

บทที่ 7 แรงเสียดทาน (Frictions)

ผู้สอน: รศ. วิชุดา เสถียรนาม

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

E-mail: wichsa@kku.ac.th

วัตถุประสงค์

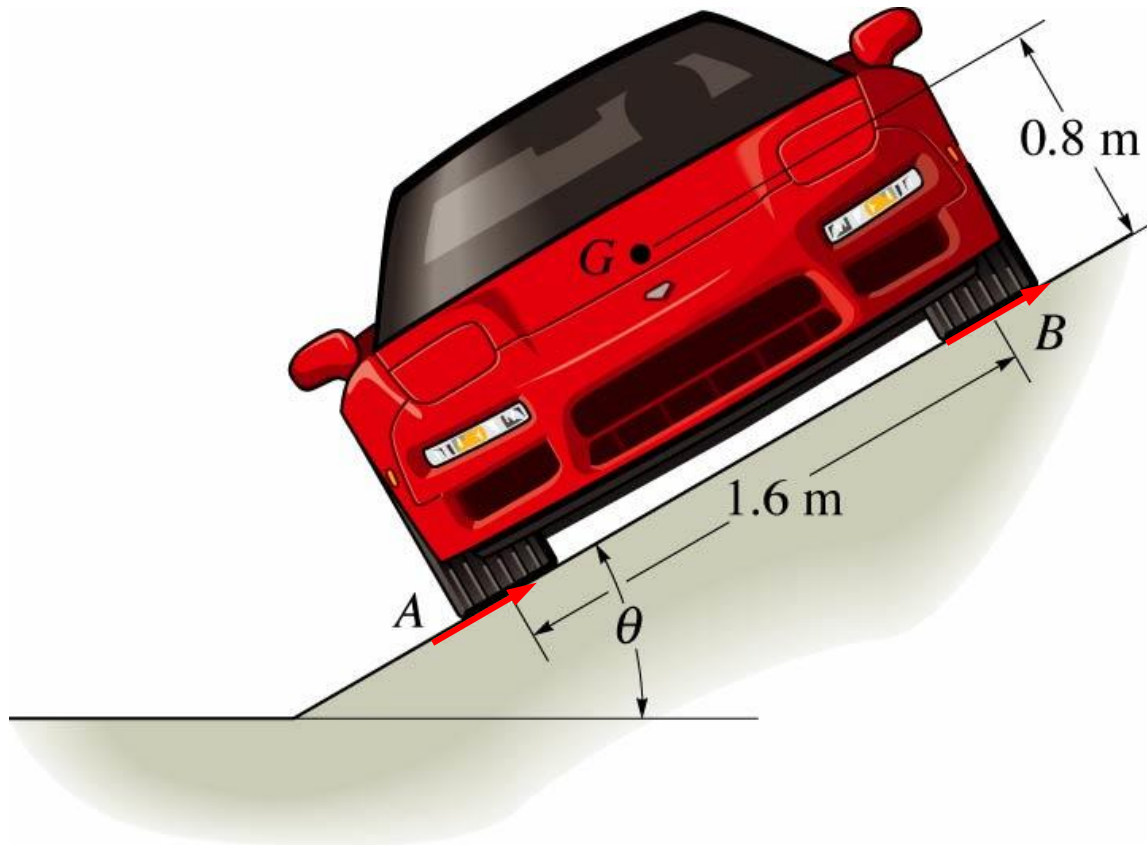
- เพื่อศึกษาถึงหลักการของแรงเสียดทาน
- เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้หลักของแรงเสียดทานกับ
 - สมดุลของวัตถุ
 - ลิ้มและสกรู

เหตุใดตู้จึงไม่เคลื่อนเมื่อถูกผลัก?



มีแรงต้านการเคลื่อนที่

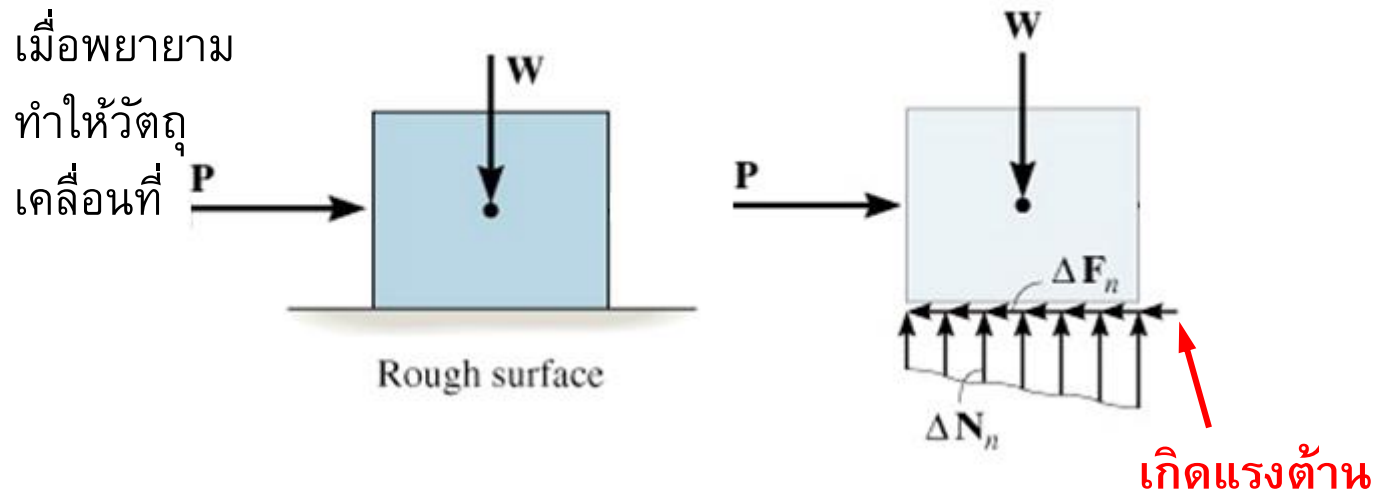
เพราะอะไร รถถึงไม่ไถลลงมาตามพื้นเอียง?



แรงเสียดทาน (Friction)

แรงเสียดทาน

- เมื่อเราพยายามผลักวัตถุให้เคลื่อนที่บนผิวสัมผัสแบบขรุขระ จะมีแรงต้านเกิดขึ้นเพื่อต้านไม่ให้วัตถุเคลื่อนที่



- แรงเสียดทานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท
 - แรงเสียดทานแห้ง (Dry Friction)
 - แรงเสียดทานในของไหล (Fluid Friction)

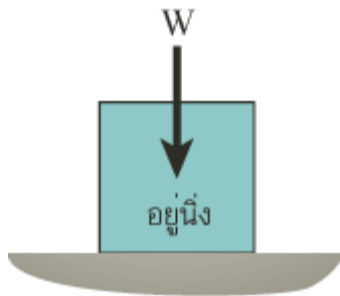
แรงเสียดทาน (ต่อ)

- แรงเสียดทาน
 - เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุสองชิ้นในแนวนอนกับผิวสัมผัส
 - ขนาดของแรงขึ้นกับแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัส และลักษณะของผิวสัมผัส



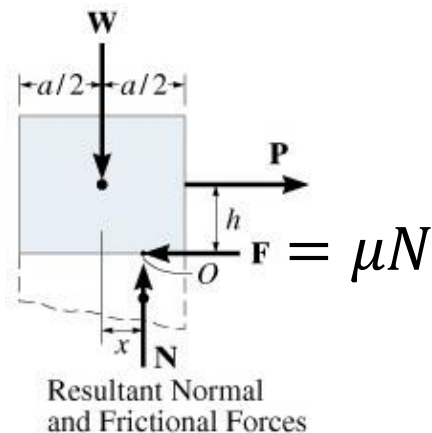
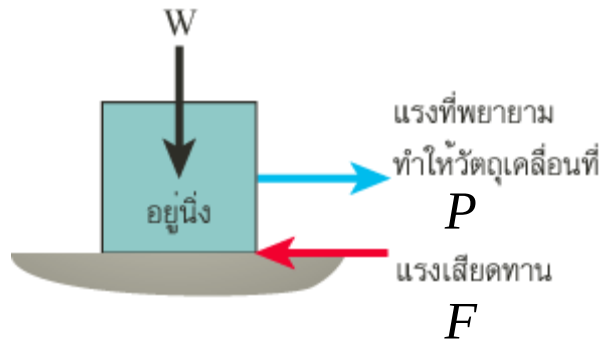
สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Coefficient of Friction)

- เมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่
 - แรงเสียดทานจะมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส



$$P = 0$$

$$F = 0$$



สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Coefficient of Friction)

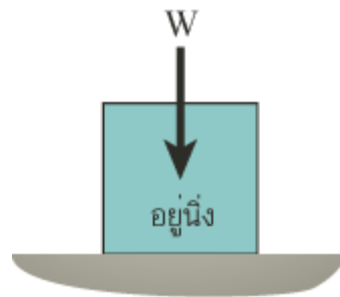
ผิวสัมผัสระหว่าง	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน
เหล็ก – น้ำแข็ง	0.03 – 0.05
ไม้ – ไม้	0.30 – 0.70
หนัง – ไม้	0.20 – 0.50
หนัง – เหล็ก	0.30 – 0.60
อลูมิเนียม – อลูมิเนียม	1.10 – 1.70

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Coefficient of Friction)

- เมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่
 - หากให้แรงเพิ่มขึ้น แรงเสียดทานจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่ง เรียกว่า **แรงเสียดทานสถิต** (แรงต้านสูงสุดก่อนวัตถุเคลื่อนที่)

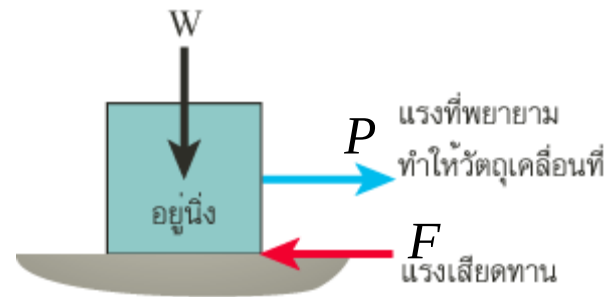
$$F_s = \mu_s N$$

เมื่อ μ_s คือสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต



$$P = 0$$

$$F = 0$$



$$F \leq F_s = \mu_s N$$

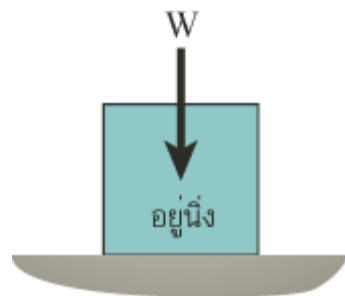
$$F = P$$

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Coefficient of Friction)

- หากให้แรงมากกว่าแรงเสียดทานสถิต วัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่
- แรงเสียดทานขณะวัตถุเคลื่อนที่จะลดลงเล็กน้อย เรียกว่าแรงเสียดทานจลน์

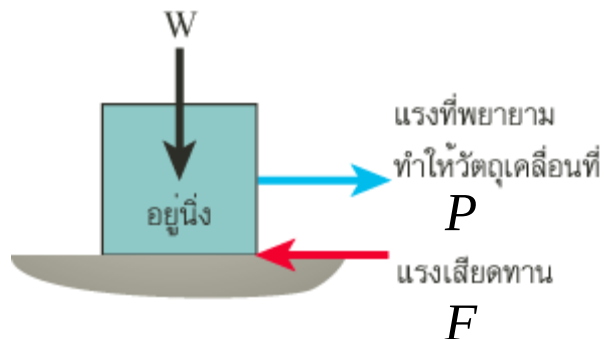
$$F_k = \mu_k N$$

เมื่อ μ_k คือสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์



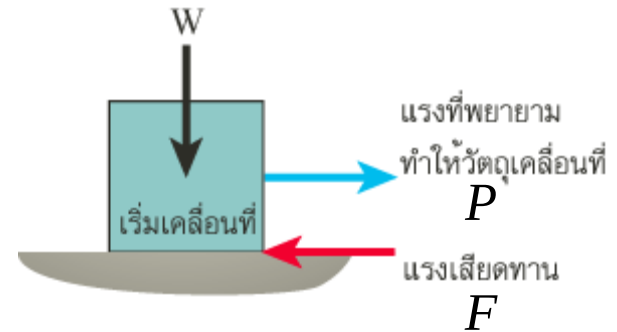
$$P = 0$$

$$F = 0$$



$$F = P$$

$$F \leq F_s = \mu_s N$$



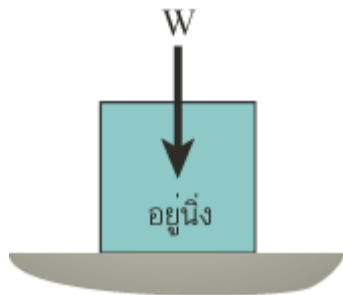
$$P > F_s$$

$$F = \mu_k N$$

ลักษณะของแรงเสียดทาน

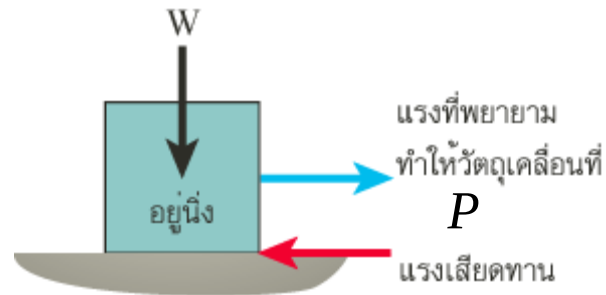
- เมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่ ขนาดของแรงเสียดทานจะเท่ากับแรงที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่นั้น
- แรงเสียดทานสูงสุดขณะที่วัตถุยังอยู่นิ่งเรียกว่าแรงเสียดทานสถิตย
- เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจะมีขนาดคงที่ โดยมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานขณะวัตถุเคลื่อนที่คือแรงเสียดทานจลน์
- ขนาดของแรงเสียดทานไม่เพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวสัมผัส แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุที่มาสัมผัสกัน

แรงเสียดทานที่สภาวะต่างๆ



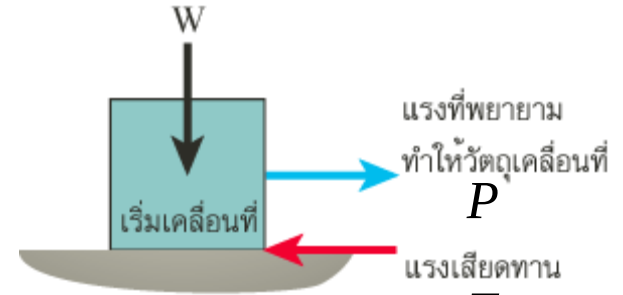
$$P = 0$$

$$F = 0$$



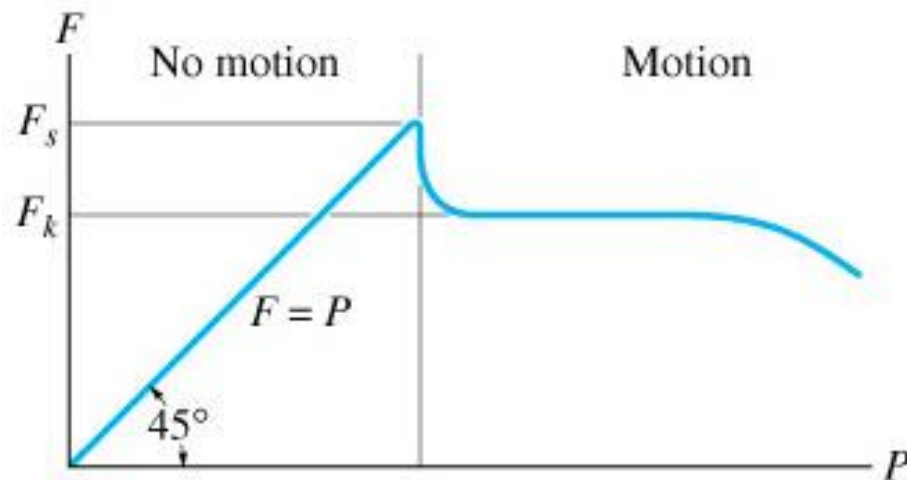
$$F = P$$

$$F \leq F_s = \mu_s N$$



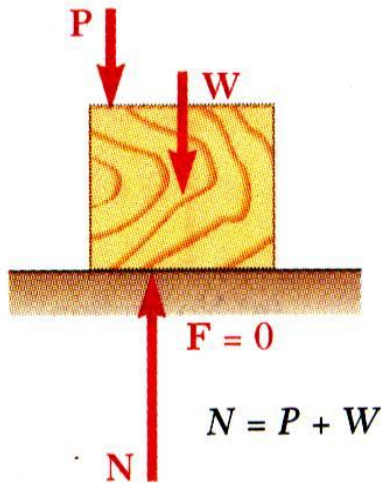
$$P > F_s$$

$$F = \mu_k N$$

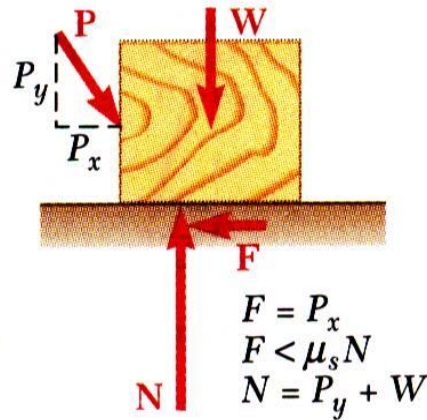


ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน

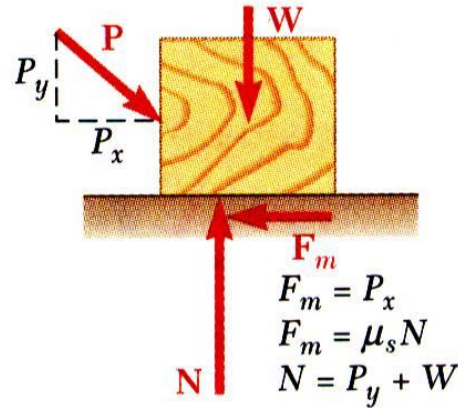
- 4 situations can occur when a rigid body is in contact with a horizontal surface:



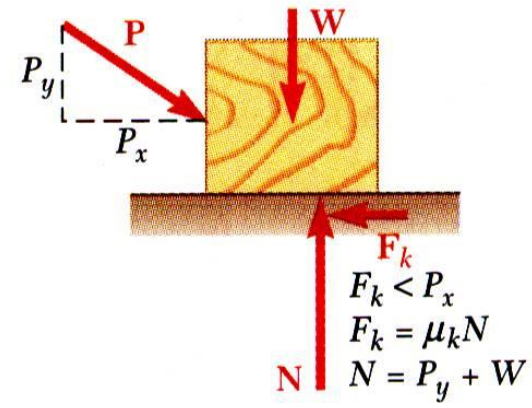
- No friction,
($P_x = 0$)



- No motion,
($P_x < F_m$)



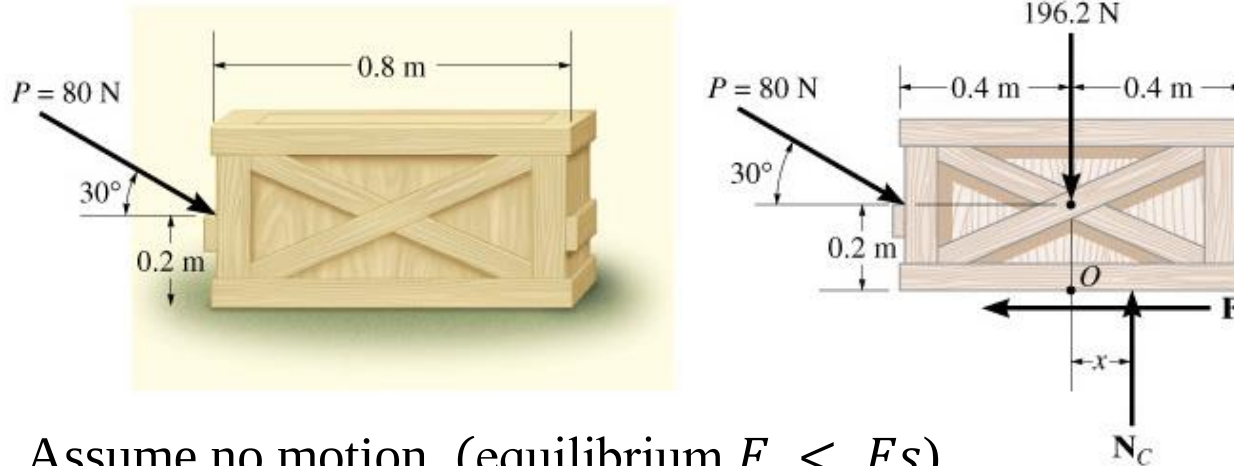
- Motion impending,
($P_x = F_m = F_s$)



- Motion,
($P_x > F_m$)

ตัวอย่าง

The uniform crate has a mass of 20kg. If a force $P = 80\text{N}$ is applied on to the crate, determine if it remains in equilibrium. The coefficient of static friction is $\mu = 0.3$.



- Assume no motion (equilibrium, $F < F_s$)

$$\Sigma F_x = 0; \quad 80 \cos 30 - F = 0;$$

$$F = 69.3 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad -80 \sin 30 - 196.2 + N_c = 0;$$

$$N_c = 236 \text{ N}$$

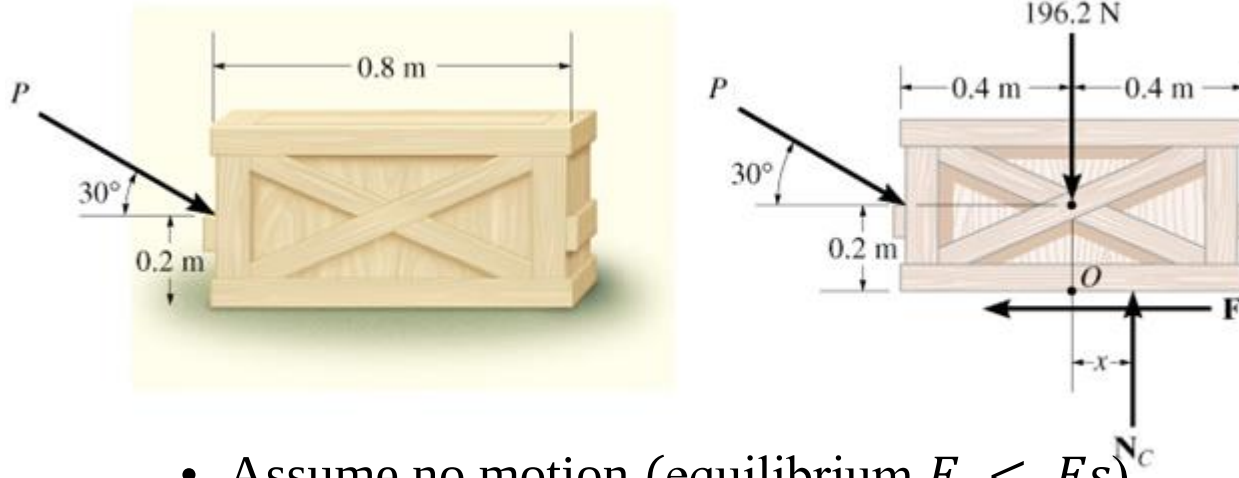
$$F_{max} = F_s = 0.3(236) = 70.8 \text{ N}$$

check $F = 69.3 \text{ N} < F_s = 70.8 \text{ N}$ ok No Motion

$$F = 69.3 \text{ N}$$

Quiz

If P is 100N, determine whether the system is in equilibrium and find the value of the friction force. ($\mu_s = 0.3$ and $\mu_k = 0.25$.)



- Assume no motion (equilibrium, $F < F_s$)

$$\Sigma F_x = 0; 100 \cos 30 - F = 0$$

$$F = 86.6 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0; -100 \sin 30 - 196.2 + N_C = 0$$

$$N_C = 246.2 \text{ N}$$

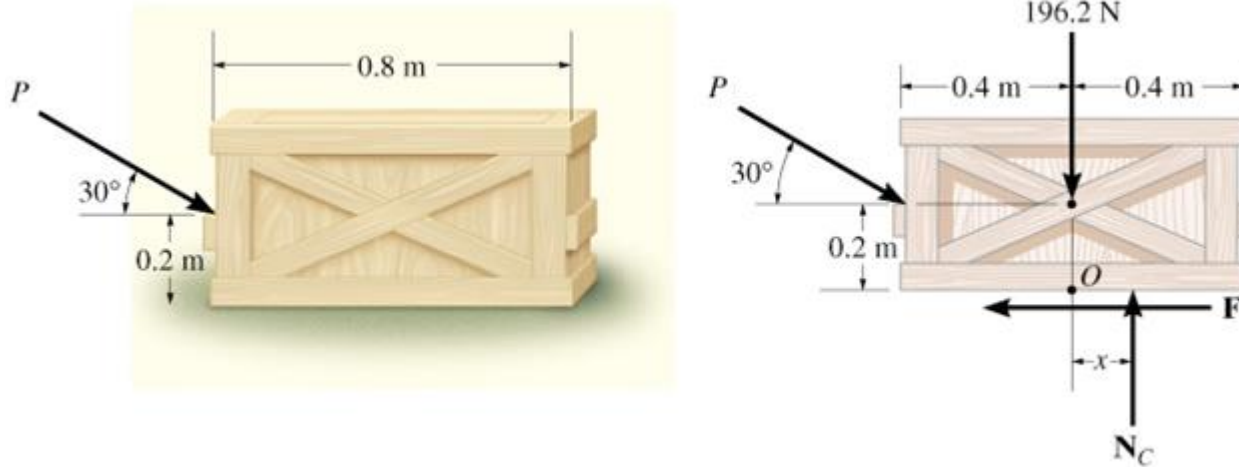
$$F_{max} = F_s = 0.3(246.2) = 73.8 \text{ N}$$

check $F = 86.6 \text{ N} > F_s = 73.8 \text{ N} \dots \dots \dots \text{Motion}$

$$\text{Then } F_{actual} = \mu_k N = 0.25(246.2) = 61.5 \text{ N}$$

Quiz

Determine the maximum P in which the system is in equilibrium.



- Assume motion impending ;

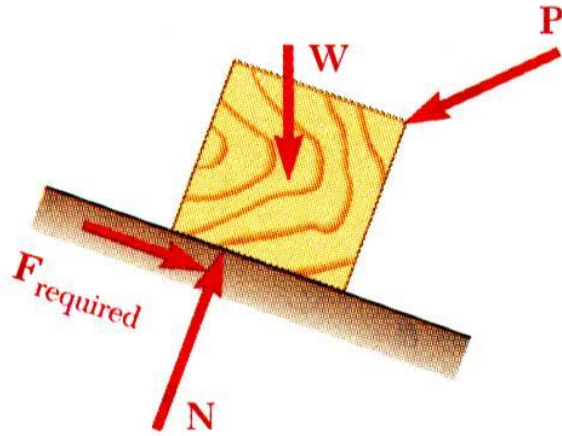
(Equilibrium, $F = F_{max} = \mu_s N = 0.3 N_C$)

$$\Sigma F_x = 0; \quad P \cos 30^\circ - 0.3 N_C = 0$$

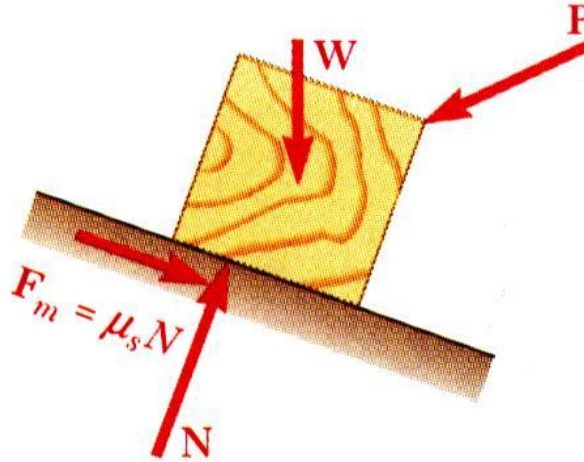
$$\Sigma F_y = 0; \quad -P \sin 30^\circ - 196.2 + N_C = 0$$

$$P = 82.2 \text{ N}$$

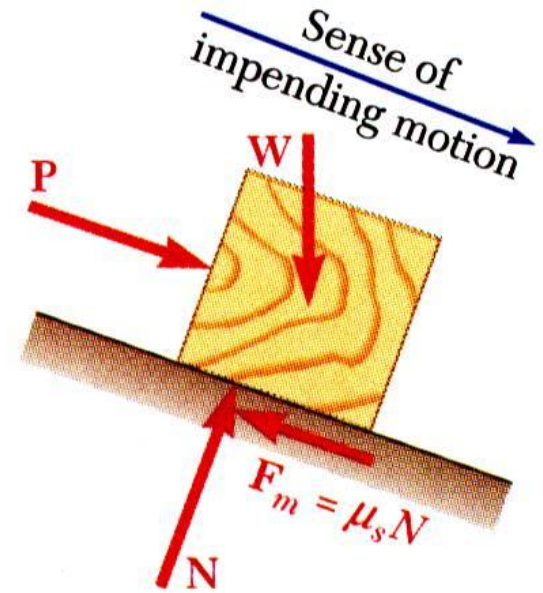
Problems Involving Dry Friction



- All applied forces known
- Coefficient of static friction is known
- Determine whether body will **remain at rest or slide**



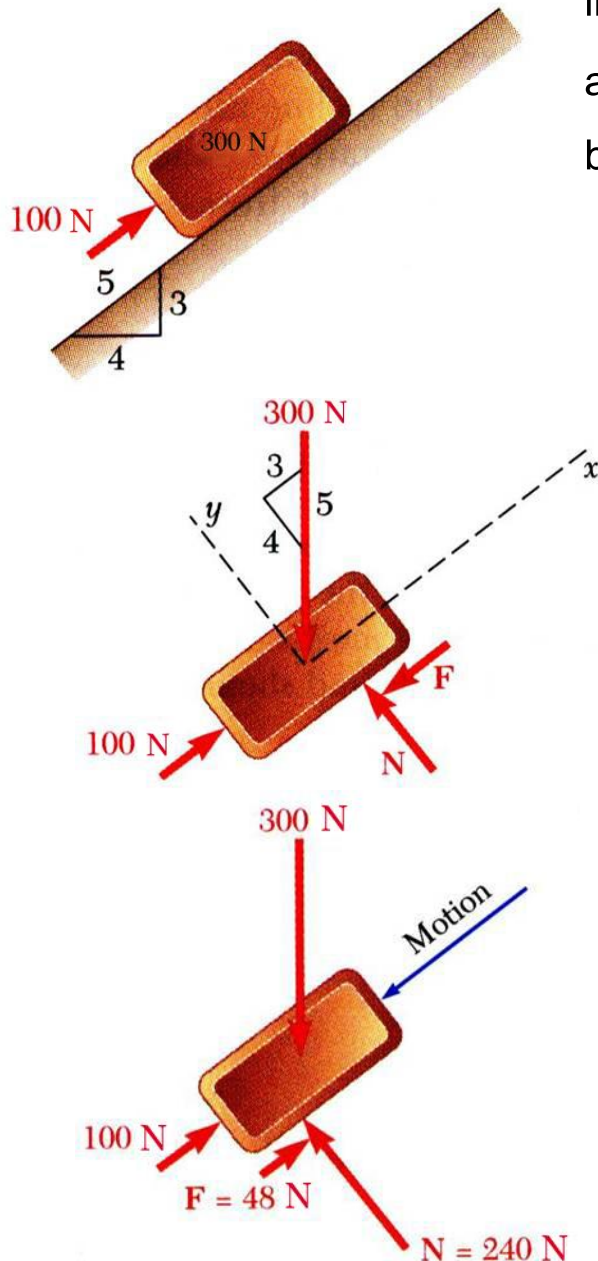
- All applied forces known
- Motion is impending
- Determine value of **coefficient of static friction**.



- Coefficient of static friction is known
- Motion is impending
- Determine **magnitude or direction** of one of the applied forces

ตัวอย่าง

A 100 N force acts as shown on a 300 N block placed on an inclined plane. The coefficients of friction between the block and plane are $\mu_s = 0.25$ and $\mu_k = 0.20$. Determine whether the block is in equilibrium and find the value of the friction force.



- Assume no motion (equilibrium; $F < F_s$)

$$\sum F_x = 0: 100 \text{ N} - \frac{3}{5}(300 \text{ N}) - F = 0$$

$$F = -80 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0: N - \frac{4}{5}(300 \text{ N}) = 0$$

$$N = 240 \text{ N}$$

$$F_s = \mu_s N: F_s = 0.25(240 \text{ N}) = 60 \text{ N}$$

check $F = 80 \text{ N} > F_s = 60 \text{ N}$ Motion

The block will slide down the plane.

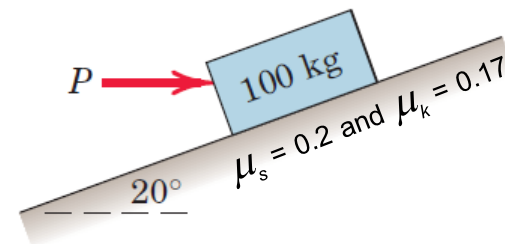
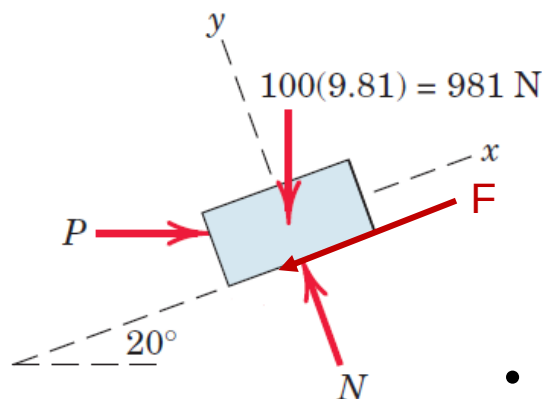
$$F_{\text{actual}} = F_k = \mu_k N$$

$$= 0.20(240 \text{ N})$$

$$= 48 \text{ N}$$

ตัวอย่าง

Determine the magnitude and direction of the friction force acting on the 100-kg block shown if $P = 500$ and 100 N.



- Assume no motion (equilibrium; $F < F_s$)

$P = 500$ N

$$\Sigma F_x = 0; 500 \cos 20 - F - 981 \sin 20 = 0$$

$$F = 134.3 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0; -500 \sin 20 - 981 \cos 20 + N = 0$$

$$N = 1093 \text{ N}$$

$$F_s = 0.2(1093) = 219 \text{ N}$$

check assumption

$$F = 134.3 \text{ N} < F_s = 219 \text{ N}$$

No motion, $F = 134.3 \text{ N}$

$P = 100$ N

$$\Sigma F_x = 0; 100 \cos 20 - F - 981 \sin 20 = 0$$

$$F = -242 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0; -100 \sin 20 - 981 \cos 20 + N = 0$$

$$N = 956 \text{ N}$$

$$F_s = 0.2(956) = 191.2 \text{ N}$$

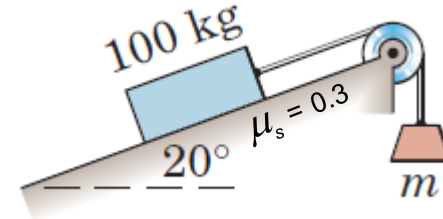
$$\text{check } F = 242 \text{ N} > F_s = 191.2 \text{ N}$$

Motion down the plane

$$F_{\text{actual}} = F_k = \mu_k N = 0.17(956) = 162.5 \text{ N up the plane}$$

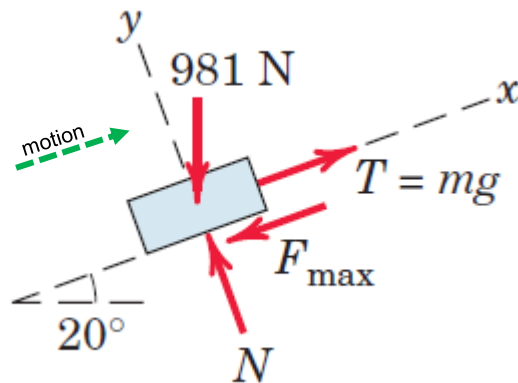
ตัวอย่าง

Determine the range of values which the mass m may have so that the 100-kg block will neither start moving up nor slip down the plane.



- Assume motion impending, (Equilibrium; $F_{max} = F_s = \mu_s N = 0.3N$)

1. กำลังจะเลื่อนขึ้น



$$\Sigma F_y = 0; N - 981 \cos 20 = 0$$

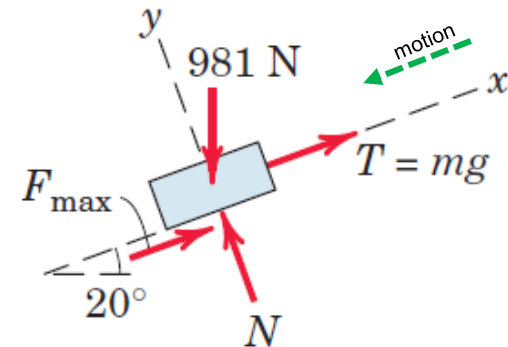
$$N = 922 \text{ N}$$

$$F_{max} = F_s = 0.3(922) = 277 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0; m(9.81) - 277 - 981 \sin 20 = 0$$

$$m = 62.4 \text{ kg}$$

2. กำลังจะเลื่อนลง



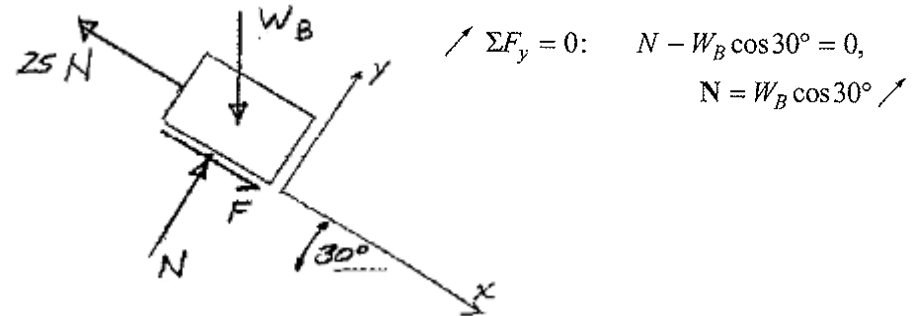
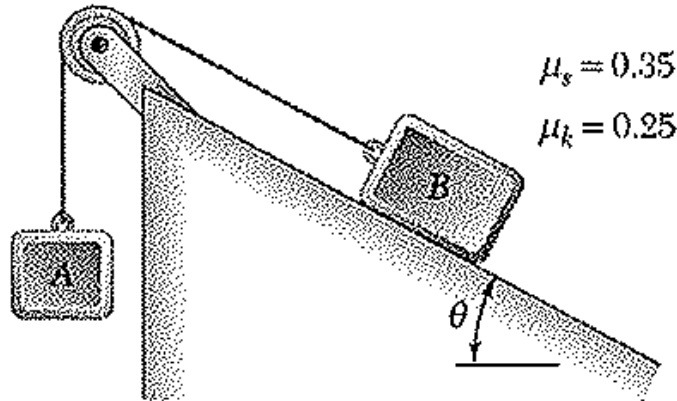
$$\Sigma F_x = 0; m(9.81) + 277 - 981 \sin 20 = 0$$

$$m = 6.01 \text{ kg}$$

ดังนั้น น้ำหนัก 6.01-62.4 กก. สามารถทำให้กล่อง 100 กก. อยู่ในสมดุล (ไม่เลื่อนขึ้น/ลง) บนพื้นเอียง

Quiz

Knowing that $W_A = 25 \text{ N}$ and $\theta = 30^\circ$, determine (a) the smallest value of W_B for which the system is in equilibrium, (b) the largest value of W_B for which the system is in equilibrium.



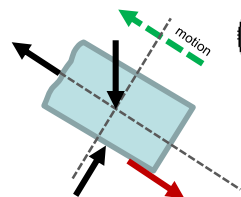
FBD Block B:

- Assume motion impending (Equilibrium; $F = F_s = \mu_s N = 0.35N$)

(a) For smallest W_B , slip impends up the incline, and

$$F = \mu_s N = 0.35 W_B \cos 30^\circ$$

$$\nearrow \Sigma F_x = 0: \quad F - 25 \text{ N} + W_B \sin 30^\circ = 0$$



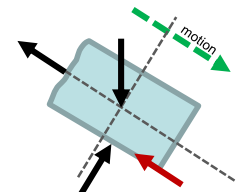
$$(0.35 \cos 30^\circ + \sin 30^\circ) W_B = 25 \text{ N}$$

$$W_{B \min} = 31.1 \text{ N} \quad \blacktriangleleft$$

(b) For largest W_B , slip impends down the incline, and

$$F = -\mu_s N = -0.35 W_B \cos 30^\circ$$

$$\nearrow \Sigma F_x = 0: \quad F_s + W_B \sin 30^\circ - 25 \text{ N} = 0$$

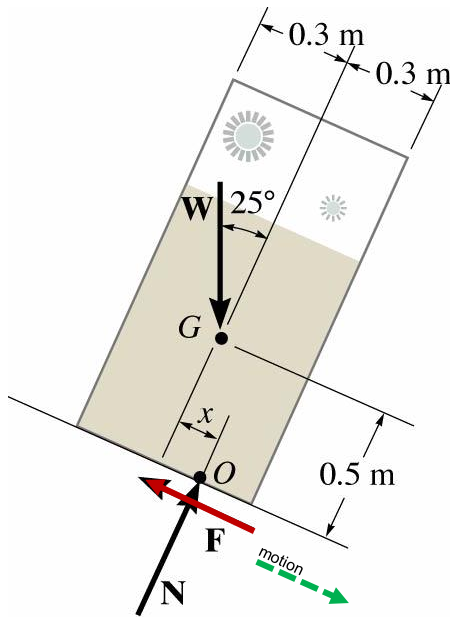


$$(\sin 30^\circ - 0.35 \cos 30^\circ) W_B = 25 \text{ N}$$

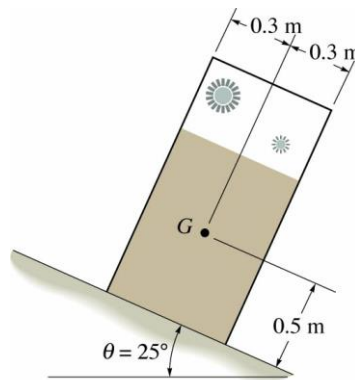
$$W_{B \max} = 127.0 \text{ N} \quad \blacktriangleleft$$

ตัวอย่าง

It is observed that when the bed of the dump truck is raised to an angle of $\theta = 25^\circ$ the vending machines begin to slide off the bed. Determine the static coefficient of friction between them and the surface of the truck



เขียน FBD (แรงเสียดทานจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของกล่อง)



- Assume motion impending, ($F = F_s = \mu_s N$)

$$\Sigma F_x = 0; \quad W \sin 25 - F = 0$$

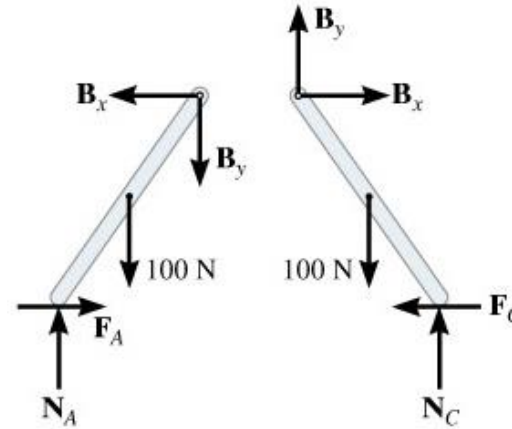
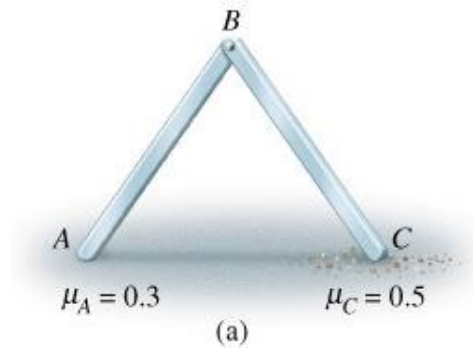
$$\Sigma F_y = 0; \quad N - W \cos 25 = 0$$

$$W \sin 25 = \mu_s (W \cos 25)$$

$$\mu_s = \frac{\sin 25}{\cos 25} = \tan 25 = 0.466$$

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน (หลายแรง)

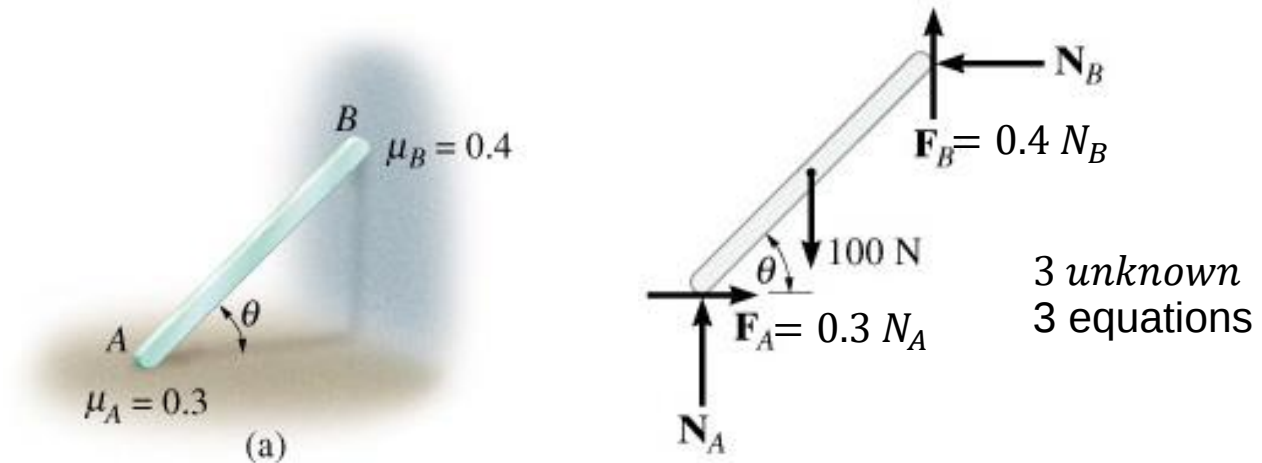
- No motion



- วิเคราะห์หาแรงที่ต้องการ (6 unknown 6 สมการ)
- ตรวจสอบ $F \leq F_s$ ไม่เช่นนั้นจะเกิดการลื่นที่จุดสัมผัส และวัตถุจะเคลื่อนที่

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน (หลายแรง)

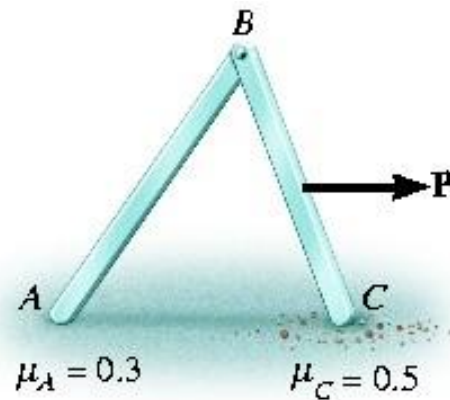
- Impending Motion at **All Points**



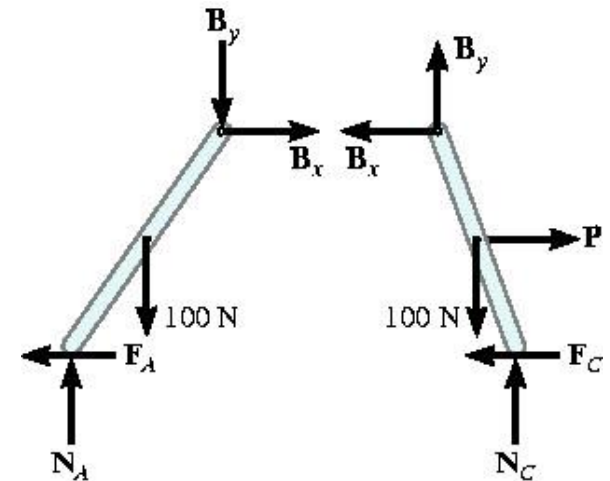
- If the motion **is impending**, $F_s = \mu_s N$
- If the body is **slipping**, $F_k = \mu_k N$
- เช่น ต้องการทราบค่ามุม θ ที่น้อยที่สุดที่ไม้ชิ้นนี้ยังตั้งอยู่ได้ในภาวะสมดุล (ไม่ลื่นลงมา)

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน (หลายแรง)

- Impending Motion at **Some Points**



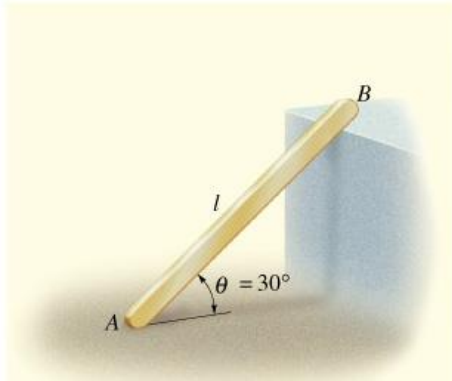
(a)



(b)

- เมื่อ P เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ
 - A ลื่น (C ไม่ลื่น)
 - C ลื่น (A ไม่ลื่น)
- P ในกรณีไหนน้อยกว่า แสดงว่ากรณีนั้นจะเกิดขึ้น

ตัวอย่าง



The uniform rod having a weight of W and length l is supported at its ends against the surfaces A and B . If the rod is on the verge of slipping when $\theta = 30^\circ$, determine the coefficient of static friction μ_s at A and B . Neglect the thickness of the rod for calculation.

- Motion impending ; $F = F_{max} = \mu_s N$

$$F_A = \mu_s N_A$$

$$F_B = \mu_s N_B$$

$$\Sigma F_x = 0; \quad \mu_s N_A + \mu_s N_B \cos 30^\circ - N_B \sin 30^\circ = 0 \dots \dots (1)$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad N_A - W + N_B \cos 30^\circ + \mu_s N_B \sin 30^\circ = 0 \dots \dots (2)$$

$$\Sigma M_A = 0; \quad N_B l - W \frac{l}{2} \cos 30^\circ = 0, \quad N_B = 0.433 W \dots \dots (3)$$

From eqs. 1 and 2

$$\mu_s N_A = 0.2165 W - 0.3750 W \mu_s$$

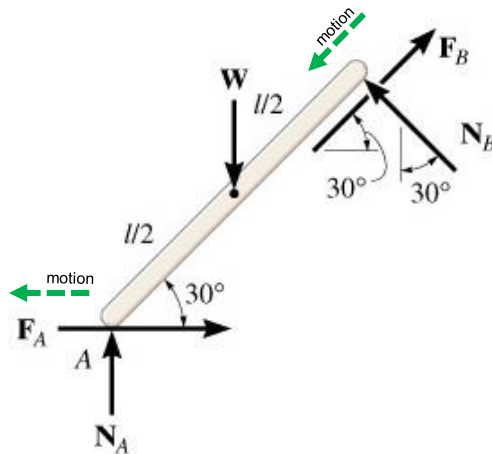
$$N_A = 0.625 W - 0.2165 W \mu_s$$

By division,

$$0.625 \mu_s - 0.2165 \mu_s^2 = 0.2165 - 0.375 \mu_s$$

$$\mu_s^2 - 4.619 \mu_s + 1 = 0$$

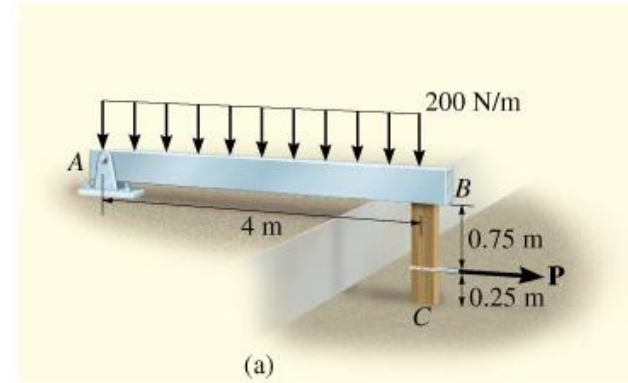
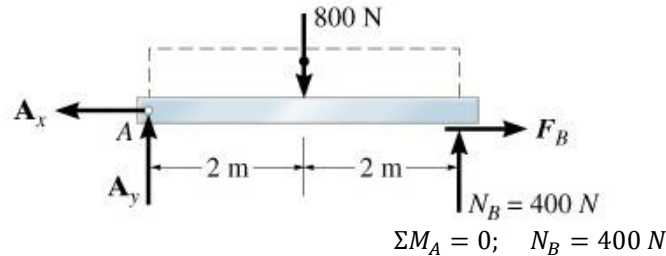
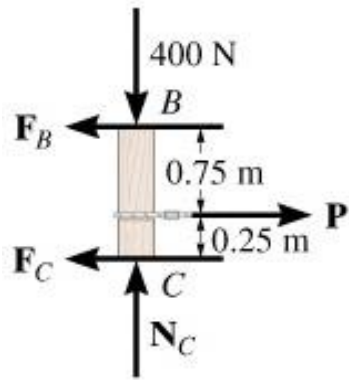
$$\mu_s = 0.228$$



เขียน FBD ของท่อนไม้ โดยพิจารณา
ทิศทางถ้าเกิดการเคลื่อนที่ (**แรงเสียดทาน**
จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศการเคลื่อนที่)

ตัวอย่าง

Beam AB is subjected to a uniform load of 200N/m and is supported at B by post BC. If the coefficients of static friction at B and C are μ_B and $\mu_C = 0.5$, determine the force P needed to pull the post out from under the beam. Neglect the weight of the members and the thickness of the post.



เขียน FBD ของเสาขึ้น โดยพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ และชนิดของผิวสัมผัส

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0; & P - F_B - F_C &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0; & N_C - 400 &= 0 \\ \Sigma M_C &= 0; & -P(0.25) + F_B(1) &= 0\end{aligned}$$

- Motion impending
 $F = F_{max} = \mu_s N$

เนื่องจากเสาขึ้นอาจไถลหลุดที่ปลายบน (B) หรือปลายล่าง (C) ต้องตรวจสอบทั้ง 2 กรณี

กรณีที่ 1 ไถลหลุดที่ปลายบน (B) เท่านั้น

$$\begin{aligned}F_B &= \mu_B N_B; & F_B &= 0.2(400) = 80 \text{ N} \\ & & P &= 320 \text{ N} \\ & & F_C &= 240 \text{ N} \\ & & N_C &= 400 \text{ N}\end{aligned}$$

ตรวจสอบแรงเสียดทานที่ปลายล่าง (C)

$$F_C = 240 \text{ N} > \mu_C N_C = 0.5(400) = 200 \text{ N}$$

แสดงว่าเสาขึ้นไถลที่ปลายล่างด้วย

กรณีที่ 2 ไถลหลุดที่ปลายล่าง (C) เท่านั้น

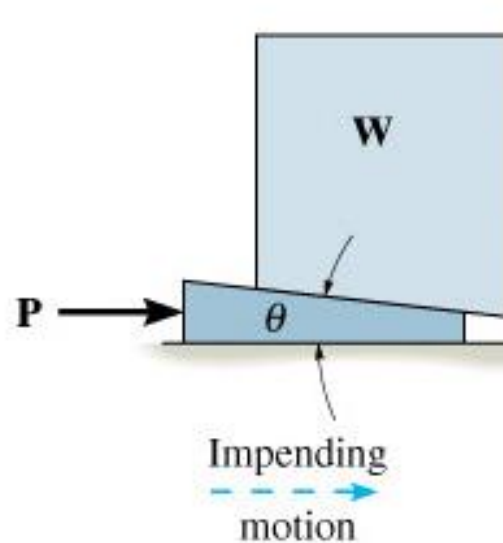
$$\begin{aligned}F_C &= \mu_C N_C; & F_C &= 0.5 N_C \\ & & P &= 267 \text{ N} \\ & & N_C &= 400 \text{ N} \\ & & F_C &= 200 \text{ N} \\ & & F_B &= 66.7 \text{ N}\end{aligned}$$

กรณีนี้ใช้แรง P น้อยกว่า แสดงว่าเสาขึ้นจะไถลที่ปลายล่าง (C) ก่อน

ใช้แรง 267 นิวตัน ดึงเสาขึ้นออกมา

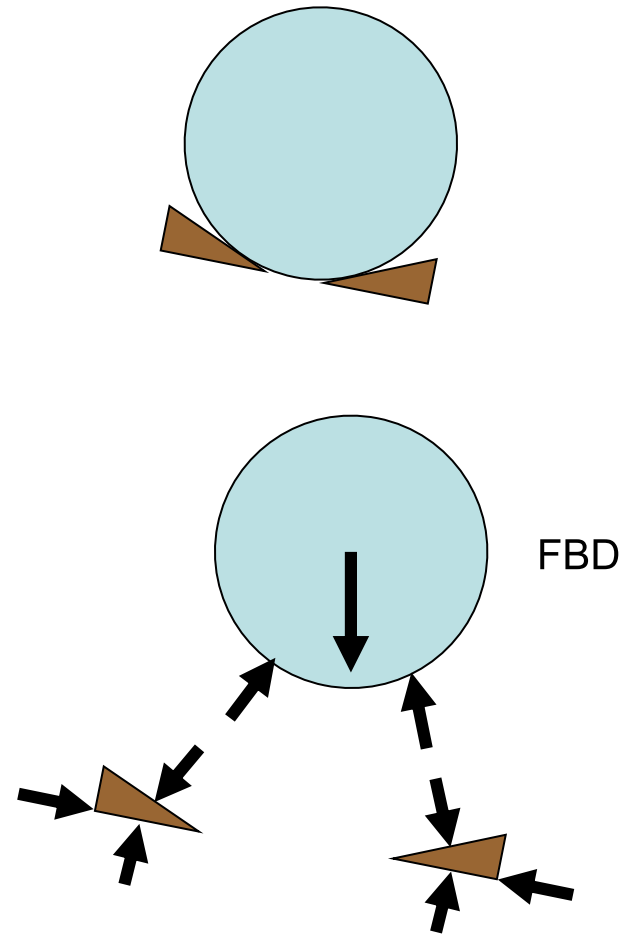
ลิ่ม (Wedges)

- ลิ่มเป็นเครื่องทุ่นแรงชนิดหนึ่ง
- การตอกลิ่มเป็นวิธีการใช้ยกหรือปรับตำแหน่งวัตถุหนักๆ



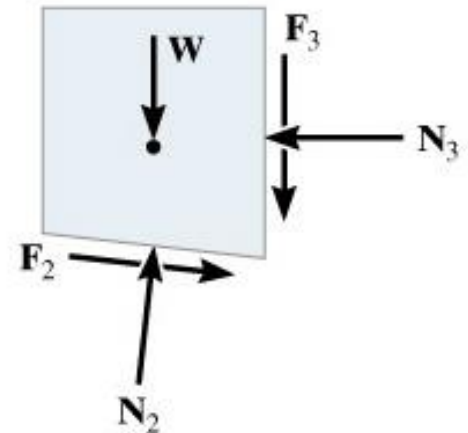
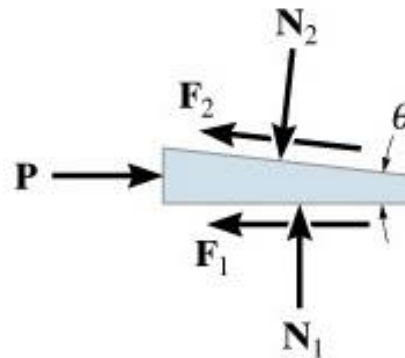
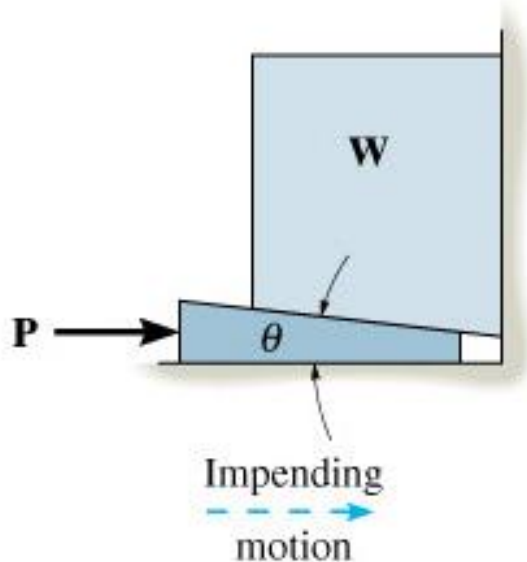
ลิ่ม (Wedges)

- นอกจากนี้ ลิ่มยังใช้สำหรับหนุนเพื่อไม่ให้วัตถุเคลื่อนที่



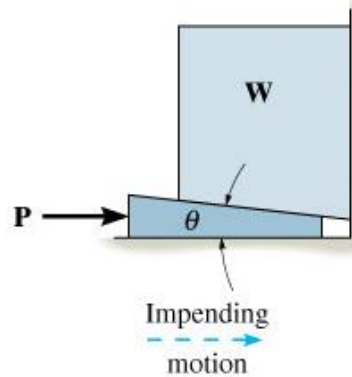
ลิ่ม (Wedges)

- เมื่อตอกลิ่ม ลิ่มจะเคลื่อนที่และมีแรงเสียดทานคอยต้านการเคลื่อนที่ของลิ่ม
- วัตถุที่ถูกยกด้วยลิ่มก็จะมีแรงเสียดทานกระทำที่ผิวสัมผัสกับลิ่ม และพื้นผิวอื่นๆ

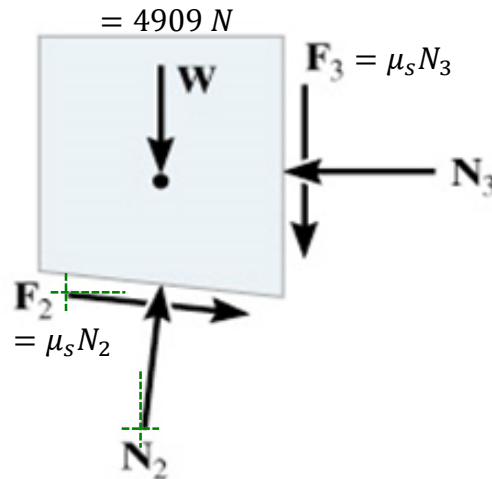


ตัวอย่าง

แท่งหินมีมวล 500 kg ล้อมมุม 7 องศา ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของทุกผิวสัมผัสเท่ากับ 0.3 จงคำนวณหาแรง P ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้แท่งหินขยับขึ้น



$$F = F_s = \mu_s N$$



1. Block as free-body

$$\Sigma F_x = 0;$$

$$\mu_s N_2 \cos 7^\circ + N_2 \sin 7^\circ - N_3 = 0$$

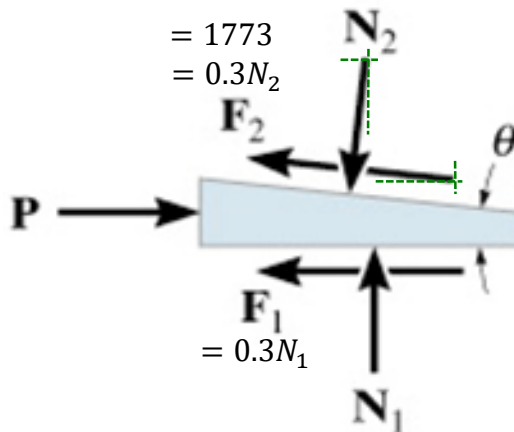
$$N_2 (0.3 \cos 7^\circ + \sin 7^\circ) - N_3 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0;$$

$$-\mu_s N_2 \sin 7^\circ + N_2 \cos 7^\circ - \mu_s N_3 - W = 0$$

$$N_2 (-0.3 \sin 7^\circ + \cos 7^\circ) - 0.3 N_3 - 4909 = 0$$

$$N_2 = 5909 \text{ N}$$



2. Wedge as free-body

$$\Sigma F_x = 0;$$

$$-\mu_s N_1 - \mu_s N_2 \cos 7^\circ - N_2 \sin 7^\circ + P = 0$$

$$-0.3 N_1 - N_2 (0.3 \cos 7^\circ + \sin 7^\circ) + P = 0$$

$$-0.3 N_1 - 2480 + P = 0$$

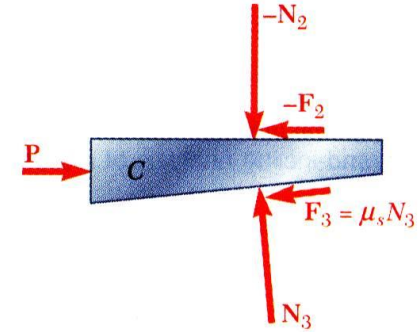
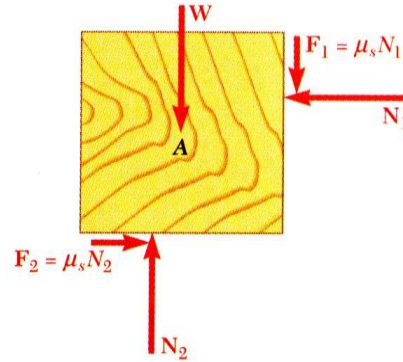
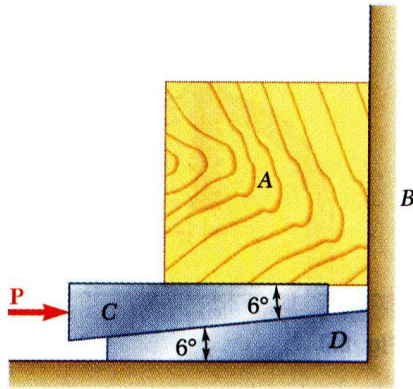
$$\Sigma F_y = 0;$$

$$N_1 + \mu_s N_2 \sin 7^\circ - N_2 \cos 7^\circ = 0$$

$$N_1 + N_2 (0.3 \sin 7^\circ - \cos 7^\circ) = 0$$

$$N_1 = 5649 \text{ N}, \quad P = 4175 \text{ N}$$

ตัวอย่าง



- *Wedges* - simple machines used to raise heavy loads.
- Force required to lift block is significantly less than block weight.
- Friction prevents wedge from sliding out.
- Want to find minimum force P to raise block.

- Block as free-body

$$\sum F_x = 0:$$

$$-N_1 + \mu_s N_2 = 0$$

$$\sum F_y = 0:$$

$$-W - \mu_s N_1 + N_2 = 0$$

- Wedge as free-body

$$\sum F_x = 0:$$

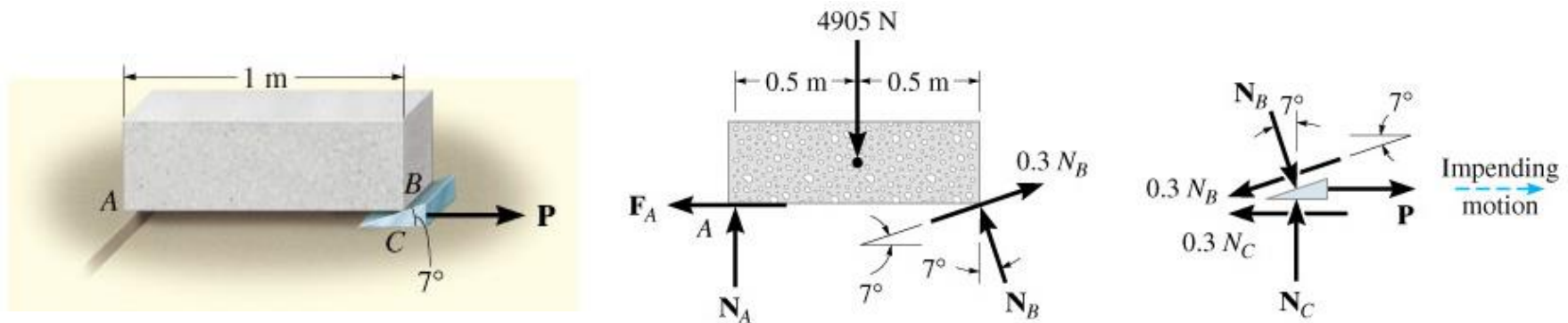
$$-\mu_s N_2 - N_3(\mu_s \cos 6^\circ - \sin 6^\circ) + P = 0$$

$$\sum F_y = 0:$$

$$-N_2 + N_3(\cos 6^\circ - \mu_s \sin 6^\circ) = 0$$

ตัวอย่าง

The uniform stone has a mass of 500kg and is held in place in the horizontal position using a wedge at B. if the coefficient of static friction $\mu_s = 0.3$, at the surfaces of contact, determine the minimum force P needed to remove the wedge. Is the wedge self-locking? Assume that the stone does not slip at A.



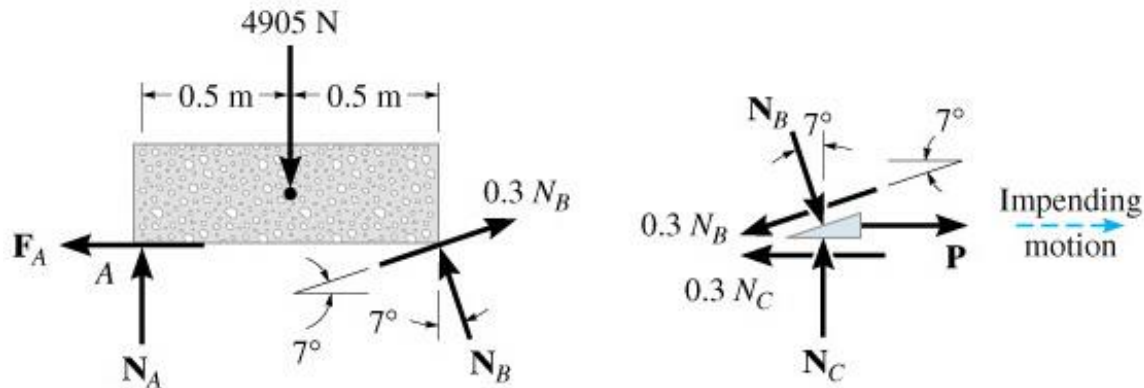
ถ้าจะดึงลิ่มออกจากใต้แท่งหิน แรงเสียดทานที่จุด B และ C จะต้องเท่ากับแรงเสียดทานสถิต ส่วนแรงเสียดทานที่จุด A จะต้องน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต

$$F_A \leq \mu_s N_A$$

$$F_B = \mu_s N_B$$

$$F_C = \mu_s N_C$$

ตัวอย่าง (ต่อ)



พิจารณาสมมูลของแท่งหิน

$$\Sigma M_A = 0; \quad -4905(0.5) + N_B \cos 7^\circ (1) + 0.3 N_B \sin 7^\circ (1) = 0$$

$$N_B = 2383.1 \text{ N}$$

พิจารณาสมมูลของลิ้ม

$$\Sigma F_x = 0; \quad 2383.1 \sin 7^\circ - 0.3(2383.1 \cos 7^\circ) + P - 0.3 N_C = 0$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad N_C - 2383.1 \cos 7^\circ - 0.3(2383.1 \sin 7^\circ) = 0$$

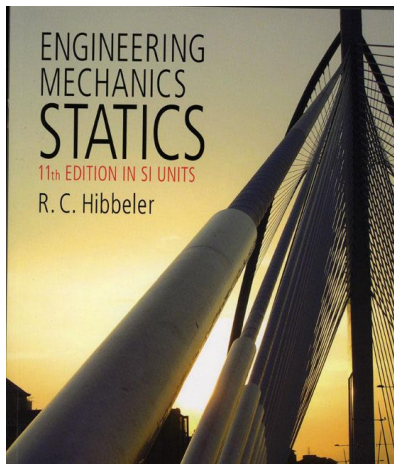
$$N_C = 2452.5 \text{ N}$$

$$P = 1154.9 \text{ N}$$

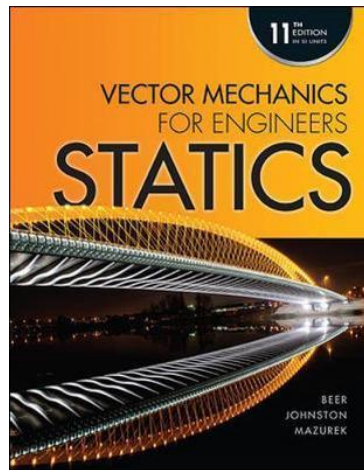
เมื่อ P มีค่าเป็นบวกแสดงว่าต้องใช้แรงดึงถึงจะสามารถดึงลิ้มออกจากใต้แท่งหินได้ ถ้าไม่มีแรง P ลิ้มก็จะสามารถอยู่กับที่ใต้โดยที่แท่งหินไม่ไถลลงมา

อ้างอิง:

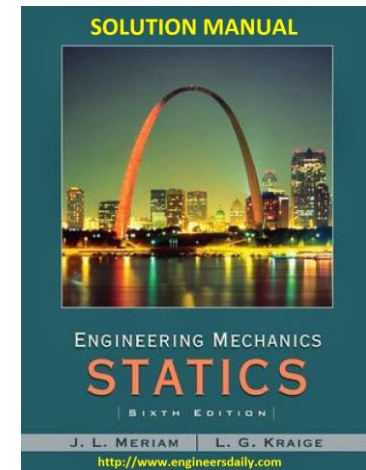
- กลศาสตร์วิศวกรรม โดย รศ. ยิ่งศักดิ์ พรรณเชษฐ์
- เอกสารประกอบการสอน 171100 Statics โดย อ.ดร.ณัฐพงษ์ อาริมิตร
- เอกสารประกอบการสอน 171100 Statics โดย อ.ดร.ธเนศ เสถียรนาม



R.C. Hibbeler



P. Beer



J.L. Meriam