลังอยู่ในสภาวะสมดุลมี แรงเสียดทาน

$F = 523.5$ N กระทำอยู่ <u>Ans</u>

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....