كليـــــة الســـــلام الجـامعـــــة
قسم هندسة تقنيات التكييف والتبريد

المرحلة الأولى

Engineering Mechanic (Statics)

First Part

الميكانيك الهندسي (الاستاتيك)

FRICTION

الاحتكاك

Outlines

الإطار العام

- Friction
- الاحتكاك
  - Introduction
  - مقـــدمـــة
  - Characteristics of Dry Friction
  - خصائص الاحتكاك الجاف
  - Problems of Dry Friction
  - مسائل الاحتكاك الجاف
  - Wedges
  - الاســـفـــيـــن
  - Friction on Flat Belts
  - الاحتكاك على الاحزمه المسطحة

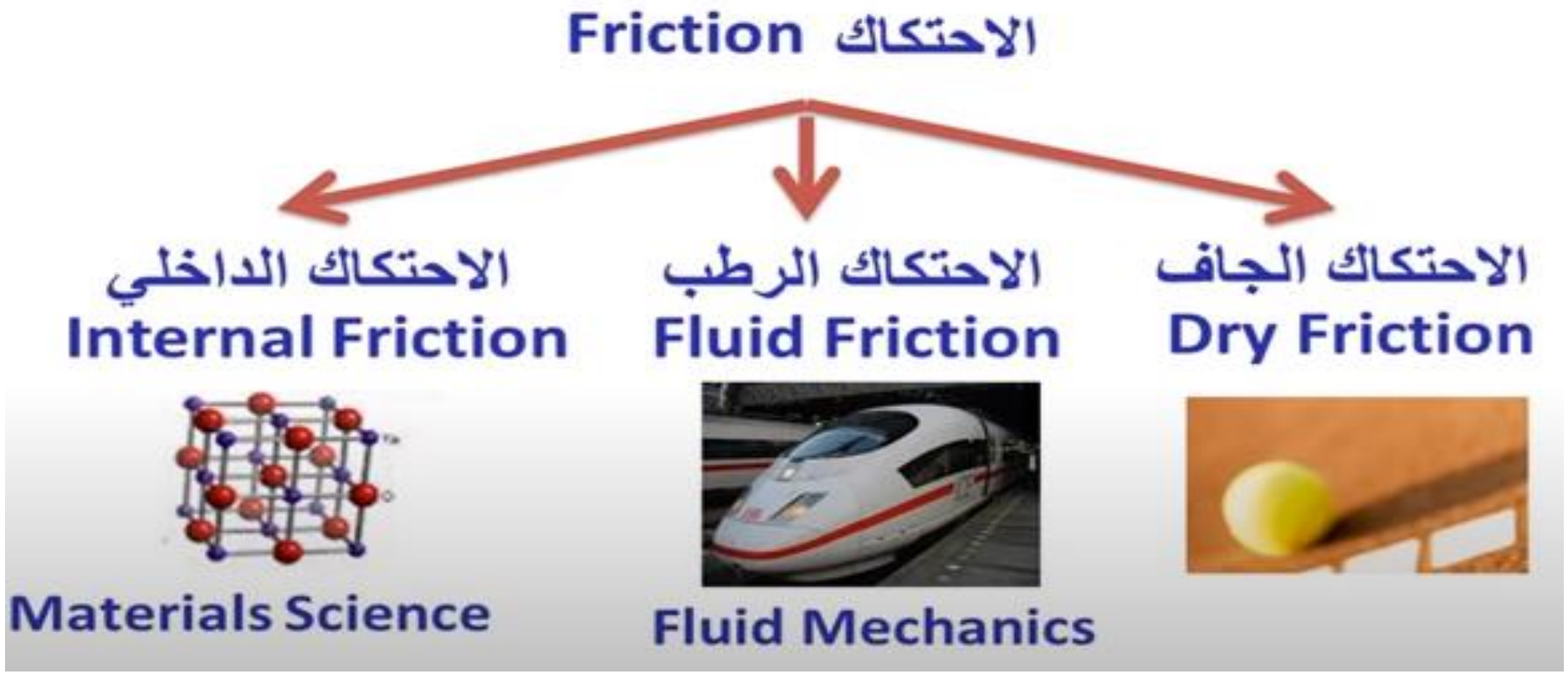
Introduction مقـــدمـــة

Definition : **التعـــريـــف:**

Friction is a force that resists the movement of two contacting surfaces that slide relative to one another.

الاحتكاك هي القوة التي تقاوم حركة سطحين متصلين ينزلقان بالنسبة إلى بعضها البعض.

Types of Friction : أنواع الاحتكاك :



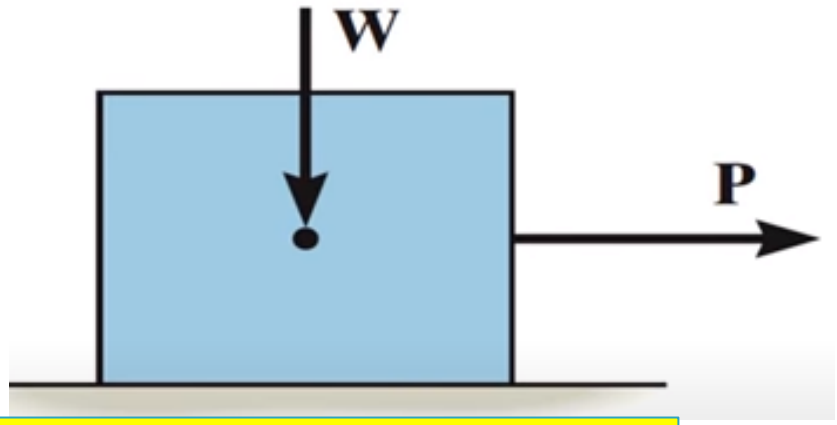
Characteristics of Dry Friction خصائص الاحتكاك الجاف

Theory of Dry Friction : نظرية الاحتكاك الجاف :

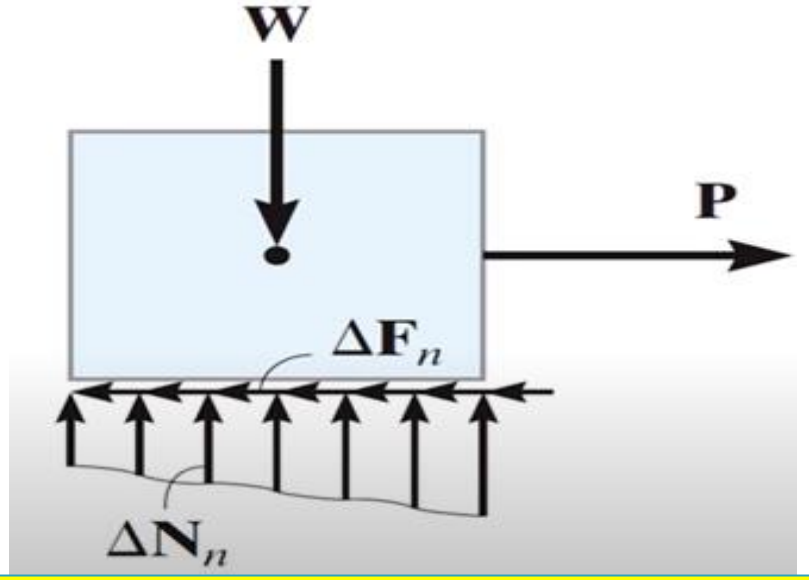
The theory of dry friction can be explained by considering the effects caused by pulling horizontally on a block of uniform weight

نظرية الاحتكاك الجاف يمكن تفسيرها من خلال النظر في الآثار الناجمة عن سحب كتلة من الوزن أفقيا .

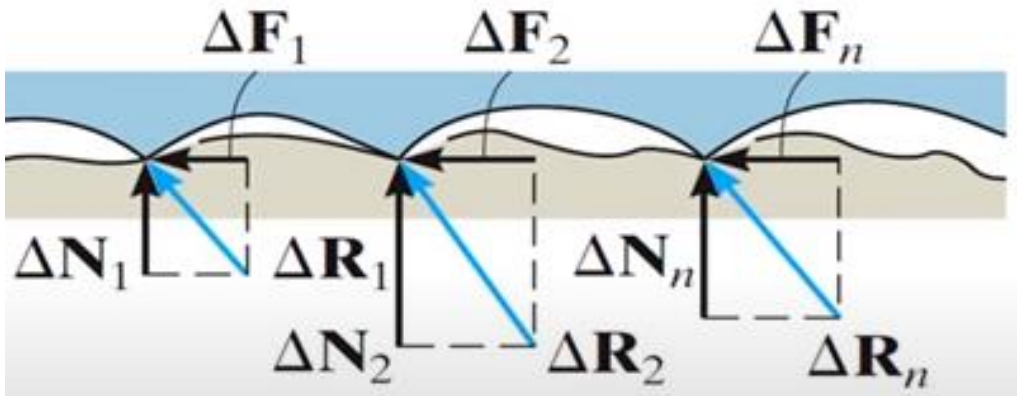
Explain: تفسـير :



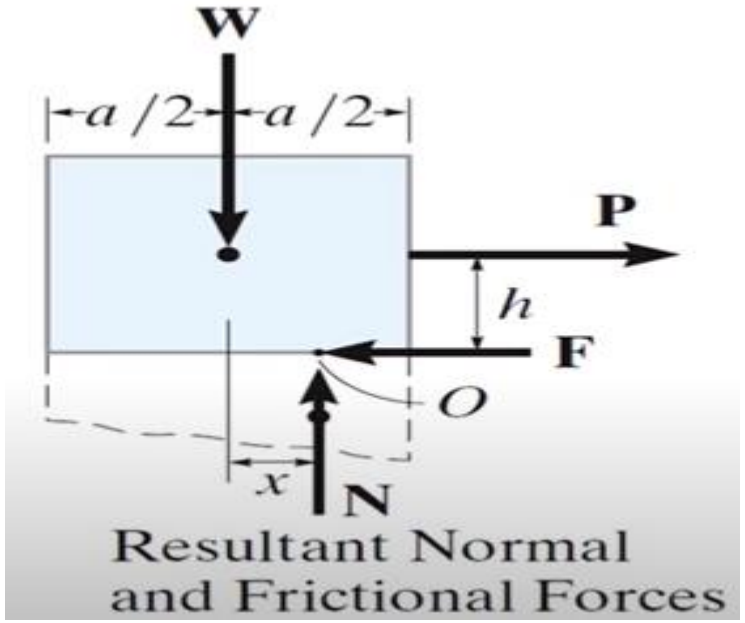
سحب جسم وزنه W افقيا على سطح خشن



يتولد عند قاعدة الجسم قوتان موزعتان على مساحة التماس هما القوة الطبيعية ΔN_n وقوة الاحتكاك ΔF_n



عند تكبير منطقة التماس نلاحظ وجود التعرجات الناتجة من خشونة السطحين وفي كل نقطة تماس يمكن تمثيل محصلة المركبة العمودية ΔN_1 والمركبة الافقية ΔF_1 وتسميتها ΔR_1 وهكذا لباقي النقاط



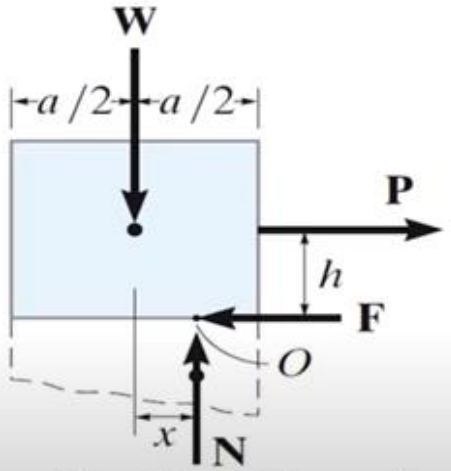
تاثير القوة الطبيعية وقوة الاحتكاك الموزعة على مساحة التماس يمكن التعبير عنهما بالمحصلة N و F في مخطط الجسم الحر، يلاحظ ان N تؤثر على مسافة x يمين خط تاثير القوة W لموازنة تاثير الانقلاب الذي يمكن ان تسببه القوة P

Mechanism of Dry Friction : آلية الاحتكاك الجاف :

- ✓ Equilibrium ✓ الاتزان
- ✓ Impending Motion ✓ على وشك الحركة
- ✓ Motion ✓ الحركة

قوة السحب P ينتج عنها قوة احتكاك F مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه بحيث يبقى الجسم ساكنا وفي حالة اتزان

✓ Equilibrium ✓ الاتزان



Resultant Normal and Frictional Forces

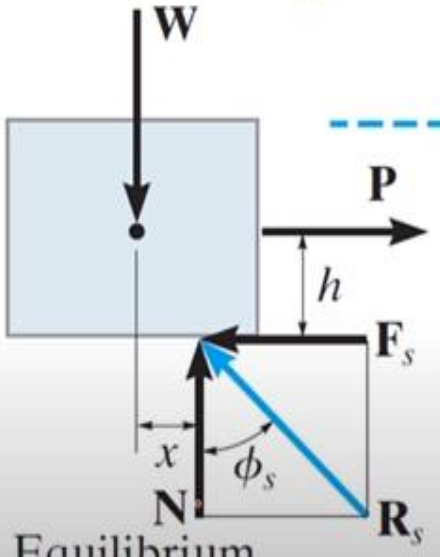
عندما تزداد القوة P تدريجيا تزداد تبعا لذلك قوة الاحتكاك F حتى تصل الى الحد الاقصى F_s وتسمى الحد الساكن لقوة الاحتكاك ويصبح الجسم غير متزن لان اي زيادة في القوة P ستسبب حركة الجسم وتكون :

$$F_s = \mu_s N$$

μ_s : معامل الاحتكاك

ϕs : زاوية الاحتكاك الساكن

✓ Impending Motion ✓ على وشك الحركة



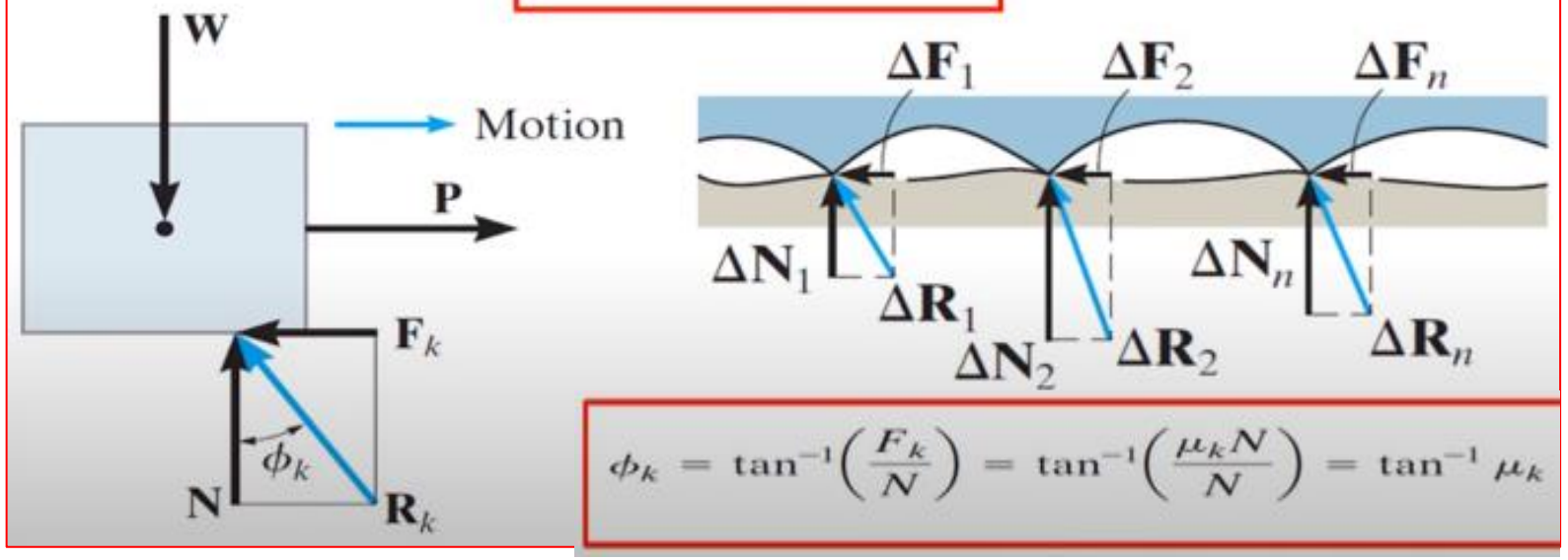
Equilibrium

$$F_s = \mu_s N$$

$$\phi_s = \tan^{-1}\left(\frac{F_s}{N}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\mu_s N}{N}\right) = \tan^{-1}\mu_s$$

✓ Motion ✓ الحركة

$$F_k = \mu_k N$$



$$\phi_k = \tan^{-1}\left(\frac{F_k}{N}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\mu_k N}{N}\right) = \tan^{-1}\mu_k$$

اذا زادت قيمة القوة P عن قوة الاحتكاك القصوى F_s فان الجسم يبدأ بالحركة وتنخفض قوة الاحتكاك الى اقل قيمة F_k وتسمى قوة الاحتكاك الكيناتيكية (الحركية) ويبدأ الجسم يتحرك على قمم نقاط التماس بين السطحين وتكون :

$F_k=\mu_k N$

μ_k : معامل الاحتكاك الحركي

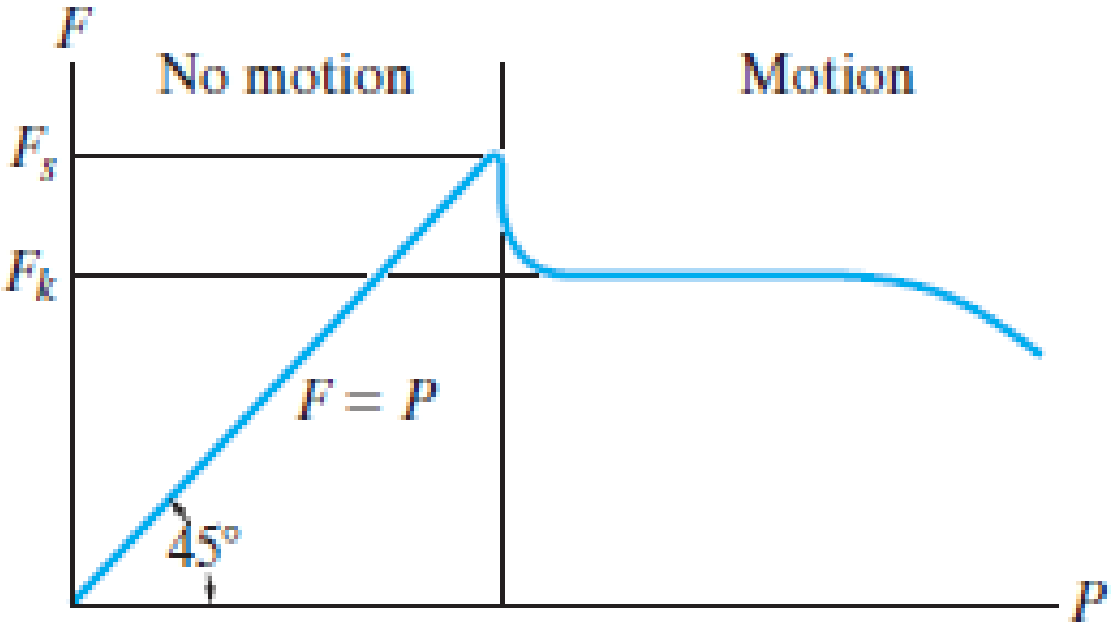
$\emptyset_K$: زاوية الاحتكاك الحركي

Table 8–1 Typical Values for μ_s	
Contact Materials	Coefficient of Static Friction (μ_s)
Metal on ice	0.03–0.05
Wood on wood	0.30–0.70
Leather on wood	0.20–0.50
Leather on metal	0.30–0.60
Copper on copper	0.74–1.21

جدول يبين قيم معامل الاحتكاك لمواد مختلفة

الرسم البياني يوضح تغير قوة الاحتكاك F وفقا لتغير مقدار القوة P حيث يمكن تقسيم قوة الاحتكاك الى ثلاث فئآت :

- F قوة الاحتكاك الساكنة اذا تحقق الاتزان
- F قوة احتكاك الحد الساكن F_s عند الوصول الى القيمة القصوى لتحقيق الاتزان
- F قوة الاحتكاك الحركية F_k عندما يحدث الانزلاق عند سطح التماس

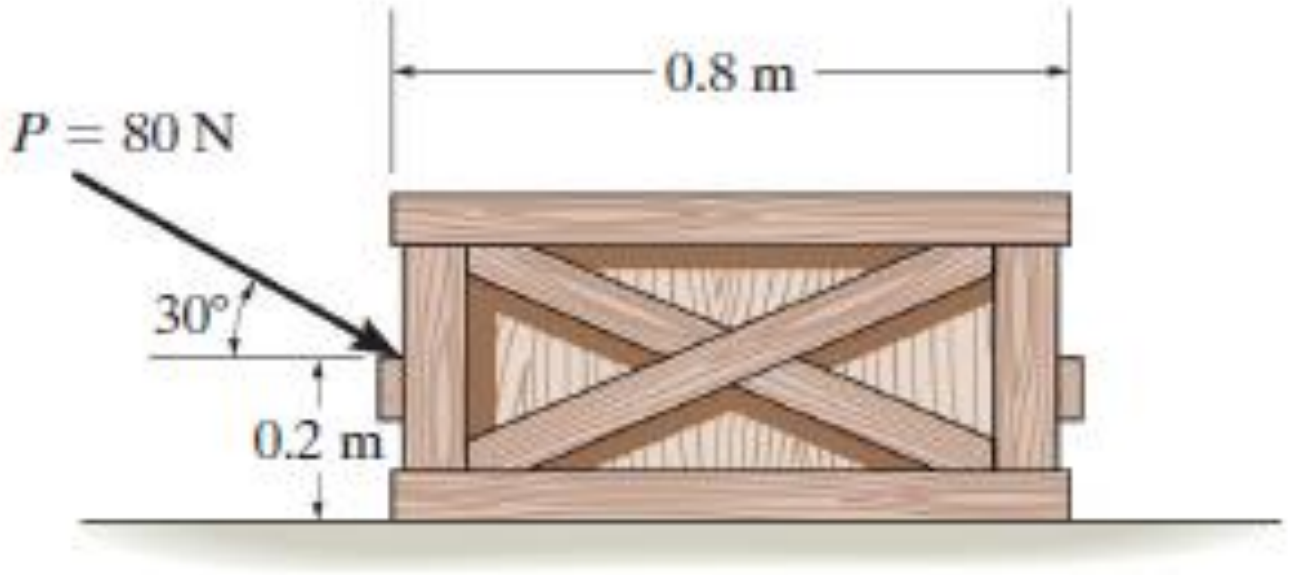


Examples أمثلة

Example (1) :

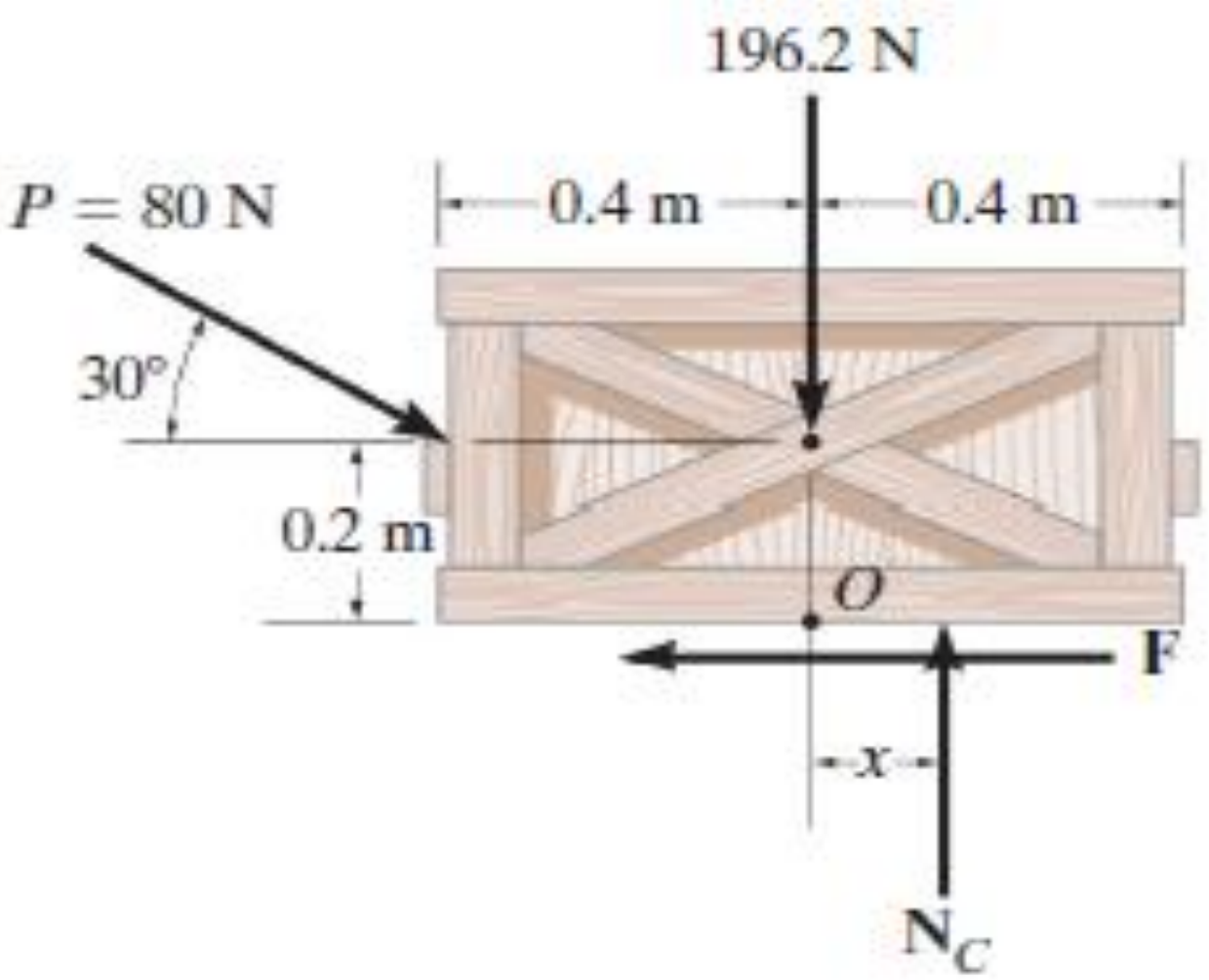
The uniform crate shown has a mass of 20 Kg , If a force P=80 N is applied to the crate, Determine if it remains in equilibrium. The coefficient of static friction is $\mu_s = 0.3$

مثال (1) : الصندوق المنتظم المبين بالشكل كتلته 20 Kg
فاذا سلطت عليه قوة P مقدارها 80N ، حدد
فيما اذا كان سيبقى في حالة اتزان . معامل
الاحتكاك الساكن هو 0.3

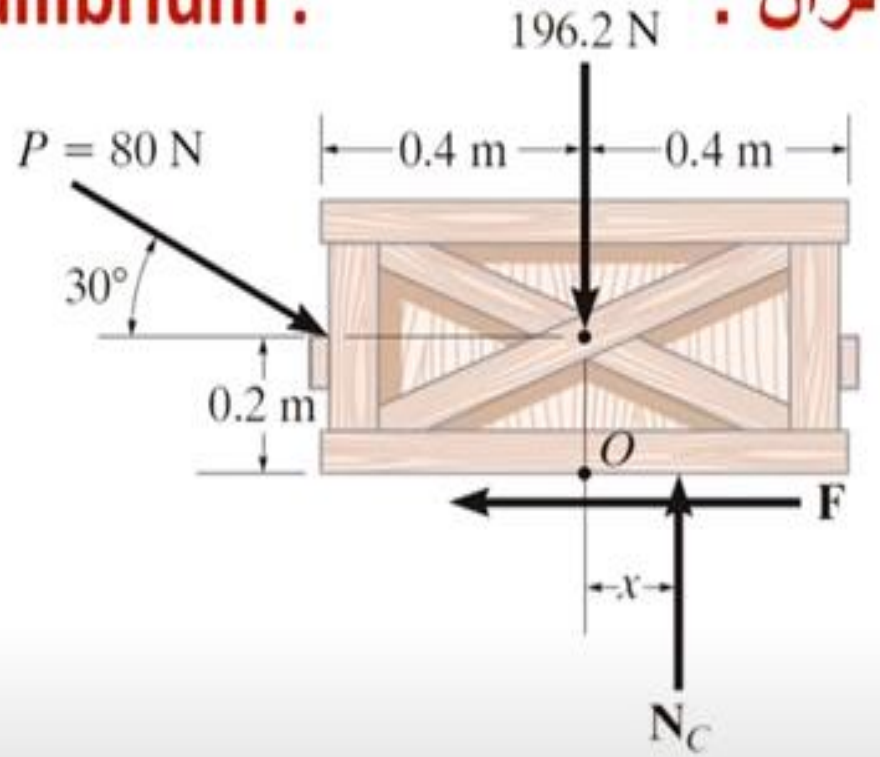


Solution :

Free Body Diagram : مخطط الجسم الحر



Equations of Equilibrium : معادلات الاتزان :



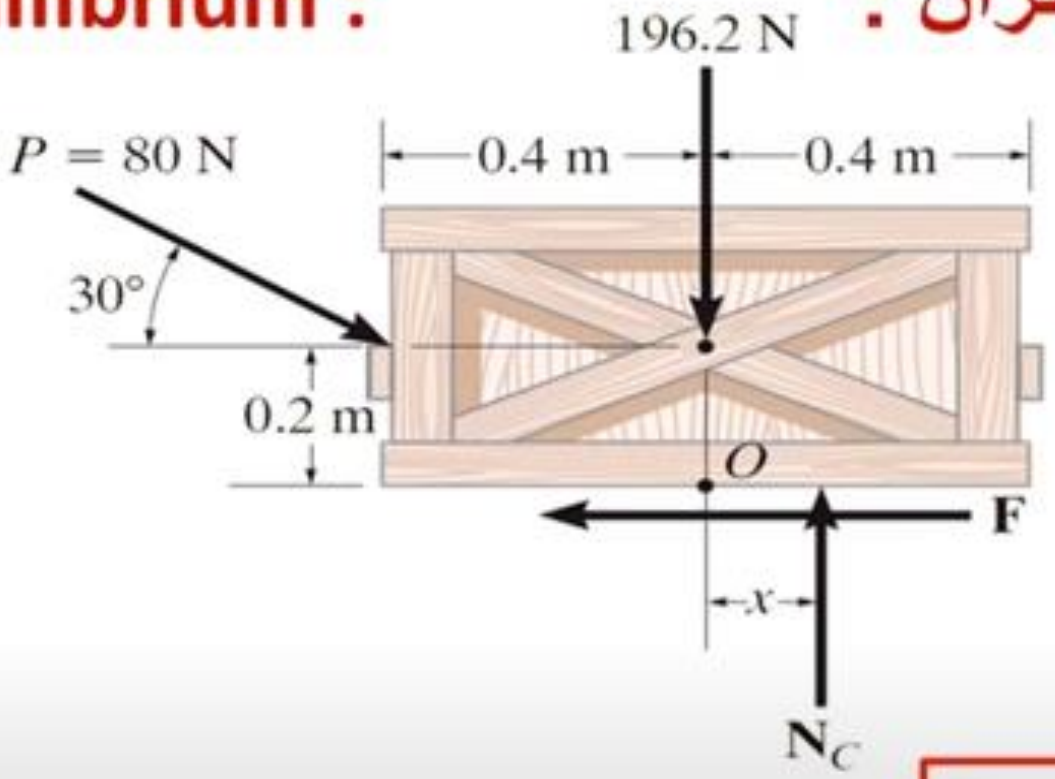
$$\Sigma F_y = 0 \quad \Rightarrow$$

$$-80 \sin 30 - 196.2 + N_C = 0$$

$N_C = 236$ N

$$F_{max} = \mu_S N_C = 0.3\,(236) = 70.8 \text{ N}$$

Equations of Equilibrium : معادلات الاتزان :



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 80 \cos 30° \text{ N} - F = 0$$

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

$$F < F_{max}$$

$$F_{max} = 70.8 \text{ N}$$

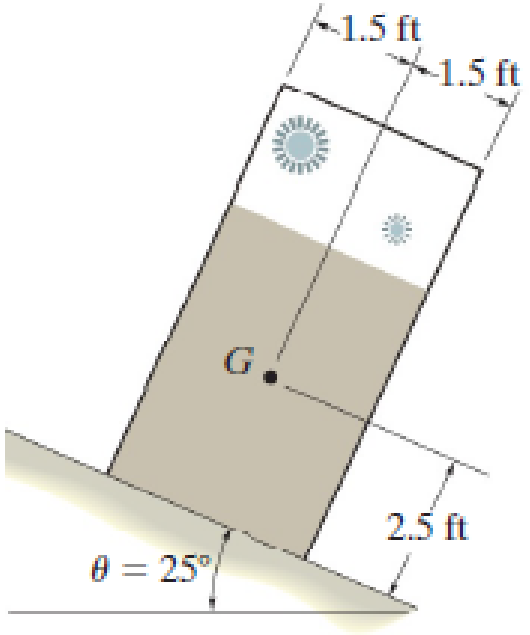
يبقى الصندوق في حالة اتزان

Example 2:

It is observed that when the bed of the dump truck is raised to an angle of $\boldsymbol{\theta} = 25^{\circ}$ the vending machine will begin to slide off the bed, Fig. 8-8a. Determine the static coefficient of friction between a vending machine and the surface of the truckbed.

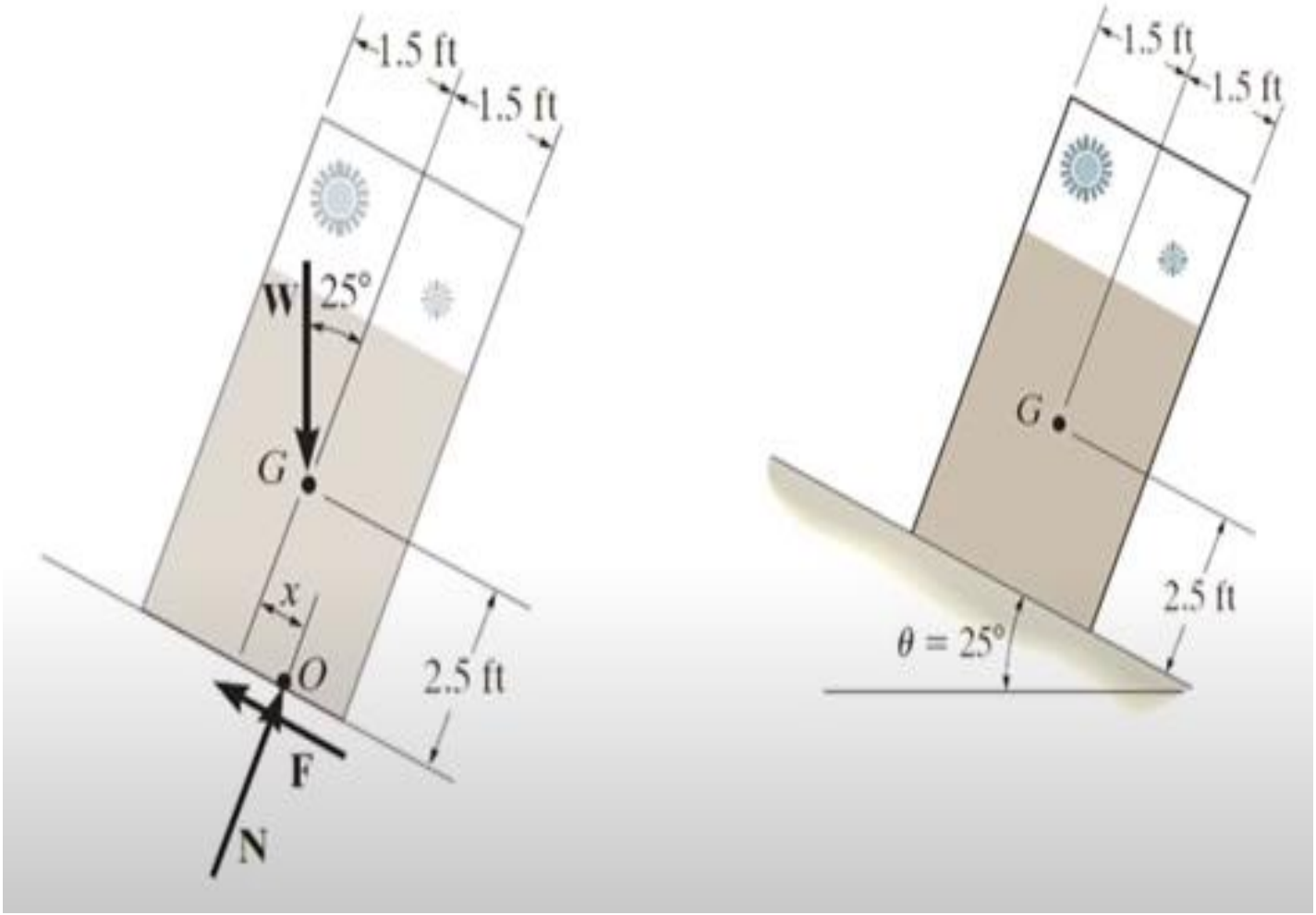
مثال 2 :

لوحظ انه عندما يتم رفع قاع شاحنة التفريغ الى زاوية مقدارها 25° فان آلة البيع تبدأ بالانزلاق (شكل 8-8) ، أحسب قيمة معامل الاحتكاك بين آلة البيع وقاع الشاحنة.



Free-Body Diagram :

مخطط الجسم الحر:



- G هو مركز ثقل الآلة وفيه يؤثر وزنها W.
- N هي قوة رد الفعل تجاه الوزن تؤثر في نقطة O على مسافة X من G.
- F هي قوة الاحتكاك بين قاعدة الآلة وقاع الشاحنة.

Equations of Equilibrium : معادلات الاتزان :

$$+\searrow \Sigma F_x = 0; \qquad W \sin 25^\circ - F = 0 \qquad (1)$$

$$+\nearrow \Sigma F_y = 0; \qquad N - W \cos 25^\circ = 0 \qquad (2)$$

$$\zeta + \Sigma M_O = 0; \quad -W \sin 25^\circ (2.5 \text{ ft}) + W \cos 25^\circ (x) = 0 \qquad (3)$$

Since slipping impends at $\theta = 25^\circ$, using Eqs. 1 and 2, we have

$$F_s = \mu_s N; \qquad W \sin 25^\circ = \mu_s (W \cos 25^\circ)$$

من معادلة (1):

W Sin 25 = F

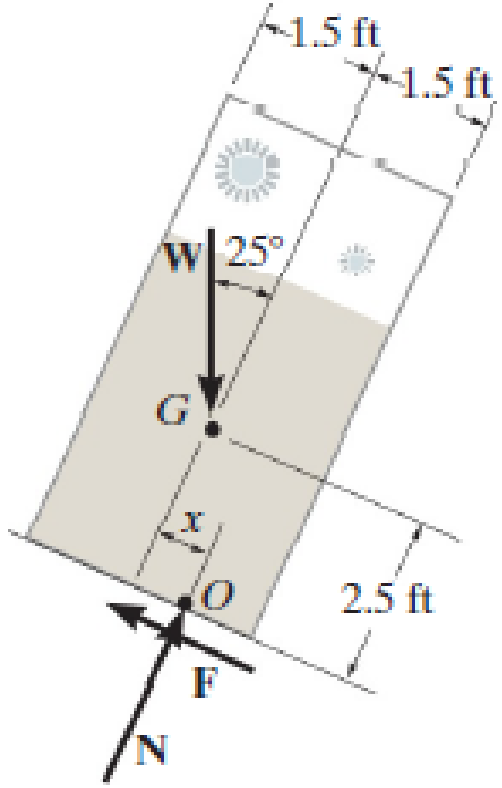
من معادلة (2):

N = W Cos 25

$$\mu_s = \tan 25^\circ = 0.466 \qquad \textit{Ans.}$$

باختصار W من الطرفين والقسمة على Cos 25

Sin 25 / Cos 25 = tan 25

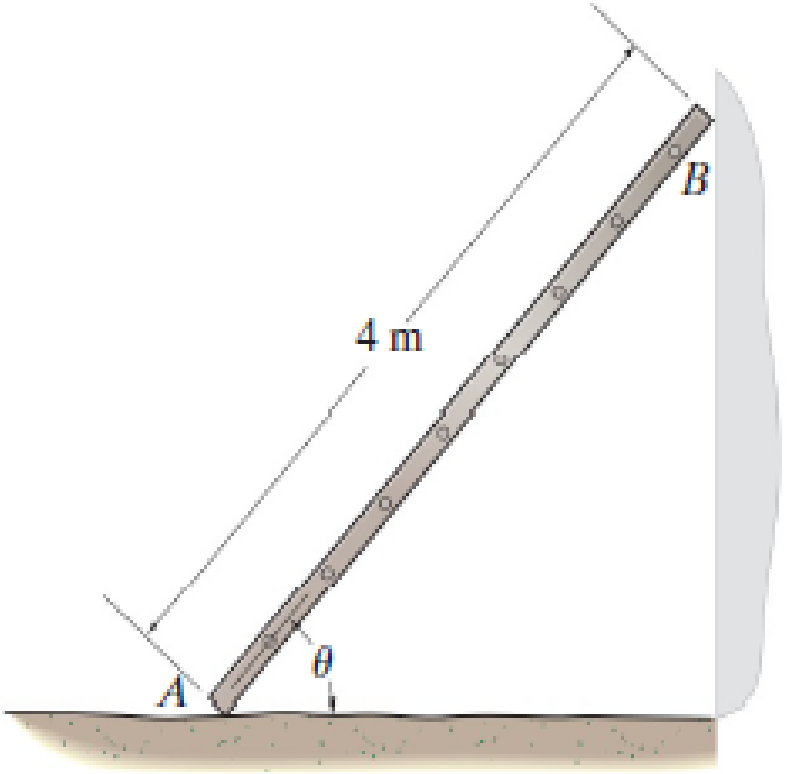


Example 3:

The uniform 10 kg ladder in fig. rests against the smooth wall at B, and the end A rests on the rough horizontal plane for which the coefficient of static friction is $\mu = 0.3$, Determine the angle of inclination θ of the ladder and the normal reaction at B if the ladder is on the verge of slipping.

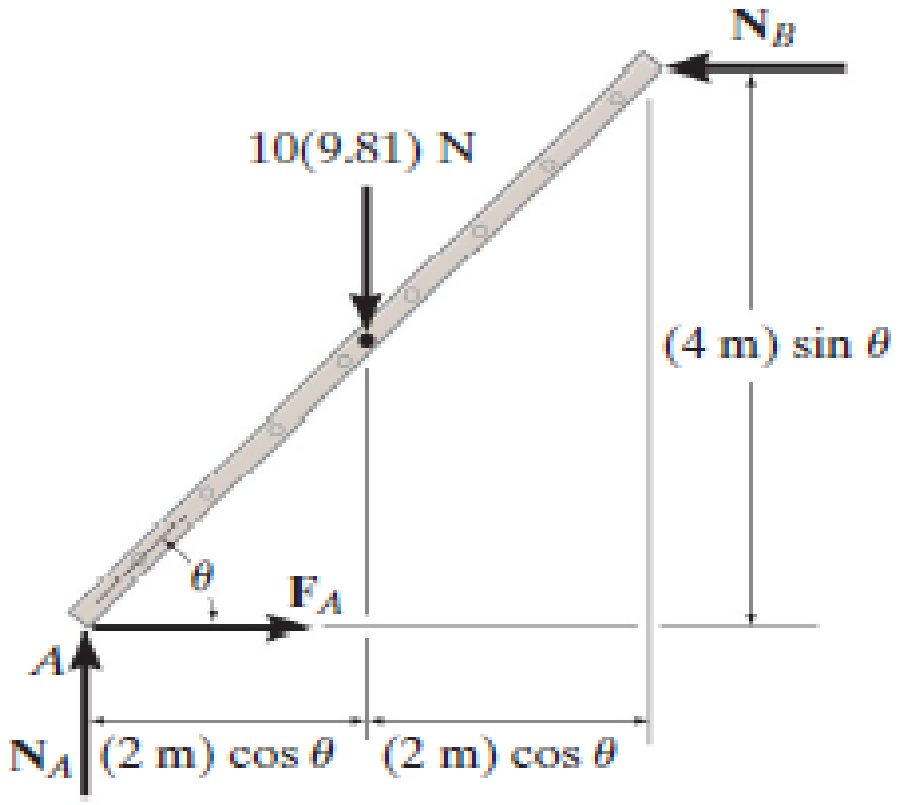
مثال 3 :

العارضة المنتظمة المبينة في الشكل كتلتها 10 كغم تستند على جدار ناعم عند نقطة B وتستند عند نهايتها A على سطح افقي خشن معامل الاحتكاك الساكن له $\mu=0.3$ ، أحسب زاوية ميلان العارضة ورد الفعل الطبيعي عند نقطة B اذا كانت العارضة على وشك الانزلاق.



Free-Body Diagram :

مخطط الجسم الحر:



قوة الاحتكاك F_A يجب ان تؤثر باتجاه اليمين ما دامت حركة الجسم الوشيكة ستكون الى اليسار.

Equations of Equilibrium : معادلات الاتزان :

$$F_A = \mu_s N_A = 0.3 N_A$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \qquad N_A - 10(9.81)\,\text{N} = 0 \qquad N_A = 98.1\,\text{N}$$

$$F_A = 0.3(98.1\ \text{N}) = 29.43\ \text{N}.$$

$$\pm \rightarrow \Sigma F_x = 0; \qquad 29.43\,\text{N} - N_B = 0$$

$$N_B = 29.43\,\text{N} = 29.4\,\text{N} \qquad \textit{Ans.}$$

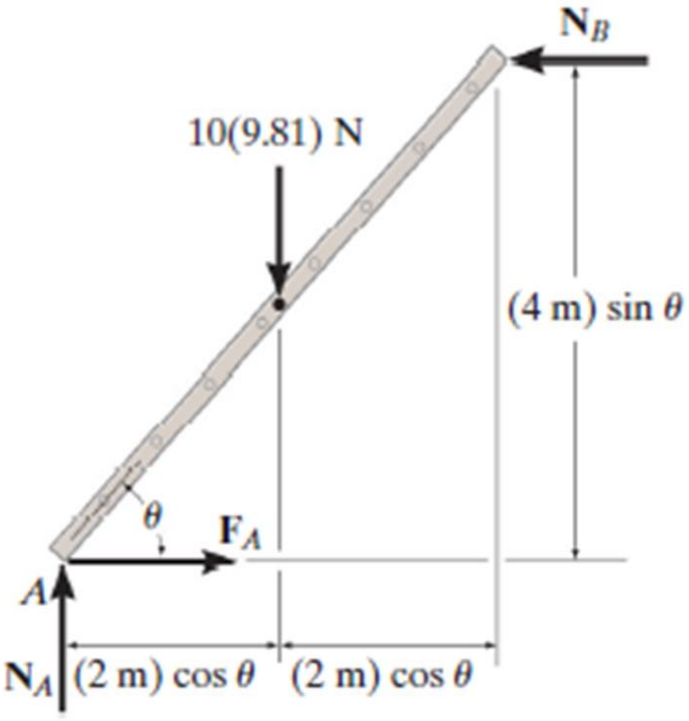
Finally, the angle θ can be determined by summing moments about point A.

يتم حساب الزاوية θ بجمع العزوم حول نقطة A

$$\circlearrowleft + \Sigma M_A = 0; \qquad (29.43\,\text{N})(4\,\text{m})\sin\theta - [10(9.81)\,\text{N}](2\,\text{m})\cos\theta = 0$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = 1.6667$$

$$\theta = 59.04^\circ = 59.0^\circ \qquad \textit{Ans.}$$

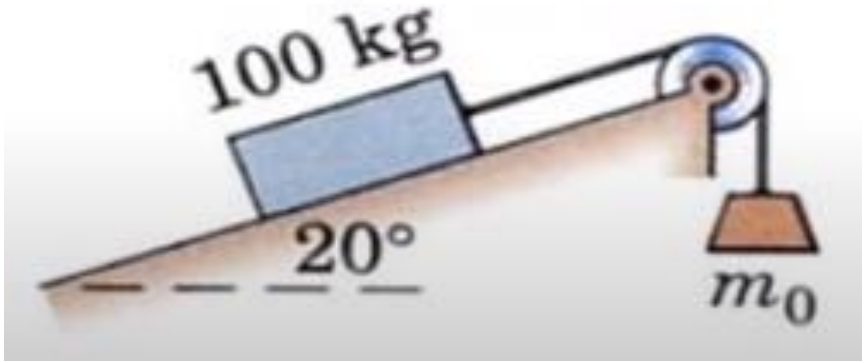


Example 4:

مثال 4 :

Determine the range of values which the mass m_o may have so that the 100 kg block shown will neither start moving up the plane nor slip down the plane. The coefficient of static friction for the contact surfaces is 0.3

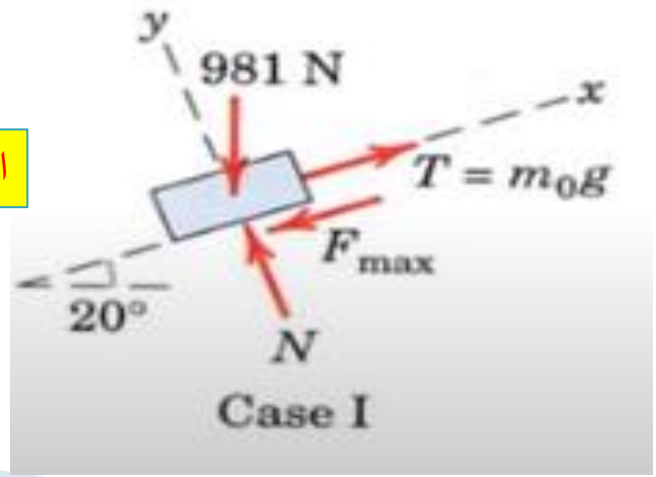
حدد مجال قيم الكتلة m_o بحيث الكتلة 100 كغم لا تتحرك لاعلى ولا تنزلق لاسفل، علما ان معامل الاحتكاك هو 0.3

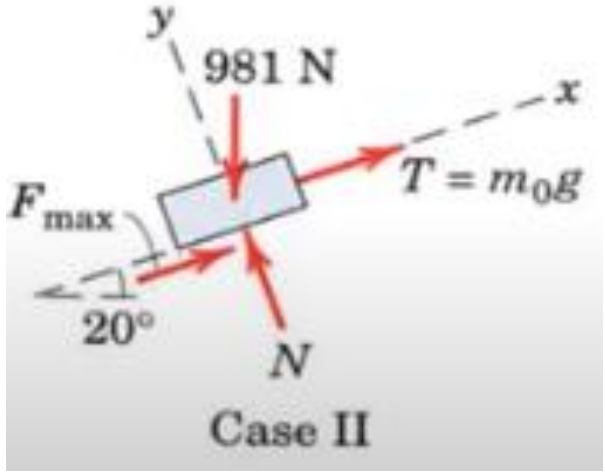


Free Body Diagram

مخطط الجسم الحر

احتمال الحركة الى اعلى





احتمال الحركة الى اسفل

Equations of Equilibrium : معادلات الاتزان :

$\sum F_y = 0$

$N - 981 \cos 20° = 0$

$N = 922\ N$

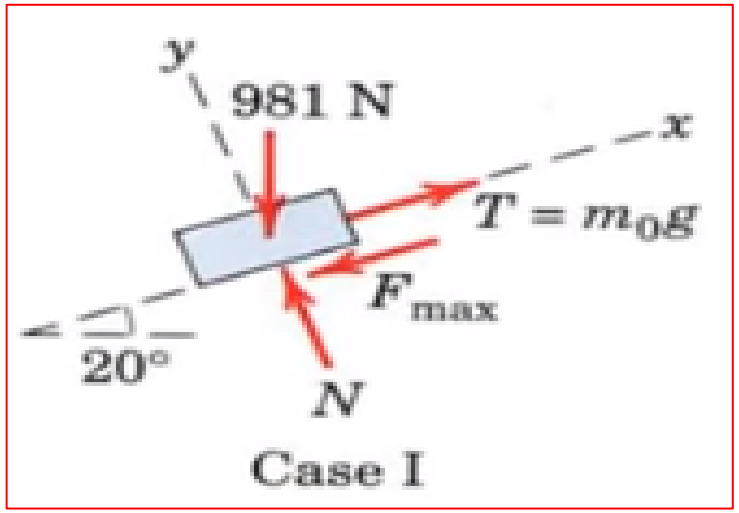
$F_{max} = \mu_s N = 0.30\ (922) = 277\ N$

$\sum F_x = 0$

$m_o\ (9.81) - 277 - 981 \sin 20° = 0$

$m_o = 62.4\ kg$

في حالة احتمال الحركة الى الاعلى



Case I

$\sum F_y = 0$

$N - 981 \cos 20° = 0$

$N = 922\ N$

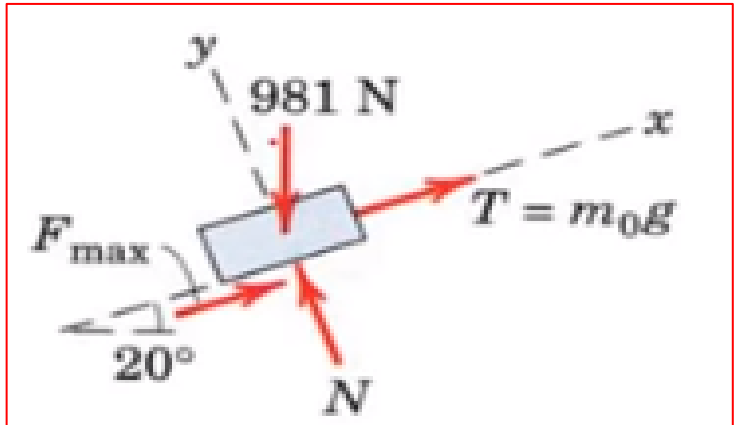
$F_{max} = \mu_s N = 0.30\ (922) = 277\ N$

$\sum F_x = 0$

$m_o\ (9.81) + 277 - 981 \sin 20° = 0$

$m_o = 6.01\ kg$

في حالة احتمال الانزلاق الى الاسفل



Case II

$6.01\ kg < m_o < 62.4\ kg$

Home Work واجب بيتي

P8–1. Determine the friction force at the surface of contact. أحسب قوة الاحتكاك عند سطح التماس للشكل المبين