

## الفصل الثالث

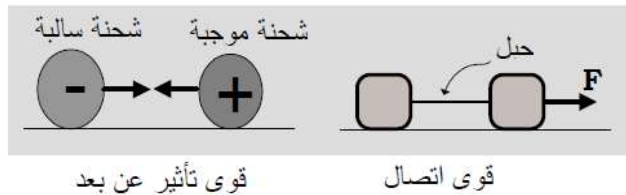
### قوانين نيوتن للحركة

## Newton's laws of motion

### 3-1 القوة Force

القوة هي مؤثر يغير الحالة التحركية للجسم وينتج عنها تسارع يغير قيمة و/أو اتجاه سرعة الجسم. ويرمز للقوة عادة بـ  $F$  وتقدر وحدتها في النظام الدولي بالنيوتن  $N$ ، وهي من الوحدات الأساسية  $1 N = 1 kg \cdot m/sec^2$ . أي أن القوة عبارة تأثير جسم على آخر وهي كمية متجهة لاعتماد تأثيرها على اتجاهها بالإضافة الى مقدارها. ولما كانت القوى كميات متجهة فهي تخضع أذن في جمعها وطرحها لقانون متوازي الاضلاع.

وتتميز بعض القوى أنه يمكن تطبيقها مباشرة على الاجسام الخاضعة لها، كأن نشد جسما موضوعا على الارض بحبل، أو نضغط زنبركا مثبتا بالحائط. وتسمى هذه القوى بقوى الاتصال أو التماس  $contact\ force$ ، أي ان هناك تلامس مباشر بين مصدر القوة والجسم الخاضع لها. لكن هناك قوى تؤثر عن بعد كقوة الجاذبية التي تؤثر بها الارض على الاجسام القريبة منها، أو قوى التجاذب والتنافر الكهربائي بين الاجسام المشحونة، حيث لا توجد تماس مباشر بين مصدر القوة والجسم الخاضع لها ولهذا تسمى هذه القوى بقوى تأثير عن بعد  $action\ at\ a\ distance$ . ولا يوجد فرق بين هذين النوعين من القوى لانه لو تمعنا بما هية قوى الاتصال لتبين لنا أنها قوى تأثير عن بعد بين الذرات والجزيئات المكونة لمادة الاتصال وكما في الشكل ١-٣.



الشكل ١-٣

## 3-2 التوازن Equilibrium

يبحث علم الستاتيك حالة الاجسام المتوازنة والقوى المسلطة عليها ككل أو على أجزاء من هياكلها ويكون الجسم في حالة توازن إذا كان ساكنا أو متحركا بسرعة منتظمة اي غير معجل.

يمكن اعتبار حركة الجسم متكونة من حركته ككل أي حركته الانتقالية مع اية حركة دورانية قد يمتلكها الجسم. وفي الحالة العامة، اذا أثرت على جسم عدة قوى وفي وقت واحد فقد تتعادل تأثيراتها بحيث لا يحدث تغيرا في حركتها الانتقالية او الدورانية. وفي هذه الحالة يكون الجسم في حالة توازن اي يتحقق شرطا التوازن التاليان

(١) أما ان يبقى الجسم ككل في حالة سكون او يتحرك على خط مستقيم بسرعة منتظمة.

(٢) أما ان لا يدور ابدا او يدور بمعدل زمني ثابت.

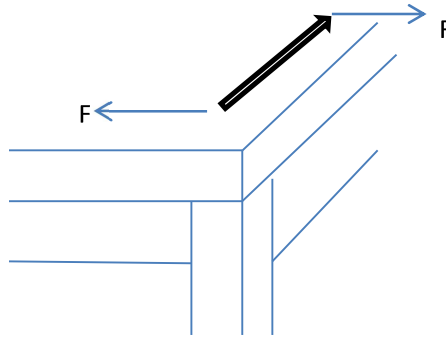
لجسم في حالة توازن ، المجموع المتجهي لجميع القوى الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفرا، اي ن :

$$\sum \vec{F} = \sum (i F_x + j F_y + k F_z) = 0 \quad (3-1)$$

هذه العلاقة تسمى بالشرط الاول للتوازن ، وهذا الشرط لا يكفي لكي يكون الجسم في حالة توازن فمثلا القوى المؤثرة على قلم كما مبين بالشكل ٣-٢ تساوي صفرا بينما القلم غير متزن لان في مقدوره الدوران اي يجب استيفاء شرط ثان لكي يتحقق التوازن وهو المجموع المتجهي لجميع العزوم الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفرا اي ان

$$\sum M = 0 \quad (3-2)$$

تمثل المعادلة (3-1) الشرط الاول للتوازن والتي تضمن حالة توازن الجسم للحركة الانتقالية و اما المعادلة (3-2) فتمثل الشرط الثاني للتوازن والتي تضمن حالة توازن الجسم للحركة الدورانية وهذان الشرطان هما جوهر قانون نيوتن الاول.



شكل ٣-٢

### 3-3 قانون نيوتن الاول *Newton's First Law*

ينص قانون نيوتن الاول "القصور الذاتي" على ان : كل جسم يستمر في حالة السكون ان كان ساكنا والحركة في خط مستقيم وبانطلاق ثابت ان كان متحركا ما لم تؤثر عليه قوة خارجية فتغير حالته الحركية.

$$F_T = 0 \rightarrow v = constant \rightarrow a = 0 \quad (3-3)$$

حيث  $F_T$  هي محصلة القوى المؤثرة على الجسم و  $v$  و  $a$  متجهي سرعته وتسارعه (تعجيله) (acceleration) على الترتيب. ونلاحظ من العلاقة السابقة ان كون التسارع مساويا للصفر يعني أن سرعة الجسم ستبقى ثابتة وهذا مايسمى أترانا (equilibrium). أن كان الجسم ساكنا أي محصلة القوى عليه تساوي صفرا وسيبقى كذلك فنقول أن الجسم متزن سكونيا (static equilibrium). أما ان كان الجسم يتحرك بسرعة ما ومحصلة القوى عليه معدومة فسيبقى متحركا بنفس السرعة ونفس الاتجاه ونقول إنه في حالة أتران حركي (kinetic equilibrium). ويستفاد من القانون نيوتن الاول لدراسة الاتزان السكوني للجسام.

### 3-3 قانون نيوتن الثاني *Newton's second Law*

طبقا لصياغة نيوتن تم التعبير عن القانون الثاني بدلالة مفهوم كمية التحرك. إذا كانت القوة المحصلة (أو الكلية) المؤثرة على جسم ما كتلته ( $m$ ) لا تساوي صفرا فإنها تحدث أو تحاول ان تحدث تغيرا في حالة الجسم عن حالة سكونه أو حركته الخطية بسرعة منتظمة. وعندما تتغير حالة الجسم تحدث تعجيلا  $a$  يكون أترانها في نفس اتجاه القوة المؤثرة.

$$F=ma \quad (3-4)$$

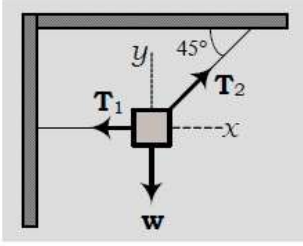
وقد وجد نيوتن أن النسبة بين القوة المؤثرة الى التعجيل الناتج تكون دائما ثابتة للجسم وتساوي كمية المادة بداخله اي كتلته.

### 3-4 قانون نيوتن الثالث *Action and reaction*

ينص قانون نيوتن الثالث على : " لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه". ولتجنب الالتباس علينا أن نتذكر دائما ان الفعل ورد الفعل يؤثران على جسمين مختلفين.

## مثال 3-1

يتزن جسم تحت تأثير القوى الثلاثة الموضحة بالشكل 3-3 ما قيمة كل شد إذا كان  $w=50\text{ N}$ ؟



شكل 3-3

الحل:

$$\sum F = 0 \rightarrow w + T_1 + T_2 = 0$$

وبأخذ مركبات هذه العلاقة على المحورين  $ox$  و  $oy$  الموضحين بالشكل 3-3 نجد أن :

$$\sum F_x = T_2 \cos\theta - T_1 = 0$$

$$T_2 \cos 45 = T_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum F_y = T_2 \sin\theta - w = 0$$

$$T_2 \sin\theta = w \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$T_2 = 70.4\text{ N} \quad \text{من معادلة (2) نجد أن}$$

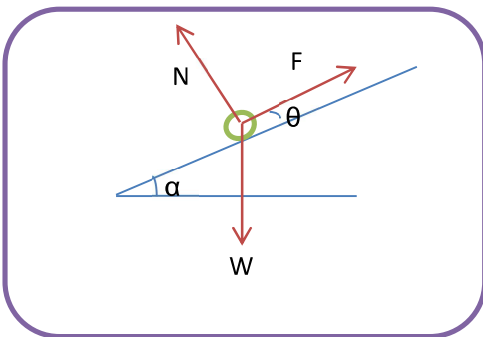
نعوض في معادلة (1) نجد

$$T_1 = 49.98\text{ N}$$

## مثال 3-2

أبحث توازن جسيم على سطح مائل أملس وكما موضح بالشكل

الحل:



$$\sum F = 0$$

$$\sum F_x = F \cos\theta - w \sin\alpha = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = F \sin\theta - W \cos\alpha + N = 0 \quad (2)$$

من المعادلة (1) نجد

$$F = \frac{w \sin \alpha}{\cos \theta}$$

ومن المعادلة (2) :

$$N = w \cos \alpha - F \sin \theta$$

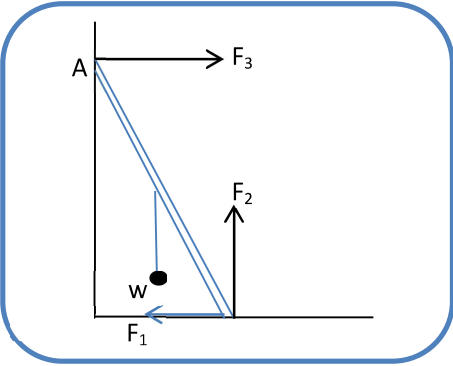
وبالتعويض عن F

$$N = w \cos \alpha - \frac{w \sin \alpha}{\cos \theta} \sin \theta$$

$$N = w \frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos \theta}$$

### مثال 3-3

سلم AB يزن 180N ويستند على جدار شاقولي ونهايته الثانية تصبح زاوية  $60^\circ$  مع الارض. جد مقادير القوى عند النهايتين A و B. مع العلم ان السلم مزود بكرة في النهاية A لتجعل الاحتكاك على الجدار مهملاً.



**الحل:**

$$\sum F_x = -F_1 + F_3 = 0$$

$$\sum F_y = -w + F_2 = 0$$

تؤخذ العزوم حول نقطة B بحيث مجموع عزمي القوتين المجهولتين  $F_1$  و  $F_2$

تساوي صفراً فعندئذ :-

$$\sum M = w \left( \frac{1}{2} L \cos 60 \right) - F_3 (L \sin 60) = 0$$

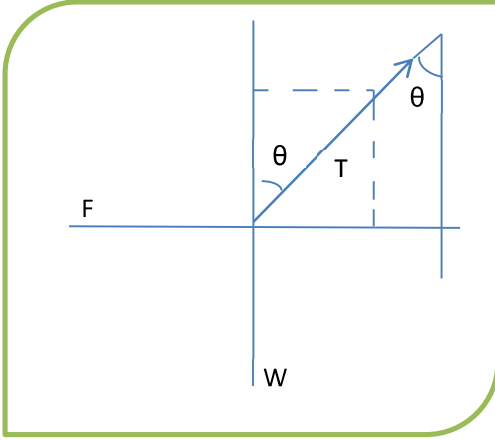
$$F_3 = \frac{w \cos 60}{2 \sin 60} = \frac{180 \cos 60}{2 \sin 60} = 52.3 \text{ N}$$

$$F_1 = F_3 = 52.3 \text{ N}$$

$$F_2 = w = 180 \text{ N}$$

## مثال 3-4

إذا كان في الشكل الاتي  $W = 90 \text{ N}$  ،  $\theta = 35^\circ$  ، جد قيمة القوة والشد؟



الحل:

$$\sum F = 0$$

$$\sum F_y = T \cos \theta - w = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_x = F - T \sin \theta = 0 \quad (2)$$

من معادلة (1)

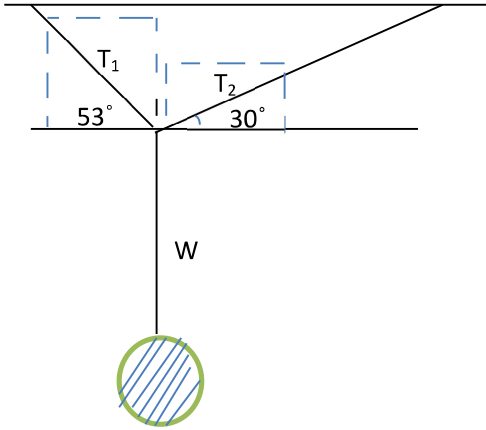
$$T = \frac{W}{\cos \theta} = \frac{90}{0.819} = 110 \text{ N}$$

من المعادلة (2)

$$F = T \sin \theta = (110)(0.574) = 63 \text{ N}$$

## مثال 3-5

جسم وزنه  $178 \text{ N}$  علق كما مبين بالشكل الاتي، جد الشد في كل خيط؟



الحل:

$$\text{الوزن} = \text{قوة الشد} = 178 \text{ N}$$

تلتقي الحبال في العقدة فتجعل الجسم في حالة توازن.  $\sum F = 0$ 

$$\sum F_y = T_1 \sin 53 + T_2 \sin 30 = 178 \quad (1)$$

$$\sum F_x = T_2 \cos 30 - T_1 \cos 53 = 0$$

$$0.866 T_2 - 0.6 T_1 = 0$$

$$T_2 = 0.69 T_1 \quad (2)$$

نعوض (2) في (1)

$$T_1 \sin 53 + 0.69 T_1 \sin 30 = 178$$

$$0.8 T_1 + 0.346 T_1 = 178$$

$$T_1 = 155 N$$

$$T_2 = 107 N$$

### مثال 3-6

سحب شخص صندوقا كتلته 10 kg علي طول سطح منضدة امس بقوة F مقدارها 40 N وتميل بزاوية  $30^\circ$  مع الافق  
أحسب (a) تعجيل الصندوق (b) مقدار الوة التي تسلطها المنضدة الى الاعلى  $F_N$  . افرض ان الاحتكاك مهمل

**الحل:**

(a) ولما كانت مركبتا القوتين  $N$  و  $W$  باتجاه محور  $x$  تساوي صفرا فعندئذ تعجيل

الصندوق يكون

$$\sum F_x = ma_x$$

$$40 \cos 30 = (10)a_x$$

$$35 = (10)a_x$$

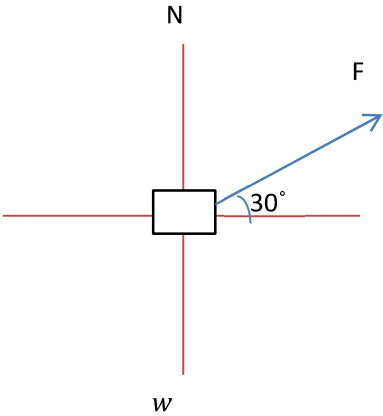
$$a = \frac{35}{10} = 3.49 m/sec^2$$

(b) معادلة الحركة بالاتجاه الشاقولي

$$\sum F_y = 40 \sin 30 = 20 N$$

$$ma_y = N - w + F_y$$

$$w = mg = 10 * 9.8 = 98 N$$



$$a_y = 0$$

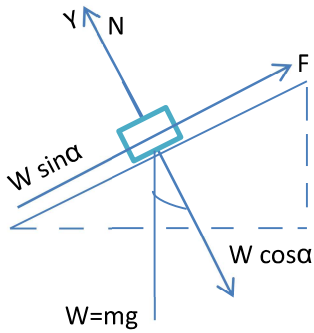
$$N - 98 + 20 = 0$$

$$N = 78 \text{ N}$$

### مثال 3-7

تتحرك سيارة كتلتها 1000 kg اعلى ل يميل بزاوية  $20^\circ$  عن الافق. أحسب القوة التي يجب ان يولدها المحرك لتسير السيارة (a) بسرعة منتظمة (b) بتعجيل  $0.2 \text{ m/sec}^2$ . جد ايضا القوة التي يسلطها الطريق على السيارة في الحالتين.

**الحل :**



$$F = ma$$

$$F - w \sin \alpha = ma$$

$$F - mg \sin \alpha = ma$$

$$F = m(a + g \sin \alpha)$$

ولما كانت السيارة لا تتحرك باتجاه المحور Y

$$N - w \cos \alpha = 0$$

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

$$N = mg \cos \alpha$$

$$N = (1000)(9.8) \cos 20 = 9210 \text{ N}$$

وعندما تتحرك السيارة بسرعة منتظمة  $a=0$

$$F = mg \sin \alpha$$

$$F = (1000)(9.8) \sin 20 = 3350 \text{ N}$$

واذا سارت بتعجيل  $0.2 \text{ m/sec}^2$

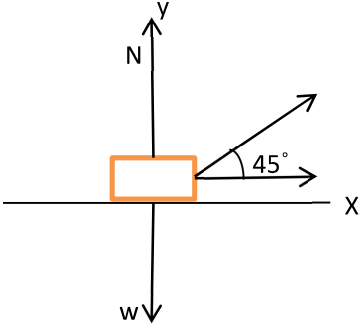


$$F = 1000(0.2 + 9.8 \sin \alpha) = 3551 N$$

### مثال 3-8

يشد طالب جسما كتلته  $10 \text{ kg}$  على طاولة أفقية ملساء بقوة تميل بزاوية  $45^\circ$  وكما في الشكل. ماقيمة  $F$  ورد فعل السطح إذا تسارع الجسم بمعدل  $2 \text{ m/sec}^2$  ؟

الحل:



$$F + N + w = ma$$

$$0 + 0 + F \cos 45 = ma \quad (1)$$

$$N - w + F \sin 45 = 0 \quad (2)$$

من معادلة (1)

$$F = \frac{ma}{\cos 45} = \frac{(10)(2)}{\cos 45} = 28.3 N$$

ومن معادلة (2)

$$N = w - F \sin 45$$

$$N = mg - F \sin 45$$

$$N = (10)(9.8) - (28.3) \sin 45$$

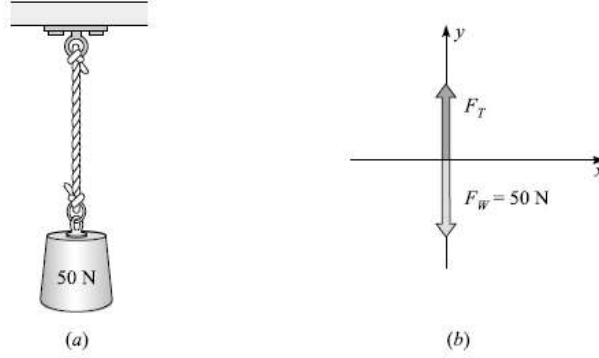
$$N = 78 N$$

### مثال 3-9

جسم كتلته  $20 \text{ kg}$  يمكن ان يتحرك بحرية إذا تعرض لقوة محصلة مقدارها  $45 N$  في الاتجاه السالب لمحور  $X$ . أحسب عجلة الجسم.

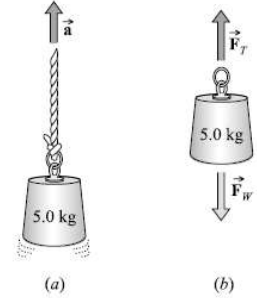
## مثال 3-10

في الشكل التالي ، يزن الجسم  $50\text{ N}$  ويعلق بواسطة حبل، أحسب قوة الشد في الحبل.



## مثال 3-11

جسم كتلته  $5\text{ kg}$  يراد أكسابه عجلة الى أعلى مقدارها  $3\text{ m/sec}^2$  بواسطة حبل يشده إلى اعلى. كم يجب أن يكون الشد في الحبل؟



## 3-5 الاحتكاك Friction

عندما يتحرك جسم على سطح أو خلال وسط لزج كالهواء أو الماء، توجد عندئذ مقاومة للحركة نتيجة تفاعل الجسم مع محيطه تسمى هذه المقاومة بقوة الاحتكاك *Friction force*. تلعب قوى الاحتكاك دورا مهما في الميكانيك وعلى حد سواء للجسام المتحركة والتي في حالة سكون. وتعتمد قوى الاحتكاك على عوامل كثيرة منها نعومة سطحي الجسمين المتلامسين ونظافتها وسرعتهم النسبية والقوة التي تضغط كل منهما على الآخر ولا تعتمد على مساحة السطحين المتلامسين. أن قوة الاحتكاك لسطحين من نفس المادة أكبر من قوة الاحتكاك بين سطحين لمادتين مختلفتين.

**- الاحتكاك الانزلاقي**

يتضمن الاحتكاك الانزلاقي نوعين من قوى الاحتكاك، فعندما تؤثر محصلة قوى في جسم ولم تستطع تحريكه، فلا بد من وجود قوة أحتكاك تمنع الجسم من الحركة فيبقى الجسم في حالة السكون وهنا تسمى القوة بقوة الاحتكاك السكوني

(الشروعي) *static friction force* ويرمز لها بالرمز  $\vec{f}_s$

$$\vec{f}_s = \mu_s N$$

وعندما تزداد القوة المؤثرة في الجسم بشرط تتغلب على قوة الاحتكاك السكوني يبدأ الجسم بالحركة فتقل قوة الاحتكاك

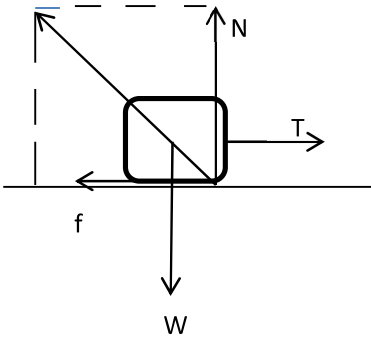
بشكل كبير، وتسمى حينها قوة الاحتكاك الحركي (الانزلاقي) *Kinetic friction force* ويرمز له بالرمز  $\vec{f}_k$

$$\vec{f}_k = \mu_k N$$

حيث  $N$  تمثل القوة العمودية التي يسلطها السطح على كتلة جسم ما (رد فعل الجسم) ويساوي وزن الجسم  $W$  ، وأن قوة الاحتكاك السكوني تساوي القوة المؤثرة على الجسم بالاتجاه المعاكس لقوة الاحتكاك السكوني. و  $\mu_s$  و  $\mu_k$  تعني معامل الاحتكاك السكوني ومعامل احتكاك الحركي على التوالي.

**مثال 3-12**

وضع جسم على سطح أفقي كتلته وزنها  $89\text{ N}$  وقد زيد الشد بالحبل الى  $35.6\text{ N}$  قبل أن يبدأ الجسم بالانزلاق. فإذا كانت القوة  $17.8\text{ N}$  تجعل الجسم يبدأ بالحركة جد معامل الاحتكاك الشروعي الحركي؟

**الحل:-**

$$\sum F_x = T \cos 0 - f_s = 0 \rightarrow \gg 35.6 - f_s = 0$$

$$\sum F_y = N - W = 0 \rightarrow \gg N - 89 = 0$$

$$\vec{f}_s = \mu_s N \rightarrow \gg \mu_s = \frac{f_s}{N} = \frac{35.6}{89} = 0.4$$

ولايجاد معامل الاحتكاك الحركي :

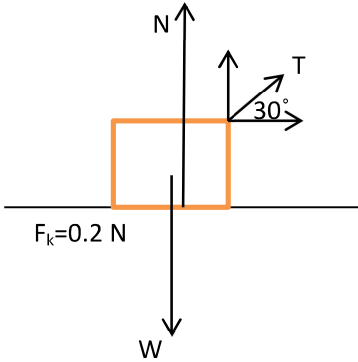
$$\sum F_x = T \cos 0 - f_k = 0 \rightarrow \gg 17.8 - f_k = 0$$

$$\sum F_y = N - W = 0 \rightarrow \gg N - 89 = 0$$

$$\vec{f}_k = \mu_k N \rightarrow \gg \mu_k = \frac{f_k}{N} = \frac{17.8}{89} = 0.2$$

### مثال 3-13

مالقوة  $T$  التي اذا سلطت على كتلة وزنها  $89\text{ N}$  وبزاوية  $30^\circ$  فوق الافق فانها ستسحبها بسرعة ثابتة كما مبين بالشكل، مع العلم ان معامل الاحتكاك الحركي بين الكتلة والسطح يساوي  $0.2$ .



الحل :-

$$\sum F_x = T \cos 30 - F_k = 0$$

$$(0.86)T - 0.2 N = \gg T = 0.23 N \quad \dots (1)$$

$$\sum F_y = T \sin 30 + N - w = 0$$

$$\frac{1}{2}T + N - 89 = \gg T = 2(89 - N)$$

$$T = 178 - 2N \quad \dots (2)$$

نعوض 2 في 1

$$178 - 2N = 0.23 N = \gg 178 = 0.23 N + 2N$$

$$N = \frac{178}{2.23} = 79.8 N \quad \dots (3)$$

نعوض 3 في 1

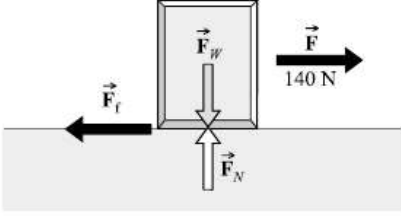
$$T = (0.23)(79.8) = 18.3 N$$

ونلاحظ هنا أن القوة العمودية لا تساوي وزن الكتلة وإنما اقل منها بمقدار المركبة العمودية للقوة  $T$ .

## مثال 3-14

صندوق كتلته  $60 \text{ kg}$  يحتاج الى قوة مقدارها  $140 \text{ N}$  لشده على أرض أفقية بسرعة ثابتة أحسب معامل الاحتكاك بين الصندوق والارضية؟

الحل:-



$$\sum F_y = N - w = ma_y = 0$$

$$N = w$$

$$mg = (60)(9.8) = 588.6 \text{ N}$$

التعجيل على محور X يساوي صفراً وذلك لانه يتحرك بسرعة ثابتة.

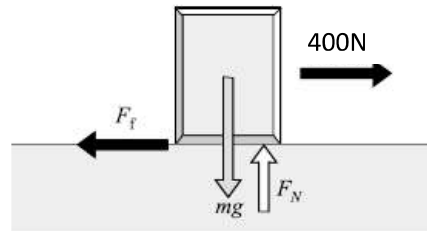
$$\sum F_x = T - F_k = ma_x \Rightarrow 140 - f_k = (60)(0)$$

$$f_k = 140$$

$$\mu_k N = 140 \Rightarrow \mu_k = \frac{140}{588.6} = 0.238$$

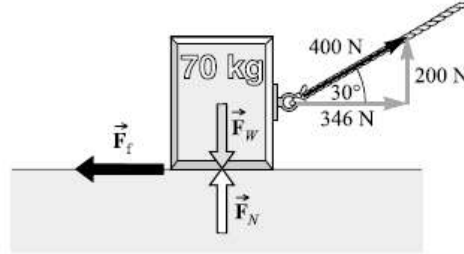
## مثال 3-15

صندوق كتلته  $70 \text{ kg}$  ينزلق على أرضية بقوة مقدارها  $400 \text{ N}$  كما هو موضح بالشكل التالي، معامل الاحتكاك بين الصندوق والارضية هو  $0.5$  أثناء انزلاق الصندوق. أوجد عجلة الصندوق.



## مثال 3-16

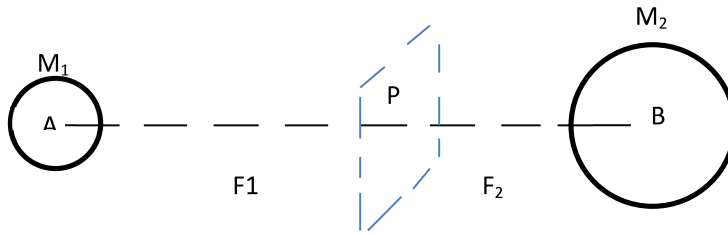
أفترض كما موضح في الشكل التالي، أن صندوقا كتلته 70 kg تؤثر عليه قوة شد 400 N بزاوية 30° مع الافق. معامل الاحتكاك الديناميكي هو 0.05. أحسب عجلة الصندوق؟



## 3-6 مركز الكتلة Center of mass

إن مركز الكتلة لأي جسم معين أو مجموعة من الاجسام عبارة عن نقطة اذا مر خلالها أي مستو فعزوم الكتل على احد جانبي المستوي تساوي عزوم الكتل على الجانب الاخر. فمثلا ، لنفرض ان لدينا كرتين كتله احدهما  $m_1$  وكتلة الاخرى  $m_2$  كما يوضح ذلك الشكل (3-4) فمركز كتلتيهما P يقع على الخط الواصل بين مركزيهما وبموضع بحيث

$$m_1 x_1 = m_2 x_2 \quad (3-6)$$



شكل 3-4

ولمستوى شاقولي يمر خلال P وعمودي على الخط AB يمثل  $m_1 x_1$  عزم الكتلة  $m_1$  و  $m_2 x_2$  عزم الكتلة  $m_2$ . وهذا يعني ان عزم كتلة الجسم حول أي مستوى نختاره يساوي كتلة الجسم مضروبة بمسافته العمودية على المستوى.

## مثال 3-17

جد مركز كتلة جسمين اذا كانت كتلة احدهما 2 kg وكتلة الاخر 5 kg والمسافة بين مركزيهما 14 m.

**الحل:**

$$x_1 + x_2 = 14 \quad \text{لما كانت المسافة}$$

$$x_2 = 14 - x_1 \quad \text{فعليه}$$

$$m_1 x_1 = m_2 x_2$$

$$2x_1 = 5(14 - x_1)$$

$$x_1 = 10 \text{ m}$$

مركز الكتلة يبعد مسافة 10 m عن الجسم الاول

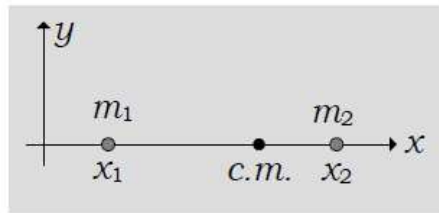
$$x_2 = 4 \text{ m}$$

مركز الكتلة يبعد مسافة 4 m عن الجسم الثاني

ولايجاد مركز كتلة جسمين نقطيين (والتي تكون المسافة بينهما كبيرة جدا بالمقارنة مع ابعاد أي منهما)، نعتبر ان جسمين نقطيين  $m_1$  و  $m_2$  في الموضعين  $x_1$  و  $x_2$  على محور السينات، وعلى الترتيب، بالنسبة لمراقب موجود عند نقطة المبدأ وكما في الشكل ٣-٥، عندئذ نعرف مركز كتلة هذين الجسمين بالنسبة لهذا المراقب بالعلاقة :

$$X_{c.m.} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} = \frac{1}{M} (m_1 x_1 + m_2 x_2)$$

حيث  $M$  تمثل مجموع الكتلتين الاولى والثانية.



شكل ٣-٥

## مثال 3-18

أين يقع مركز كتلة جسيمين  $m_1=2 \text{ kg}$  و  $m_2=4 \text{ kg}$  يبعدان عن بعضهما  $3 \text{ m}$ ؟

الحل:-

$$X_{c.m.} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} = \frac{(2)(0) + (4)(3)}{4 + 2} = \frac{12}{6} = 2 \text{ m}$$

فمركز الكتلة يبعد  $2 \text{ m}$  عن الجسيم  $m_1$ .

## 3-7 الزخم الخطي Linear Momentum

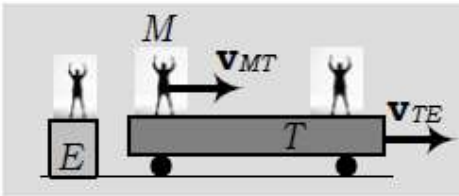
أن تعريف الزخم الخطي  $p$  لجسيم عبارة عن حاصل ضرب كتلة الجسيم  $m$  في سرعته  $v$ :

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

ولما كانت السرعة كمية متجهة فعليه أن الزخم كمية متجهة ووحدة الزخم هي حاصل ضرب وحدة الكتلة في وحدة السرعة  $\text{kg.m/sec}$ .

## مثال 3-19

يسير قطار بسرعة  $10 \text{ m/sec}$  على سكة مستقيمة، ماالزخم الخطي لراكب كتلته  $60 \text{ kg}$  يركض داخل القطار بسرعة  $2 \text{ m/sec}$  بالنسبة لراكب ساكن فيه ومودع يقف على رصيف المحطة، كما في الشكل الاتي؟



الحل:-

لنفترض ان الشخص يتحرك بنفس اتجاه حركة القطار، وان سرعته بالنسبة لراكب في القطار هي  $v_{MT}$  هي  $2 \text{ m/sec}$  فيصبح الزخم الخطي:

$$p_{MT} = m v_{MT} \Rightarrow (60)(2) = 120 \text{ kg.m/sec}$$

أما الزخم الخطي للراكب بالنسبة للمودع على رصيف المحطة فنجد من سرعته بالنسبة للقطار  $v_{MT}$  وسرعة القطار بالنسبة للأرض  $v_{TE}$

$$v_{ME} = v_{MT} + v_{TE} = 2 + 10 = 12 \text{ m/sec}$$

$$p_{ME} = m v_{ME} = (60)(12) = 720 \text{ kg.m/sec}$$



### 3-8 دفع القوة والزخم Impulse and momentum

عندما يكون لدينا جسم كتلته  $m$  يخضع لقوة مقدارها  $F$  في لفترة زمنية  $\Delta t = t_2 - t_1$  عندئذ يكون قانون نيوتن الثاني كالاتي :

$$F = \frac{dp}{dt}$$

حيث أن  $p$  هو الزخم الخطي.

$$J = p_2 - p_1$$

أن التغير بالزخم يعرف بالدفع (دفع القوة) Impulse ووحدته في النظام الدولي هي  $\text{kg.m/sec}$ .

وتكمن اهمية الدفع وقوى الدفع التي تؤثر على جسم ما لفترة زمنية قصيرة نسبيا خلال التصادمات أنها تؤدي الى لتغيير مسار الجسم وتشتيته عن مساره الاصلي.

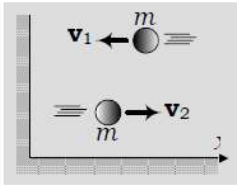
ولحساب متوسط قوة الدفع فيتم حسابها من خلال :

$$J = \vec{F} \Delta t$$

$$\vec{F} = \frac{J}{\Delta t}$$

### مثال 3-20

تصطدم كرة كتلتها  $0.4 \text{ kg}$  تسير أفقيا بسرعة  $30 \text{ m/sec}$  وترتد عنه بسرعة  $20 \text{ m/sec}$  ، ما القوة التي أثر بها الحائط على الكرة ومتوسط القوة المتبادلة بينهما إذا كان زمن التماس  $0.1 \text{ sec}$ ؟



الحل:-

هذا المثال يوضح كيفية تغير قوة الدفع التي يتعرض لها جسم خلال عملية التصادم. إذ أنها

تساوي للصفر قبل وصول الكرة للحائط ثم تزداد تدريجيا لتصل لقيمة عظمى عندما يصبح التماس بينهما اكبر مايمكن، ثم تتناقص تدريجيا لتعود للصفر عندما ينتهي التماس تماما.

يوضح الشكل حركة الكرة قبل وبعد التصادم ونعتبر الاتجاه الموجب لمحور السينات بالاتجاه النهائي لحركتها، ومن ثم نكتب الزخم قبل وبعد التصادم:

$$P_1 = mv_1 = (0.4)(-30) = -12 \text{ kg.m/sec}$$

$$p_2 = mv_2 = (0.4)(20) = 8 \text{ kg.m/sec}$$

ويصبح الدفع مساويا الى :

$$J = p_2 - p_1 = 8 - (-12) = 20 \text{ kg.m/sec}$$

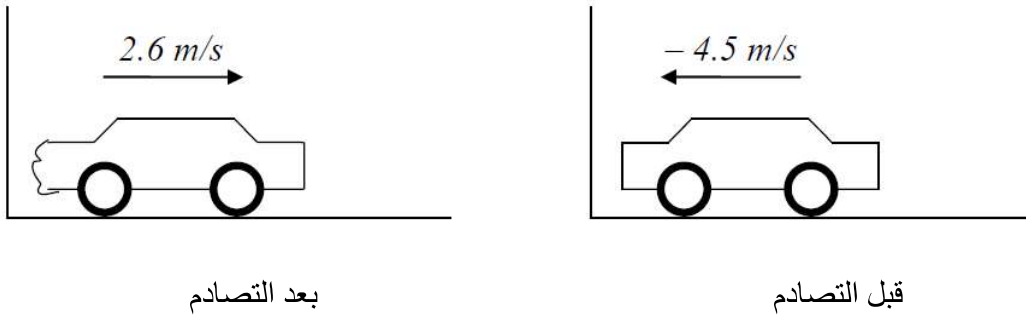
$$J = \vec{F}\Delta t \Rightarrow \vec{F} = \frac{J}{\Delta t} = \frac{20}{0.1} = 200 \text{ N}$$

وبالتبع فإن اتجاه القوة هو باتجاه الزخم اي باتجاه محور السينات الموجب.

### مثال 3-21

سيارة كتلتها 1500 kg تصطدم بجدار كما هو موضح بالشكل، السرعة الابتدائية للسيارة  $V_i$  هي 4.5 m/sec باتجاه اليسار والسرعة النهائية  $V_f$  هي 2.6 m/sec باتجاه اليمين. جد (a) جد الدفع الناشئ عن التصادم ، (b) إذا كان متوسط القوة المبذولة على السيارة هي  $F = 1.67 \times 10^5 \text{ N}$  جد زمن التصادم.

**الحل:-**



(a) نعتبر أن الاتجاه الموجب هو الاتجاه الى اليمين والسالب الى اليسار

$$J = p_2 - p_1 = mv_2 - mv_1$$

$$m(v_2 - v_1) = 1500[(2.6 - (-4.5))] = 1.07 \times 10^4 \text{ kg.m/sec}$$

(b)

$$J = \vec{F}\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{J}{F} = \frac{1.07 \times 10^4}{1.76 \times 10^5} = 60.5 \times 10^{-3} \text{ sec}$$

### 3-9 التصادمات وقانون حفظ الزخم الخطي collisions and Law of conservation of momentum

نفترض أن لدينا جسمين  $m_1$  و  $m_2$  يتحركان بسرعتين  $v_1$  و  $v_2$  على الترتيب، فيصطدمان ببعضهما بحيث يؤثر أحدهما على الآخر بقوة دفع  $F_{12}$  تساوي وتعاكس القوة  $F_{21}$  التي يؤثر بها الجسم الثاني عليه، فتصير سرعتيهما بعد التصادم  $V_1$  و  $V_2$ ، على الترتيب وتكون كالآتي:

$$\bar{F}_{12} = \bar{F}_{21}$$

$$P_T(\text{بعد التصادم}) = P_T(\text{قبل التصادم})$$

فالزخم الخطي الكلي للجسمين لا يتغير نتيجة التصادم. وهذا هو مبدأ حفظ الزخم الخطي الذي يمكن كتابته بدلالة كتلتي وسرعتي الجسمين قبل التصادم وبعد التصادم

$$mv + mv = mv + mv$$

وان الزخم الكلي الخطي يبقى محفوظا خلال عملية التصادم فقط حيث تكون محصلة القوى معدومة، أما قبل التصادم أو بعده بفترة ما فيمكن أن تتحرك الاجسام تحت تأثير قوى خارجية مختلفة.

#### مثال 3-22

أطلقت رصاصة كتلتها 2 gm على كتلة خشبية كتلتها 600 gm معلقة بخيط خفيف فإذا كانت سرعة الرصاصة 28000 cm/sec أوجد السرعة التي تكتسبها كتلة الخشب علما بأن الرصاصة أستقرت في الخشب.

**الحل:-**

يلاحظ أن السرعة الابتدائية لكتلة الخشب  $V_2=0$  والسرعة النهائية للرصاص  $v_1$  هي نفس السرعة النهائية لكتلة الخشب  $v_2$  حيث أنهما أصبحتا جسما واحدا وعليه يمكن كتابة

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$2(28000) + 0 = (2 + 600)v$$

$$v = \frac{56000}{602} = 93.3 \text{ cm/sec}$$

## مثال 3-23

أصطدمت سيارتا شحن كتلة كل منهما  $3 \times 10^5 \text{ kg}$  والتحمتا معاً. فإذا كانت سرعة إحداهما قبل التصادم  $2.2 \text{ m/sec}$  بينما كانت الاخرى في وضع السكون. فما سرعهما النهائية؟ أعتبر أن النظام يتكون من السيارتين.

الحل:-

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$3 \times 10^5 \times 2.2 + 3 \times 10^5 \times 0 = (m_A + m_B) v_f$$

$$v_f = \frac{3 \times 10^5 \times 2.2}{2(3 \times 10^5)} = \frac{2.2}{2} = 1.1 \text{ m/sec}$$