



Al-Mustaqbal University

Department: Medical Instrumentation Techniques Engineering

Class: 1st

Subject: Mechanics

Lecturer: Lec. Hameed Nida Al-Faris

1st term / Lecture: Friction



Engineering Mechanics (Statics)

First Part

FRICTION

الاحتكاك

Outlines

الإطار العام

► Friction

◀ الاحتكاك

► Introduction

◀ مقدمة

► Characteristics of Dry Friction

◀ خصائص الاحتكاك الجاف

► Problems of Dry Friction

◀ مسائل الاحتكاك الجاف

► Wedges

◀ الاسفين

► Friction on Flat Belts

◀ الاحتكاك على الأحزمة المسطحة

Definition :

التعريف:

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.





Characteristics of Dry Friction

خصائص الاحتكاك الجاف

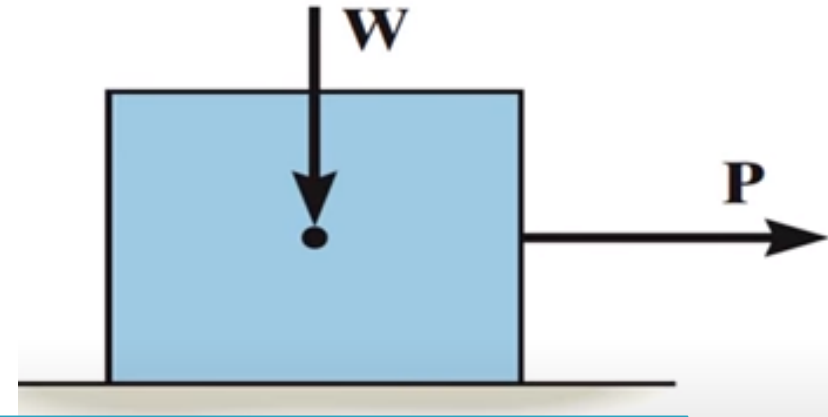
نظرية الاحتكاك الجاف : Theory of Dry Friction :

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

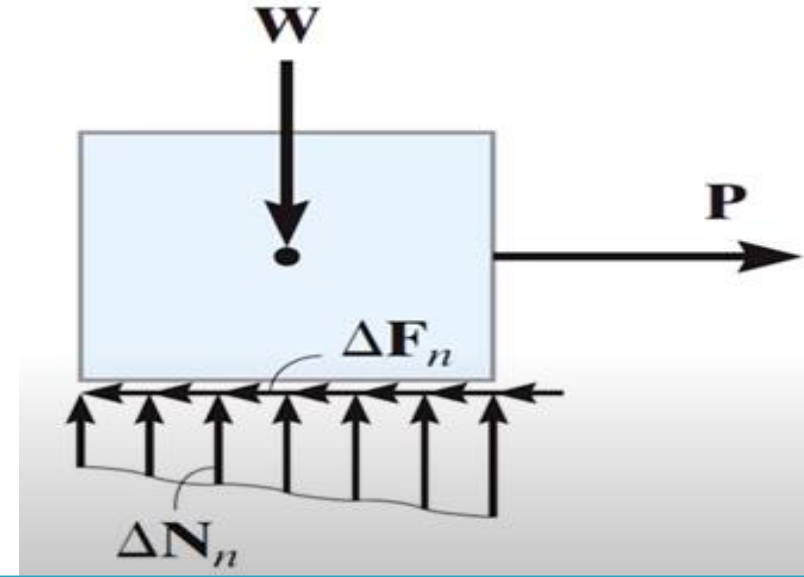
نظرية الاحتكاك الجاف يمكن تفسيرها من خلال النظر في الآثار الناجمة عن سحب كتلة من الوزن أفقيا .

Explain:

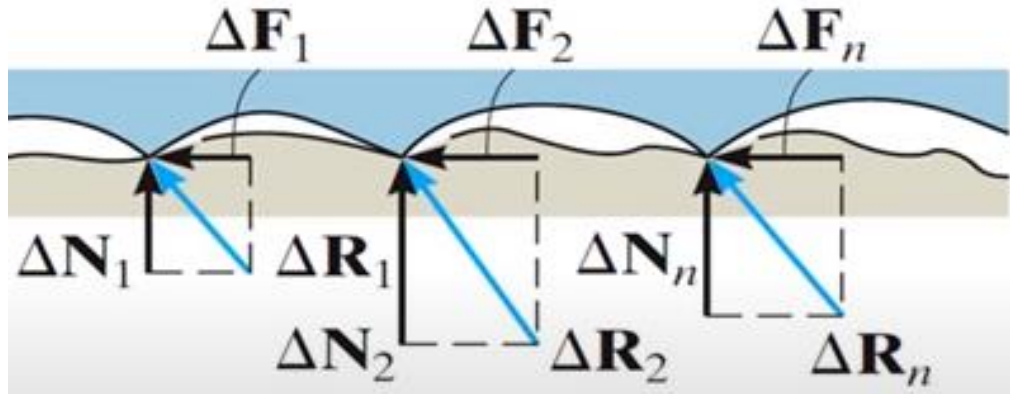
تفسير :



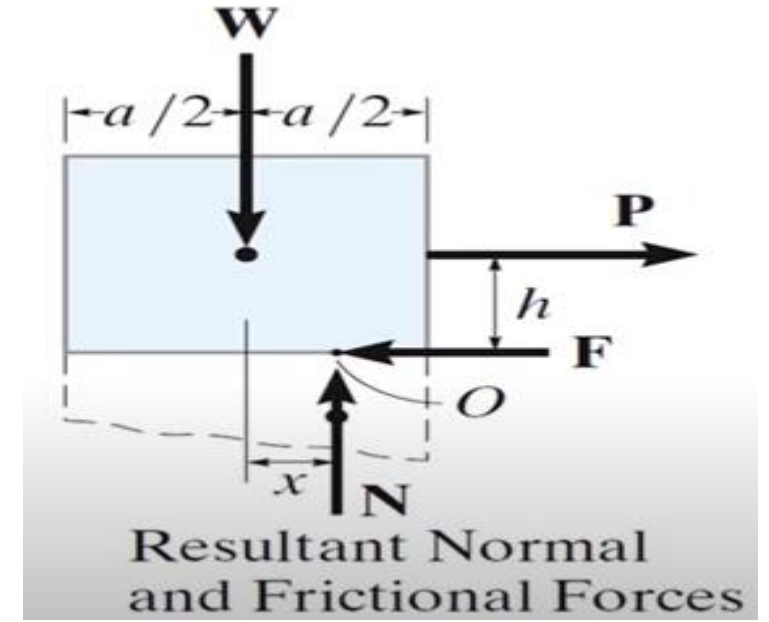
سحب جسم وزنه W أفقيا على سطح خشن



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 الأفقية ΔF_1 وتسميتها ΔR_1 وهكذا لباقي النقاط



تأثير 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 تأثير القوة W لموازنة تأثير الانقلاب الذي يمكن ان تسببه القوة P

Mechanism of Dry Friction :

✓ Equilibrium

✓ Impending Motion

✓ Motion

آلية الاحتكاك الجاف :

✓ الاتزان

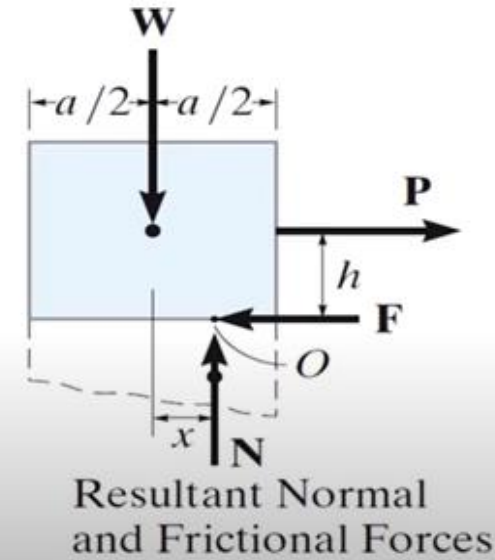
✓ على وشك الحركة

✓ 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



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 :

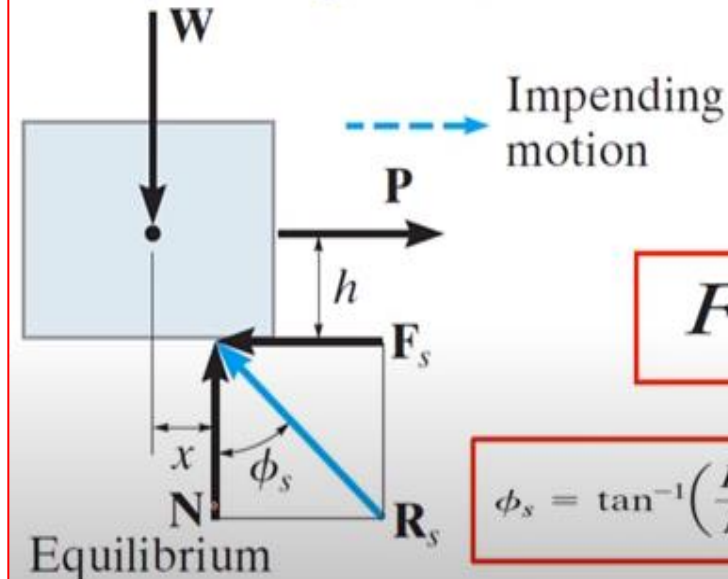
$$F_s = \mu_s N$$

μ_s : معامل الاحتكاك

ϕ_s : زاوية الاحتكاك الساكن

✓ Impending Motion

✓ على وشك الحركة



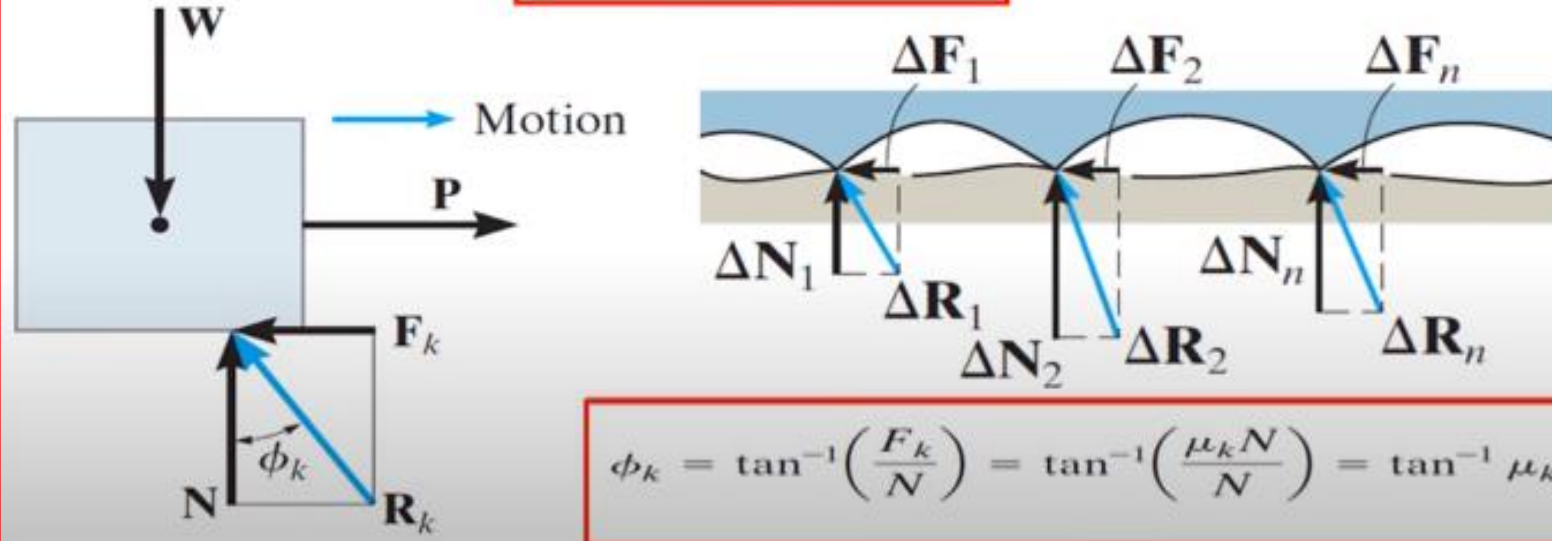
$$F_s = \mu_s N$$

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

✓ Motion

✓ الحركة

$$F_k = \mu_k N$$



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

إذا زادت قيمة القوة P عن قوة الاحتكاك القصوى F_s فإن الجسم يبدأ بالحركة وتنخفض قوة الاحتكاك إلى أقل قيمة F_k وتسمى قوة الاحتكاك الكينماتيكية (الحركية) ويبدأ الجسم يتحرك على قمم نقاط التماس بين السطحين وتكون:

$$F_k = \mu_k N$$

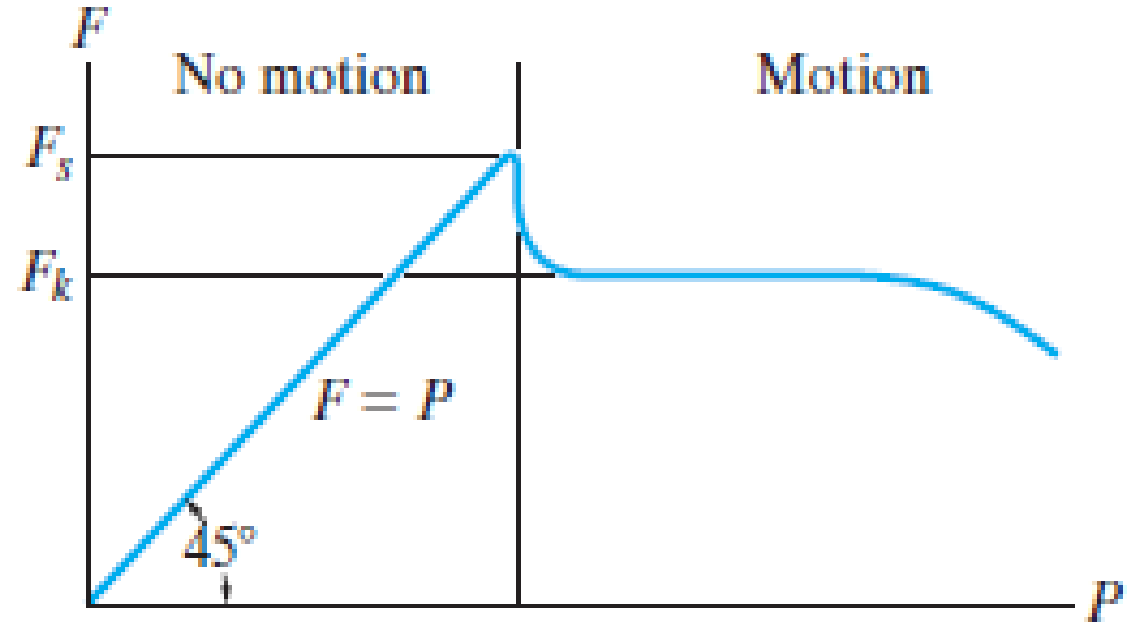
μ_k : معامل الاحتكاك الحركي
 ϕ_k : زاوية الاحتكاك الحركي

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

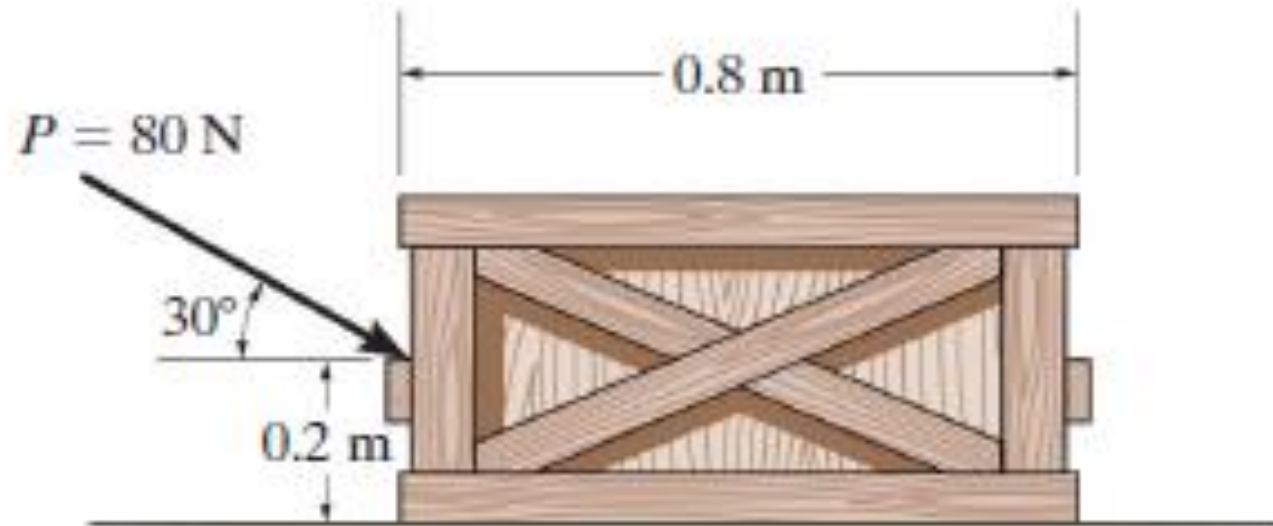
- الرسم البياني يوضح تغير قوة الاحتكاك F وفقا لتغير مقدار القوة P حيث يمكن تقسيم قوة الاحتكاك الى ثلاث فئات :
- قوة الاحتكاك الساكنة اذا تحقق الاتزان
 - قوة احتكاك الحد الساكن F_s عند الوصول الى القيمة القصوى لتحقيق الاتزان
 - قوة الاحتكاك الحركية F_k عندما يحدث الانزلاق عند سطح التماس



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 $\mu_s = 0.3$

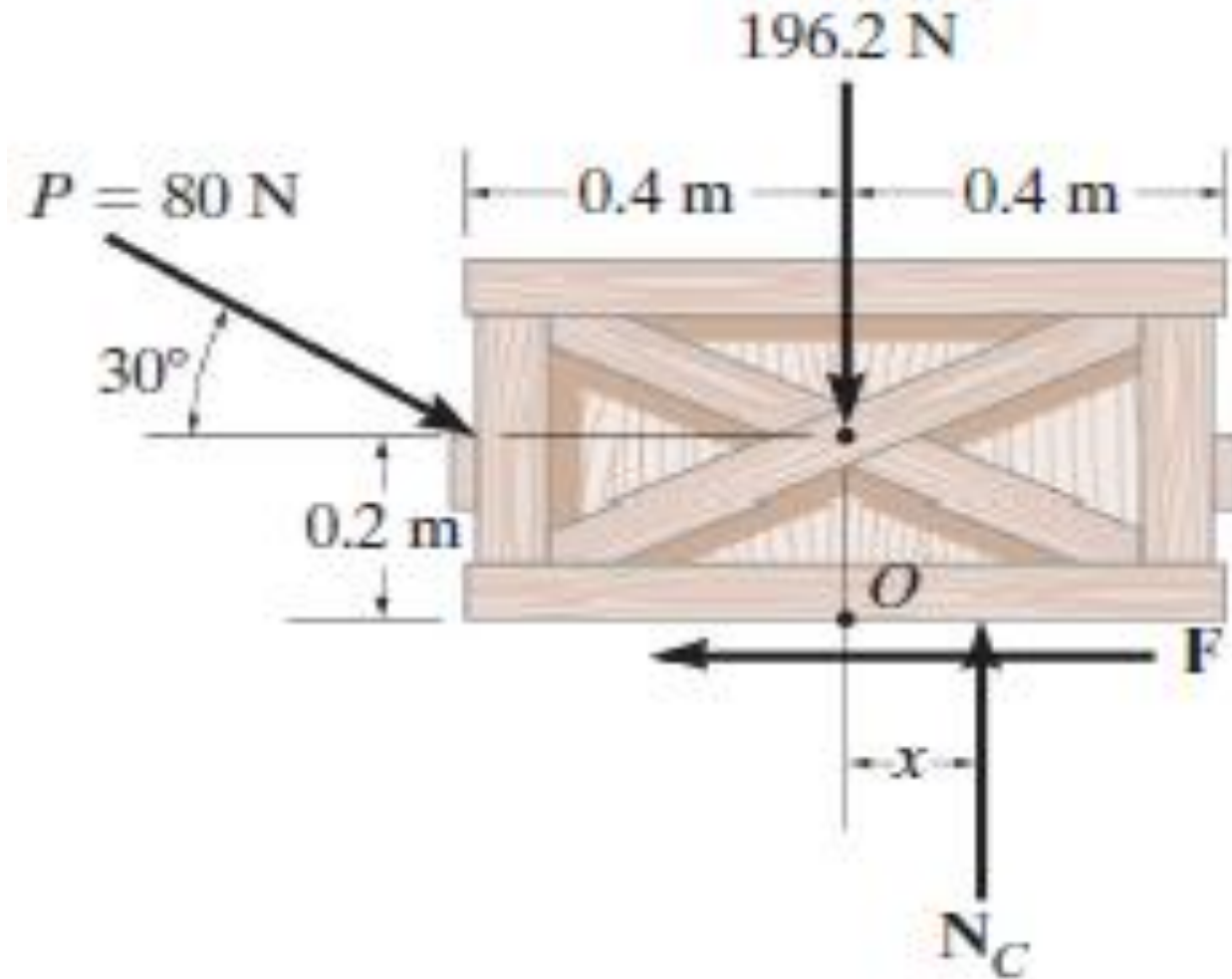
مثال (1) : الصندوق المنتظم المبين بالشكل كتلته 20 Kg ، فإذا سلطت عليه قوة P مقدارها 80N ، حدد فيما إذا كان سيبقى في حالة اتزان . معامل الاحتكاك الساكن هو 0.3



Solution :

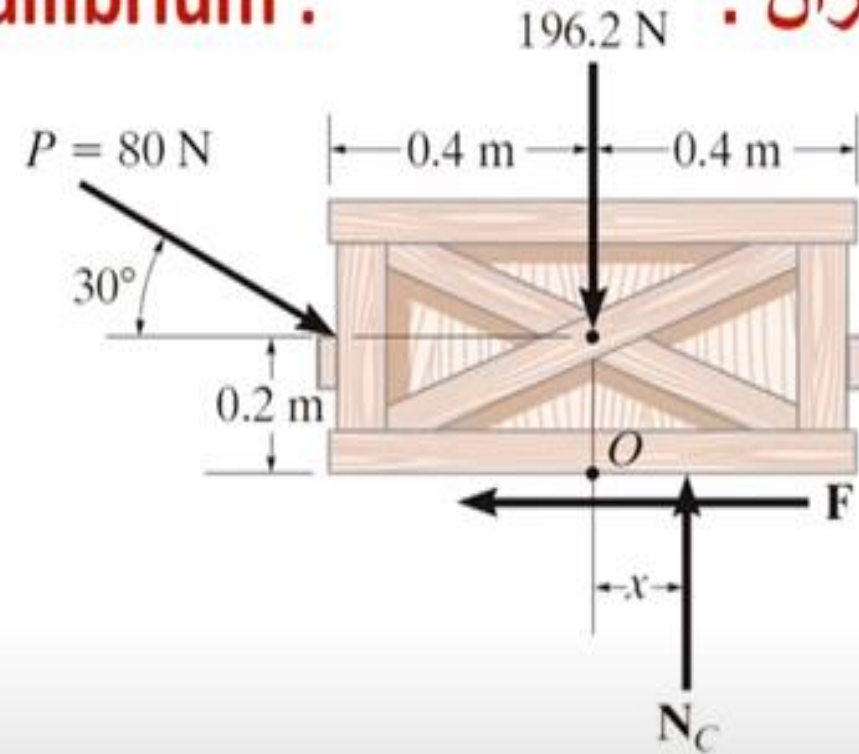
Free Body Diagram :

مخطط الجسم الحر



Equations of Equilibrium :

معادلات الاتزان :



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

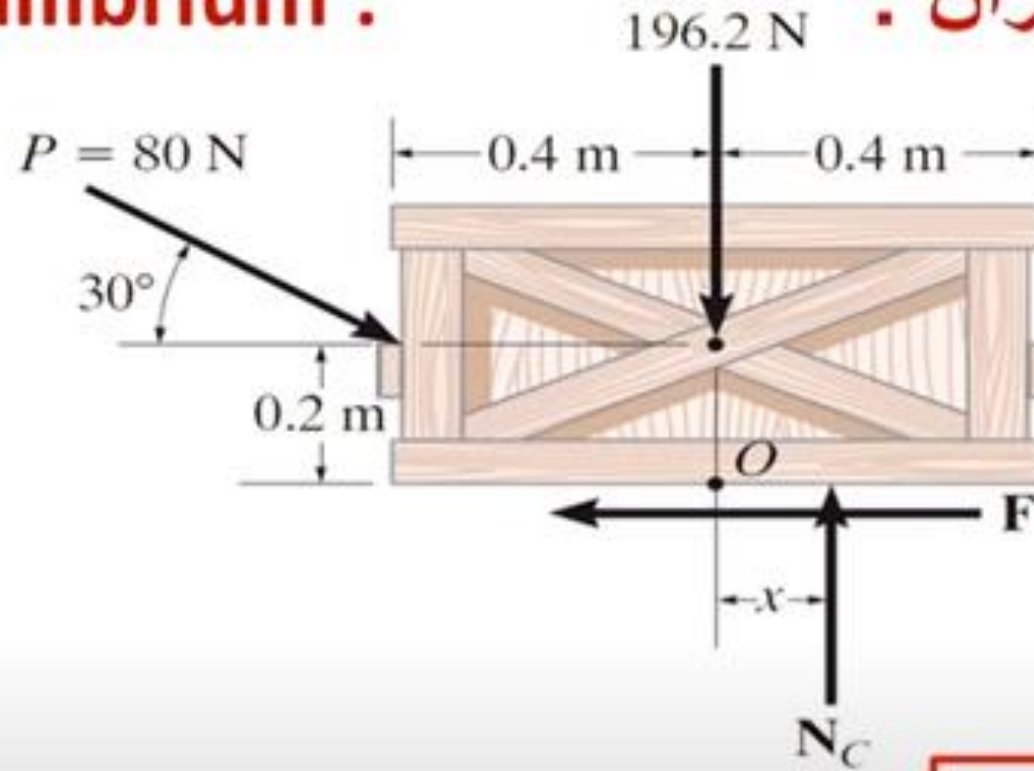
$$-80 \sin 30^\circ - 196.2 + N_C = 0$$

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

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

Equations of Equilibrium :

معادلات الاتزان :



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

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

$$F < F_{\max}$$

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

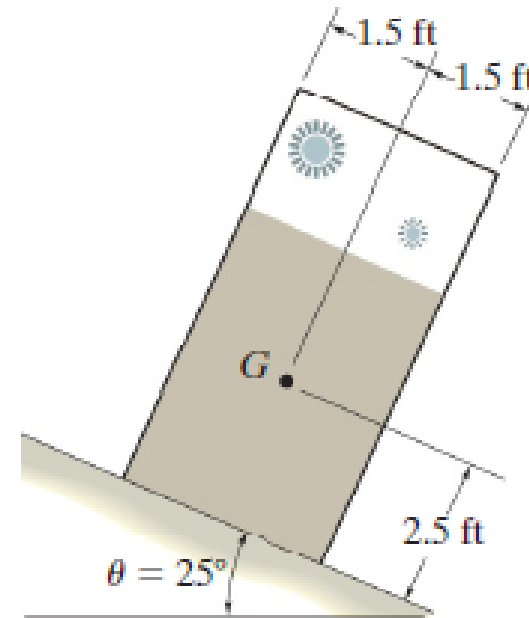
يبقى الصندوق في حالة اتزان

Example 2:

مثال 2 :

It is observed that when the bed of the dump truck is raised to an angle of $\theta = 25^\circ$ 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.

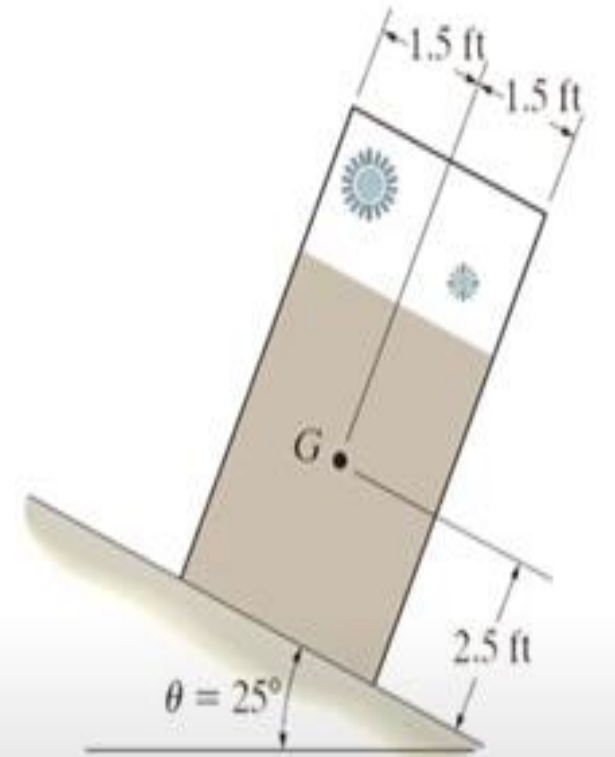
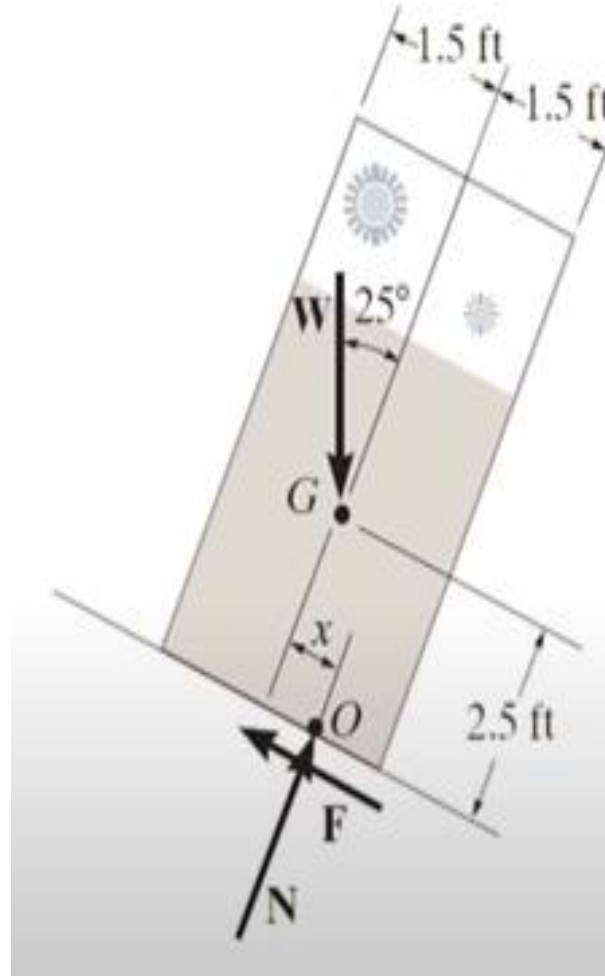
لوحظ انه عندما يتم رفع قاع شاحنة التفريغ الى زاوية مقدارها 25° فان آلة البيع تبدأ بالانزلاق (شكل 8-8) ، أحسب قيمة معامل الاحتكاك بين آلة البيع وقاع الشاحنة.



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 :

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

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

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

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

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

$$\mu_s = \tan 25^\circ = 0.466$$

$$W \sin 25 = F$$

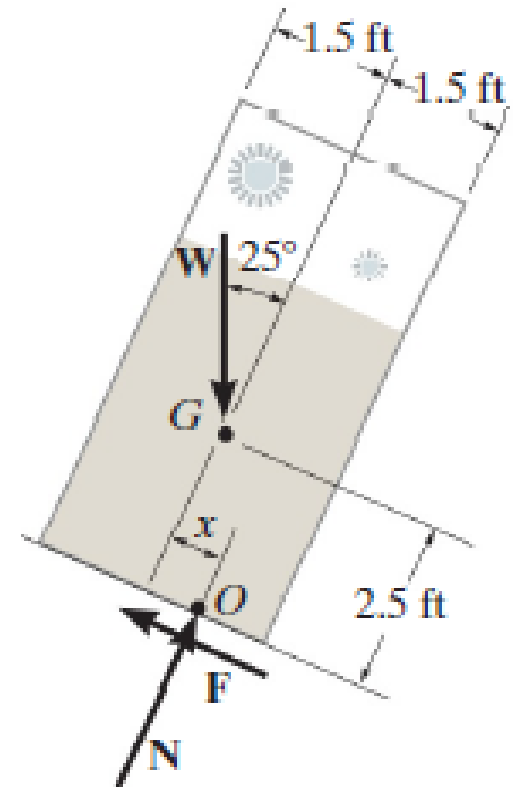
$$N = W \cos 25$$

من معادلة (1):

من معادلة (2):

Ans.

باختصار W من الطرفين والقسمة على $\cos 25$
 $\sin 25 / \cos 25 = \tan 25$

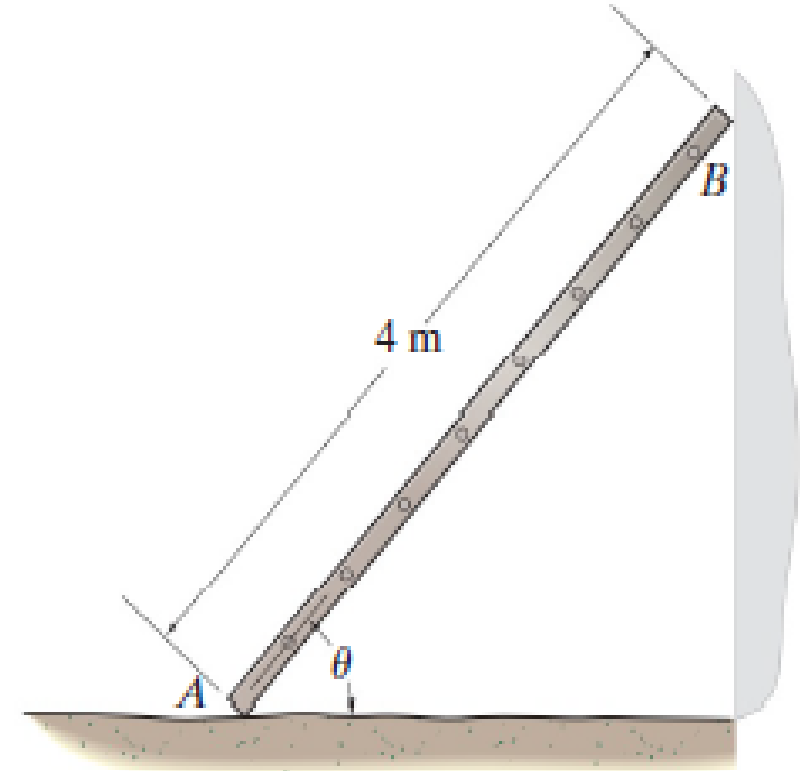


Example 3:

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.

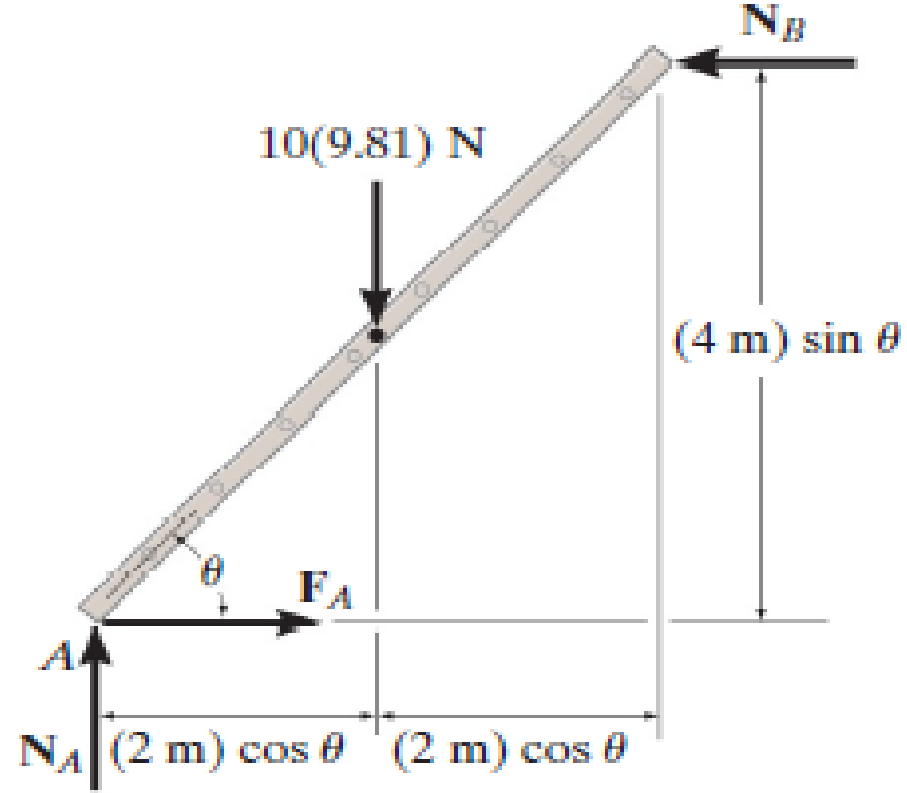
مثال 3 :

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 الوشبكة ستكون الى اليسار.

Equations of Equilibrium :

معادلات الاتزان :

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

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

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

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad 29.43 \text{ N} - N_B &= 0 \\ N_B &= 29.43 \text{ N} = 29.4 \text{ N} \end{aligned}$$

Ans.

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

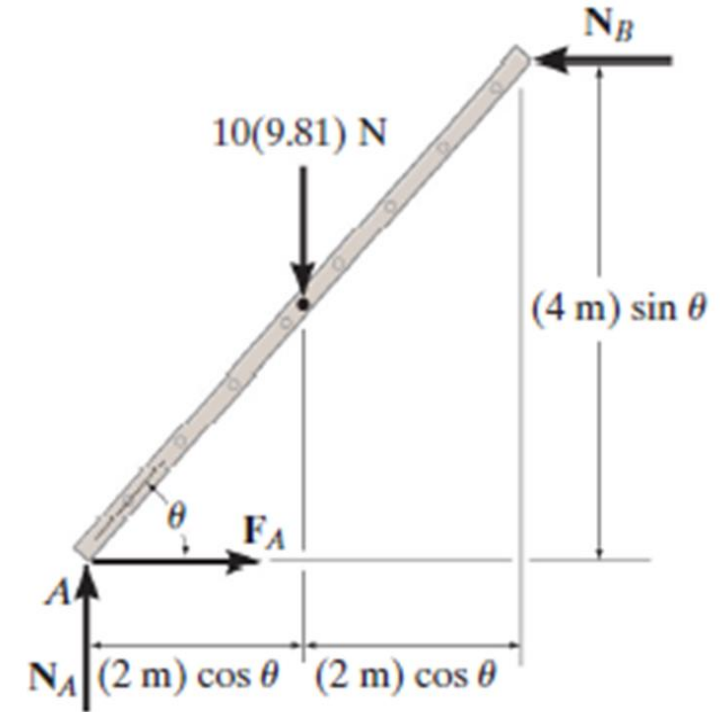
يتم حساب الزاوية θ بجمع العزوم حول نقطة A

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

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

$$\theta = 59.04^\circ = 59.0^\circ$$

Ans.



Example 4:

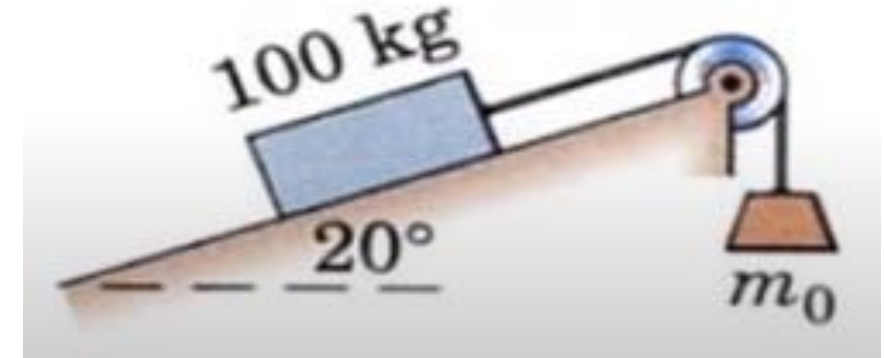
مثال 4 :

Determine the range of values which the mass m_0 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

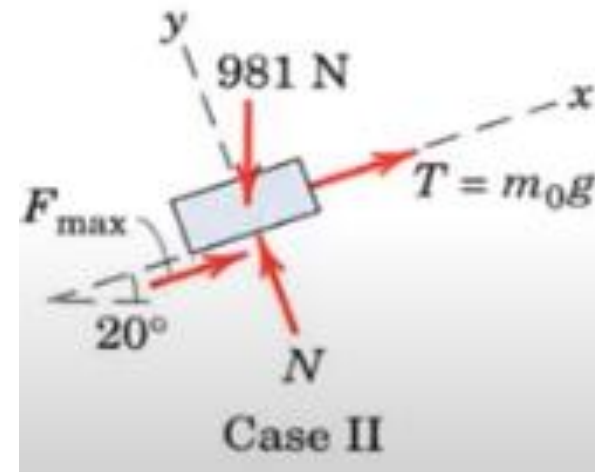
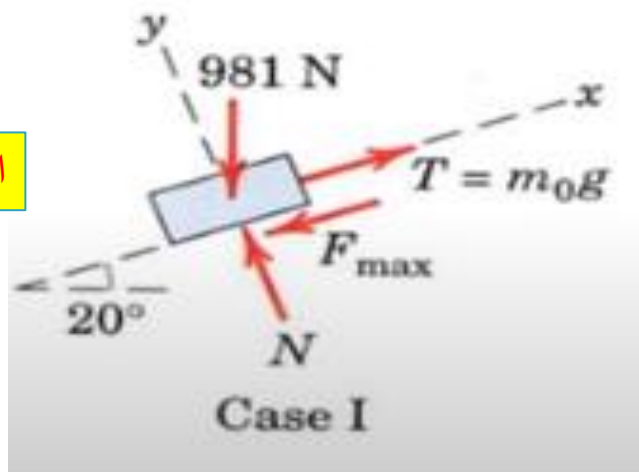
حدد مجال قيم الكتلة m_0 بحيث الكتلة 100 كغم لا تتحرك لأعلى ولا تنزلق لأسفل، علماً أن معامل الاحتكاك هو 0.3

Free Body Diagram

مخطط الجسم الحر



احتمال الحركة الى اعلى



احتمال الحركة الى اسفل

Equations of Equilibrium :

معادلات الاتزان :

$$\sum F_y = 0$$

$$N - 981 \cos 20^\circ = 0$$

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

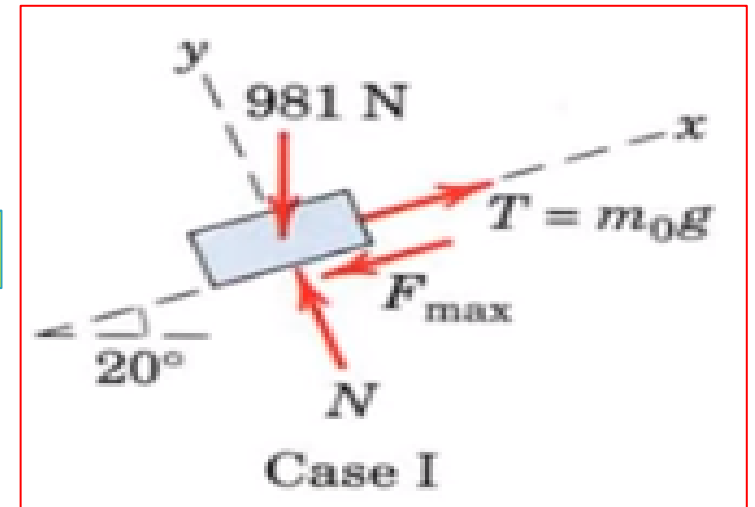
$$F_{\max} = \mu_s N = 0.30 (922) = 277 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

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

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

في حالة احتمال الحركة الى الاعلى



$$\sum F_y = 0$$

$$N - 981 \cos 20^\circ = 0$$

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

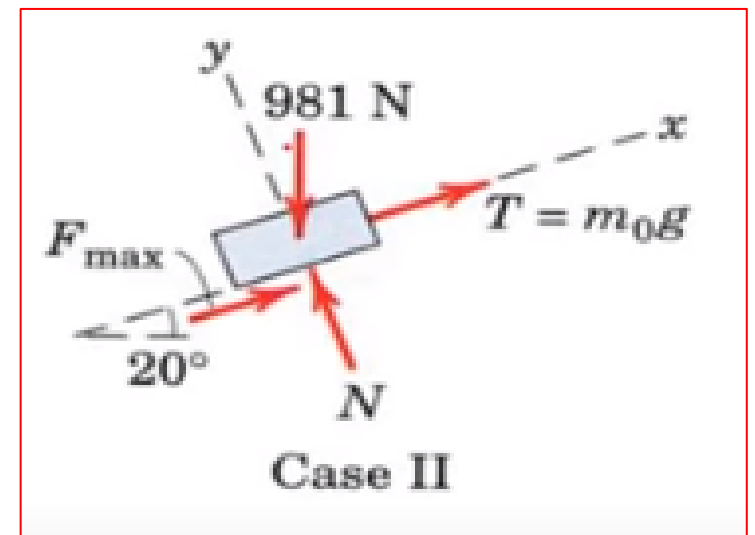
$$F_{\max} = \mu_s N = 0.30 (922) = 277 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

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

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

في حالة احتمال الانزلاق الى الاسفل



$$6.01 \text{ kg} < m_o < 62.4 \text{ kg}$$

P8-1. Determine the friction force at the surface of contact.

أحسب قوة الاحتكاك عند سطح التماس للشكل المبين

