

# Chapter Three

## The Newton's Laws of Motion



Friction



# Force of Friction

Lecture second

## FRICITION

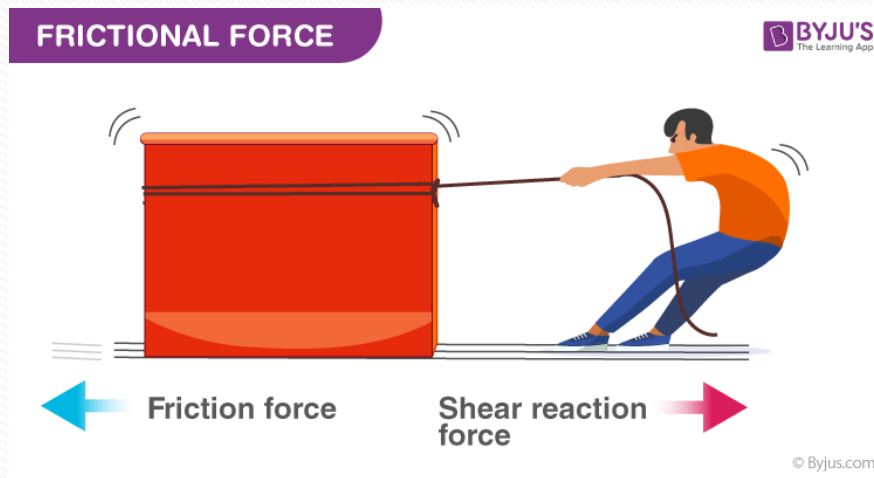


# force of Friction

When an object is in motion on a surface through a viscous medium, there will be a resistance to the motion. This resistance is called the force of friction.

This is due to the interaction between the object and its environment.

قوة الاحتكاك force of friction و يرمز لها بالرمز  $f$  و اتجاه هذه القوة دائما عكس اتجاه الحركة و هي ناتجة عن خشونة الاسطح المتحركة



We will be concerned with two types of frictional force

1-Force of static friction: $f_s$

(هذا النوع من الاحتكاك مسؤول عن ثبات الأشياء بدون حركة)

2-Force of kinetic friction: $f_k$

(هو الاحتكاك الناتج بعد الحركة)

Direction: opposite the direction of the intended motion :

If moving : in direction opposite the velocity

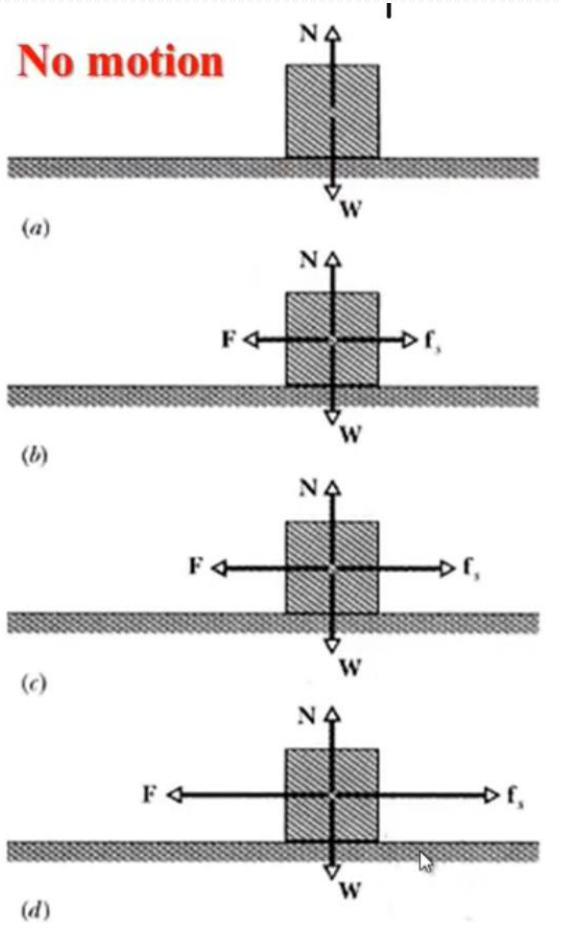
(في حالة الجسم المتحرك بسرعه معينه فان قوه الاحتكاك تعاكس اتجاه الحركه)

If stationary : in direction of the vector sum of other forces

(في حالة الجسم المستقر فان قوه الاحتكاك تكون بعكس القوه المحصلة)

## ما علاقة قوة الاحتكاك بالقوة المطبقة الخارجية

I. في حاله no motion



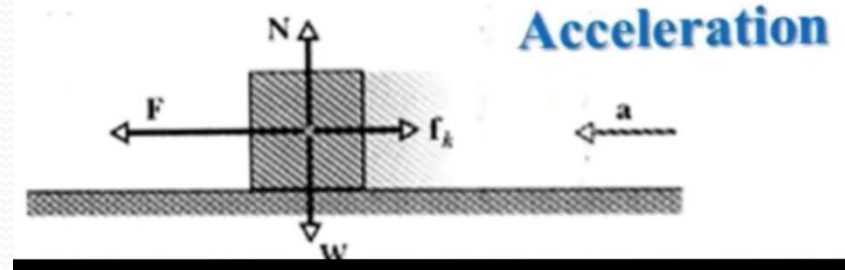
(a) اذا كان الجسم في حاله توازن و لا تؤر عليه قوه خارجيه فهو تحت تأثير قوة الوزن للأسفل و رد الفعل الى الأعلى

(b) اذا اثرت على الجسم قوه سحب الى اليسار كما في الشكل b تتولد قوة احتكاك مساويه للقوة الخارجية و معاكسه لها في الاتجاه

(c) اذا زادت قوة السحب تزداد معها قوة المقاومة (قوة الاحتكاك) كما في الشكل c,d

اذا كان الجسم ثابت ولم يتحرك تحت تأثير قوة خارجية فان قوة الاحتكاك تساوي القوة الخارجية بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه

**.II** عندما يتحرك الجسم بتعجيل باتجاه قوة السحب فان قوة الاحتكاك  $f_k$  هنا تكون بعكس اتجاهها التعجيل او بعكس اتجاه قوة السحب واقل بكثير منها كما في الشكل أعلاه من هذا نستنتج فقط في حالة التسارع تكون قوة السحب اكبر بكثير من قوة الاحتكاك.

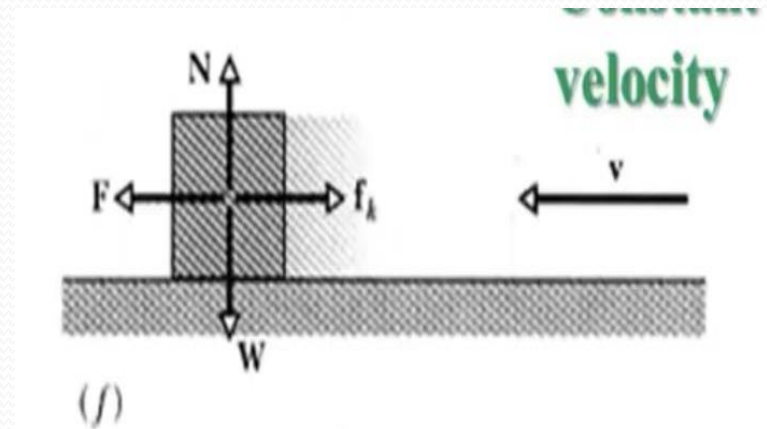


(e)

**.III** . عندما يتحرك الجسم بسرعه منتظمة اي ان التعجيل يساوي صفر فان قوة السحب تساوي قوة الاحتكاك .

$$F = f_k$$

من التجارب العملية لوحظ ان قوة الاحتكاك للأجسام الساكنة اكبر من قوة الاحتكاك للأجسام المتحركة وبناء على ذلك يوجد نوعين من الاحتكاك هما



(f)

# Static friction

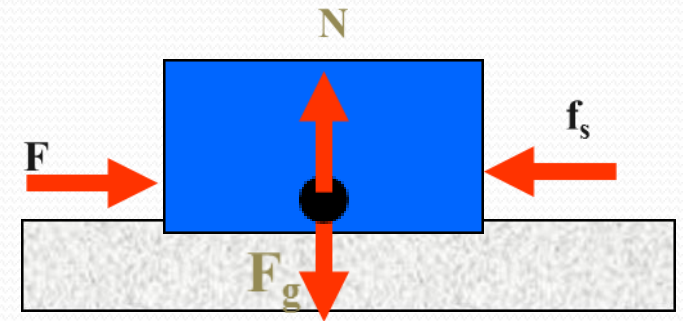
Static friction acts to keep the object from moving

If  $F$  increases, so does  $f_s$

If  $F$  decreases, so does  $f_s$

$$f_s \leq \mu_s N$$

$\mu_s$ : coefficient of static friction



وجدت اشارة اصغر من او يساوي لان قوه الاحتكاك السكوني تزداد تدريجيا مع زياده القوة الخارجية حتى تصل الى اقصى قيمه لها لتتحول الى قوه احتكاك حركي بعدها

كل ما زادت قوة رد الفعل  $N$  تزداد  $f_s$

$\mu_s$ : يعتمد على نوع ماده الاسطح المتلاصقة

# Kinetic friction

The force of kinetic Friction  $f_k$  acts when the object is in motion

$$f_k = \mu_k N$$

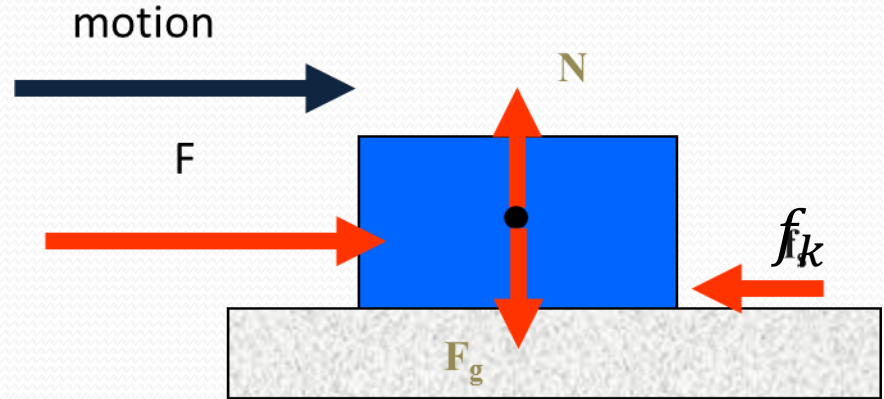
$\mu_k$ : Coefficient of kinetic friction

يعتمد  $\mu_k$  على طبيعة المواد المنزلقة على بعض و هو كميته

فيزيائية خاليه من الوحدات

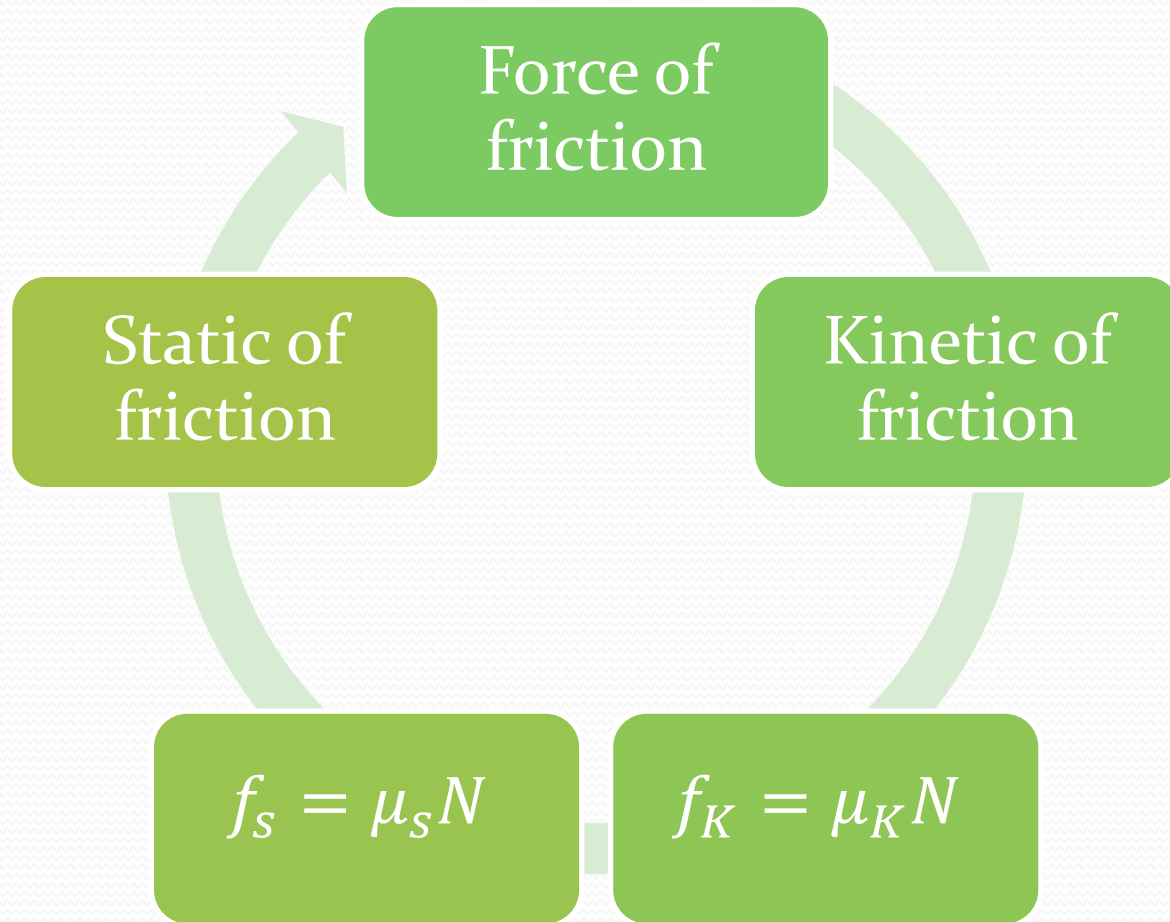
من الشكل نلاحظ دائما و ابدا القوه  $F$  التي تكون باتجاه الحركة اكبر بكثير من قوه الاحتكاك  $f_k$

$$\mu_k < \mu_s$$





# Summary



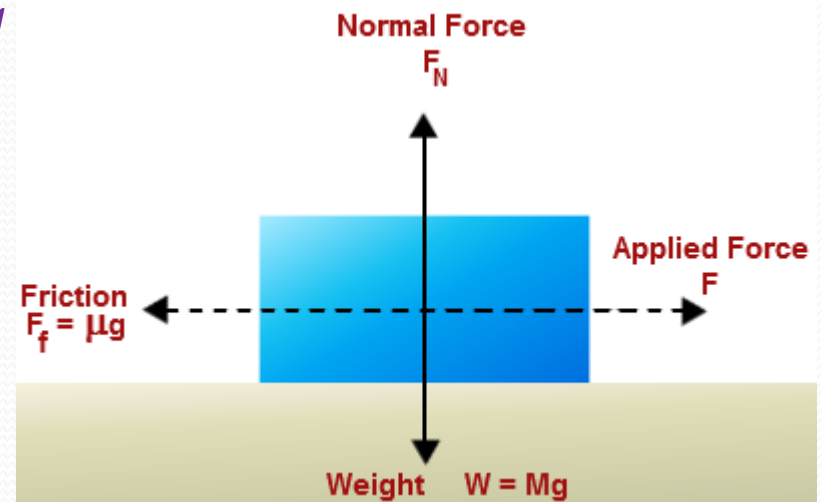
# Evaluation of the force of friction

Case(1) when a body slides on a horizontal surface

$$f_k = \mu_k N$$

Since  $N=mg$

$$f_k = \mu_k mg$$

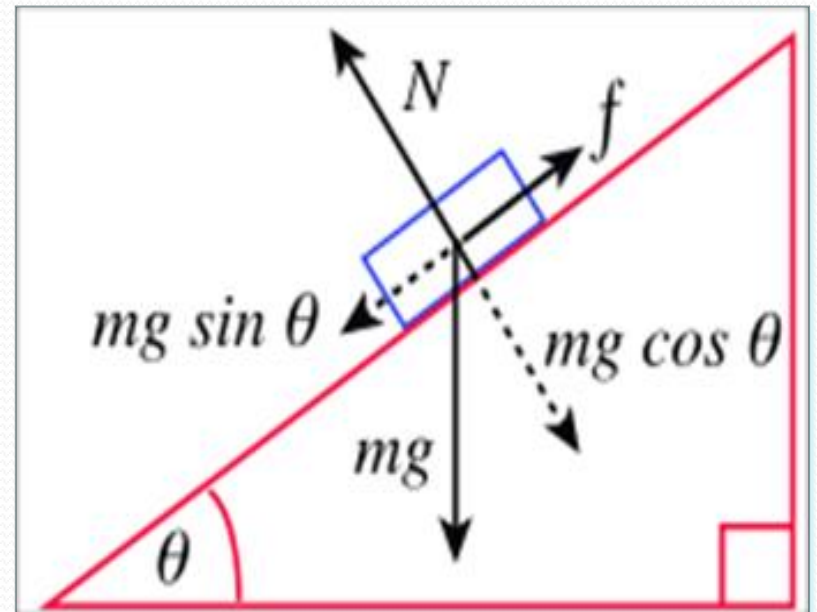


Case(2) when a body slides on a an inclined surface

$$f_k = \mu_k N$$

Since  $N = mg \cos \theta$

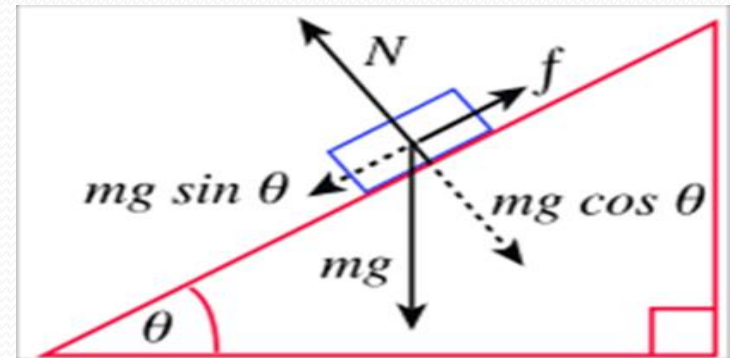
$$f_k = \mu_k mg \cos \theta$$



# Example 1

A 3Kg block starts from rest at the top of  $30^\circ$  incline and slides a distance of  $2m$  down the incline is  $1.5\text{sec}$  find

- 1-the box acceleration of the block
- 2- the coefficient of kinetic friction between the block and the plane
- 3-The friction force acting on the block
- 4-The speed of the block after it has slide  $2m$



# Solution

$$m = 3\text{kg} \quad , \quad \theta = 30^\circ \quad , \quad x = 2\text{m} \quad , \quad t = 1.5\text{s} \quad , \quad v_0 = 0$$

بالرجوع الى معادلات الحركة في بعد واحد حيث التعجيل هنا باتجاه X وان السرعة الابتدائية تساوي صفر

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

$$2 = \frac{1}{2}a(1.5)^2 \quad a = 1.78\text{m/s}^2$$

$$\sum f_x = mg \sin \theta - f = ma$$

$$f = mg \sin 30 - ma$$

$$f = 9.37\text{N}$$

$$N - mg \cos 30 = 0$$

$$N = mg \cos 30$$

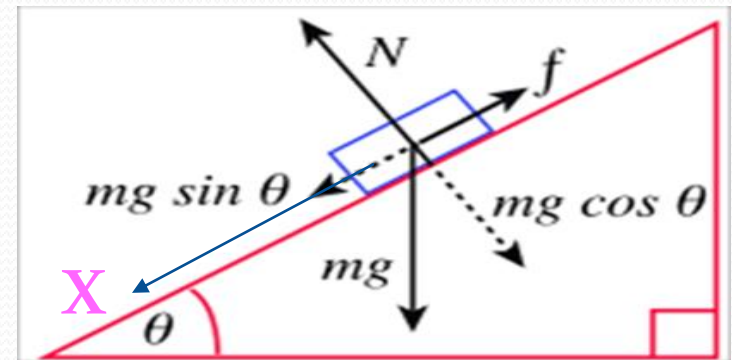
$$f_k = \mu_k N$$

$$\mu_k = \frac{f_k}{N} = \frac{9.37}{mg \cos 30} = 0.368$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

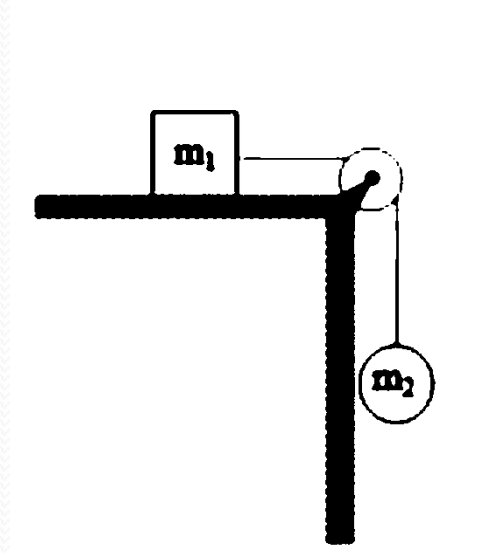
$$v^2 = (2ax) \quad , \quad v_0 = 0$$

$$v = 2.67\text{m/s}$$



## Example 2

Two blocks are connected by a light string over a frictionless pulley as shown in figure. The coefficient of sliding friction between  $m_1$  and the surface is  $\mu$ . Find the acceleration of the two blocks and the tension in the string.



# Solution

هنا لدينا جسمين نأخذ كل واحد على حدا بالنسبة للجسم الاول  $m_1$  الموجود على الطاولة نجد ان القوة المؤثرة عليه هي قوه الشد الى اليمين تقابلها قوة الاحتكاك الى اليسار اما الى الاعلى فقوة رد الفعل يقابلها وزن الجسم الى الاسفل

Consider the motion of  $m_1$  . Since its motion to the right , then  $T > f$

If  $T$  were less than  $f$  , the blocks would remain stationary from Newton second law

$$\sum f_x(\text{on } m_1) = T - f = m_1 a$$

$$\sum f_y(\text{on } m_1) = N - m_1 g = 0$$

$$N = m_1 g$$

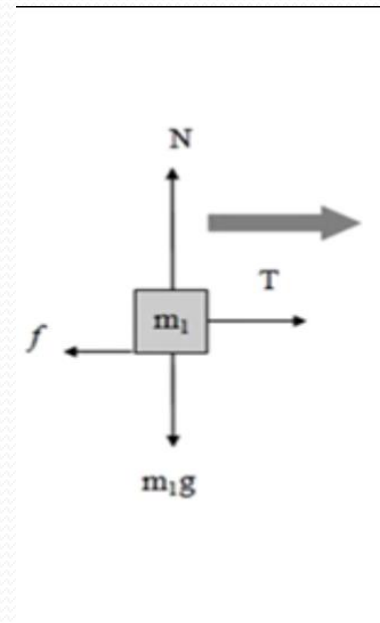
Since

$$f = \mu N = \mu m_1 g$$

$$\text{Then } T - \mu m_1 g = m_1 a$$

$$T = \mu m_1 g + m_1 a$$

$$T = m_1(\mu g + a) \quad (1)$$



For  $m_2$  the motion is downward, therefore  $m_2 g > T$ . Note that  $T$  is uniform throughout the rope. That is the force which acts on the right is also the force which keeps  $m_2$  from free falling. The equation of motion for  $m_2$  is

$$\sum f_y(\text{on } m_2) = T - m_2 g = -m_2 a$$

$$T = m_2(g - a) \quad (2)$$

$$T = m_1(\mu g + a) \quad (1)$$

Equating equation (1) and (2)

$$m_1(\mu g + a) = m_2(g - a)$$

$$a = \left[ \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} \right] g$$

The tension is

$$T = m_2 \left[ 1 - \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} \right] g$$

$$T = \frac{m_1 m_2 (1 + \mu) g}{m_1 + m_2}$$

