# الفصل الثالث
# Chapter Three

# قوانين القوة والحركة
# Force And Motion

**مسألة (3.1) *Problem***

إذا كان موقع الجسم المتحرك على خط مستقيم يعطى بالعلاقة الرياضية الآتية :

$x = 3t - 4t^2 + t^3$

1- حدد موقع الجسم المتحرك بعد زمن قدره ($1, 2, 3, 4$) ثانية.

2- حدد إزاحة الجسم المتحرك بين الزمنين ($t = 0\ sec$) و ($t = 4\ sec$).

3- حدد السرعة المتوسطة للجسم خلال الفترة ($t = 2.0\ sec$) و ($t = 4\ sec$).

**الحل *Solution***

-1

$$x(1\,\mathrm{sec}) = 3(1) - 4(1)^2 + (1)^3 = 0$$

$$x(2\,\mathrm{sec}) = 3(2) - 4(2)^2 + (2)^3 = -2\ m$$

$$x(3\,\mathrm{sec}) = 3(3) - 4(3)^2 + (3)^3 = 0$$

$$x(4\,\mathrm{sec}) = 3(4) - 4(4)^2 + (4)^3 = 12.0\ m$$

-2

$$\Delta x = x(4\,\mathrm{sec}) - x(2\,\mathrm{sec})$$

$$\Delta x = 12.0\ m - 0 = 12.0\ m$$

-3

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = x(4\,\mathrm{sec}) - x(2\,\mathrm{sec}) = 12 - (-2) = 14.0\ m$$

$$\Delta t = 4\ \mathrm{sec} - 2\ \mathrm{sec} = 2.0\ \mathrm{sec}$$

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{14.0\ m}{2.0\ xc} = 7.0\left(\frac{m}{s}\right)$$

## مسألة (3.2) Problem

إذا كان موقع جزيئة متحركة يعطى بالعلاقة الرياضية :

$$x = 4 - 12t + 3t^2$$

حيث تقاس $(x)$ بالأمتار و $(t)$ بالثواني، ما هي سرعة الجزيئة عند الزمن :

$t = 1\ sec$ ؟

## الحل Solution

السرعة عند الزمن $t = 1\ sec$ وهي عبارة عن سرعة الجزيئة الآنية إذا :

$$v(1\,\text{sec}) = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(4 - 12t + 3t^2)$$

$$= -12 + 6t$$

$$= -6\ m/s$$

## مسألة (3.3) Problem

جسيم يتحرك على المحور السيني وفقاً للمعادلة الآتية :

$$x = 50t + 10t^2$$

حيث تقاس $(x)$ بالأمتار و $(t)$ بالثواني، احسب :

1- السرعة المتوسطة للجسيم خلال الثواني الثلاثة الأولى.

2- السرعة الآنية للجسيم عند الزمن $t = 3.0\ sec$ .

3- التسارع المتوسط للجسيم عند الزمن $t = 3.0\ sec$ .

## الحل Solution

1- السرعة المتوسطة تحسب بين الزمنين $t = 0$ و $t = 33\ sec$ .

$$\bar{v} = \frac{x(t = 3\,\text{sec}) - x(t = 0)}{\Delta t}$$

$$x(t = 3\sec) = 50(3) + 10(3)^2 = 240\ m$$

$$x(t = 0) = 0$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 3 - 0 = 3\sec$$

$$\bar{v} = \frac{240(m)}{3.0(\sec)} = 80\ m/s$$

-2
$$v = \frac{dx}{dt} = 50 + 20\,t$$

$$v(t = 3\sec) = 50 + 20\ x3 = 110\ m/s$$

-3
$$a = \frac{dv}{dt} = 20\ m/s^2$$

**مسألة (3.4) *Problem***

بدأ قطار الحركة من السكون وبتسارع ثابت، وعند زمن معين كانت سرعته (*30 m/s*)، ارتفعت بعد ذلك إلى (*50 m/s*)، وبعد أن قطع مسافة قدرها (*160 m*) احسب :

1- تسارع القطار.

2- الوقت الذي استغرقه القطار حتى أصبحت سرعته (*30 m/s*).

3- المسافة التي قطعها القطار من السكون إلى أن أصبحت سرعته (*30 m/s*).

**الحل *Solution***

**-1**
$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(x_2 - x_1)}$$

$$= \frac{\left[(50^2) - (30^2)\right]\left(\frac{m}{s}\right)^2}{2(160)m} = 5.0\ \mathrm{m/s^2}$$

-2

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{(50 - 30)\, m/s}{5.0\, m/s^2}$$

$$= 4.0\, s$$

-3

$$t = \frac{v}{a} = \frac{30\, m/s}{5.0\, m/s^2}$$

$$= 6.0\, s$$

-4

$$x = \frac{1}{2} a t^2$$

$$= \frac{1}{2}(5.0\, m/s^2)(6.0)^2$$

$$= 90\, m$$

### مسألة **Problem (3.5)**

قوتان $(\vec{F}_1)$ و $(\vec{F}_2)$ تؤثران على حركة جسم في الوقت نفسه كي يتحرك بسرعة ثابتة على النحو الآتي :

$$\vec{v} = (3\, m/s)\,\hat{i}$$

القوة الأولى $(\vec{F}_1)$ معرفة على النحو الآتي :

$$\vec{F}_1 = (2N)\,\hat{i} + (-6N)\,\hat{j}$$

عرف القوة الثانية $(\vec{F}_2)$.

**الحل *Solution***

بما أن سرعة الجسم ثابتة فإن ذلك يؤدي إلى أن مجموع القوى المؤثرة عليه تساوي الصفر، وهذا ما يؤدي إلى أن تسارعه أيضاً يساوي الصفر، وهذه حالة خاصة *Special case* من قانون نيوتن الثاني، وهي تقودنا إلى قانون نيوتن الأول.

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

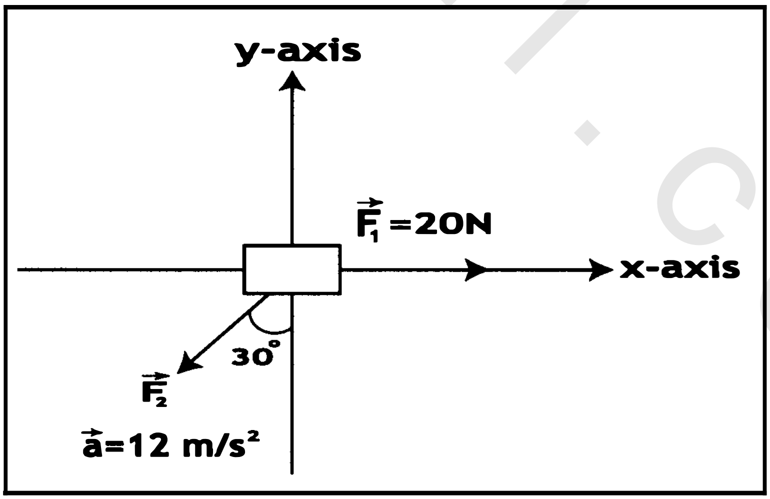
$$\vec{F}_2 = (-2\ N)\hat{i} + (6\ N)\hat{j}$$

**مسألة (3.6) *Problem***

قوتان تؤثران على صندوق كتلته ($2.0\ kg$)، انظر الشكل (3.1)، يكتسب الجسم نتيجة لذلك تسارعاً مقداره ($120\ m/s^2$).

1- أوجد القوة الثانية ($\vec{F}_2$) باستخدام مفهوم متجه الوحدة.

2- أوجد مقدار واتجاه القوة ($\vec{F}_2$).




شكل (3.1)، المسألة (3.6)

**Solution الحل**

-1 $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m\vec{a}$

$\vec{F}_2 = m\vec{a} - \vec{F}$

وباستخدام متجه الوحدة فإن : $\vec{F}_1 = (20\,N)\hat{i}$

وللتسارع مركبتان محصلتهما :

$$\vec{a} = (-12 \sin 30\, m/s^2)\hat{i} - (12 \cos 30\, m/s^2)\hat{j}$$

$$= (-6\, m/s^2)\hat{i} - (10.4\, m/s^2)\hat{j}$$

وهكذا

$$m\vec{a} = (2.0\,kg)[(-6\, m/s^2)\hat{i} - 10.4\, m/s^2)\hat{j}]$$

$$\vec{F} = (-20\,N)\hat{i} + (-12\,N)\hat{i} - (21\,N)\hat{j}$$

$$= (-32.0\,N)\hat{i} - (21\,N)\hat{j}$$

-2 $\vec{F}_2 = \sqrt{F_{2x}^2 + F_{2y}^2}$

$$= \sqrt{(-32)^2 + (-21)^2} = 38\,N$$

$$\tan(\theta) = \frac{F_{2y}}{F_{2x}} = \frac{21\,N}{38\,N} = 0.656$$

$$\tan(\theta) = \tan^{-1}(0.656) = 33°$$

وبما أن المقدار السيني والمقدار الصادي سالبان أي أن :

$$\vec{F}_x = -32\,\hat{i}$$

$$\vec{F}_y = -21\,\hat{j}$$

فإن الزاوية تقع في الربع الثالث :

$$\theta = 33° + 180 = 213°$$

**مسألة (3.7) *Problem***

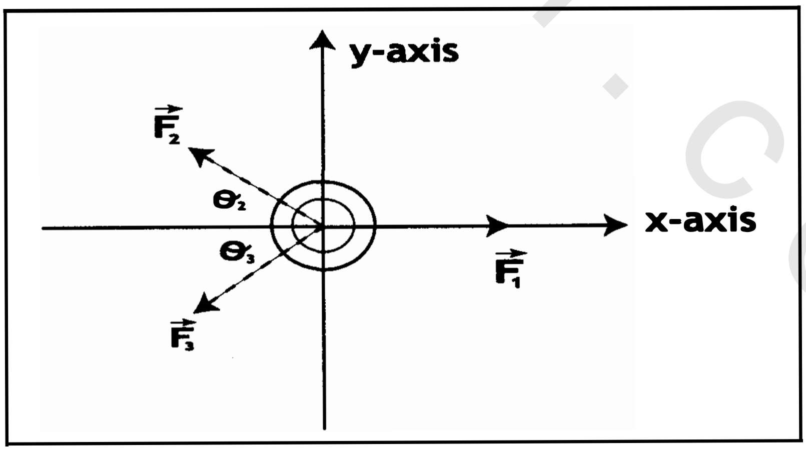
تأمل الشكل (3.2)، ثلاثة قوى $(\vec{F}_3, \vec{F}_2, \vec{F}_1)$، تعمل على طول ثلاثة حبال لشد إطار سيارة كتلته $(12.0\ kg)$، ويبلغ مقدار القوة الأولى $(50\ N)$، حدد اتجاه القوتين $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ بحيث يكون تسارع إطار السيارة أقل مما يكون في الحالات الثلاثة الآتية :

1- $\vec{F}_2 = 30\ N$ $\qquad$ $\vec{F}_3 = 20\ N$

2- $\vec{F}_2 = 30\ N$ $\qquad$ $\vec{F}_3 = 10\ N$

3- $\vec{F}_2 = 30\ N$ $\qquad$ $\vec{F}_3 = 30\ N$

**الحل *Solution***




شكل (3.2)، المسألة (3.7)

1- من الواضح أننا إذا اعتبرنا اتجاه كل من $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ في الاتجاه المعاكس للقوة $(\vec{F}_1)$ فإن محصلة القوى :

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2 - \vec{F}_3$$

$$= 50 - 30 - 20 = 0$$

وهذا ما يؤدي إلى أن التسارع في هذه الحالة يساوي الصفر.

2- لنفرض أن $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ تقعان في الاتجاه $(x,y)$ السالبين إذاً :

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = \frac{\vec{F}_1 - \vec{F}_2 - \vec{F}_3}{m}$$

$$= \frac{10}{12} = 0.83 (m/s^2)$$

3- في هذه الحالة $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ يجب أن تكونا على النحو الموضح في الشكل السابق على شكل خطوط متقطعة، وهذا ما يؤدي إلى :

$$\sum \vec{F}_x = \vec{F}_x - \vec{F}_{2x} - \vec{F}_{3x}$$

$$-\vec{F}_1 = (\vec{F}_{2x} + \vec{F}_{3x})$$

$$\sum \vec{F}_y = 0$$

$$\vec{F}_{2y} - \vec{F}_{3y} = 0$$

$$\vec{F}_{2y} = \vec{F}_{3y}$$

وهكذا نجد أن :

$$(30\ N)\cos(\theta_2) + (30\ N)\cos(\theta_3) = 50\ N \qquad (1)$$

$$(30\ N)\sin(\theta_2) = (30\ N)\sin(\theta_3) = 50\ N \qquad (2)$$

$$\theta_2 = \theta_3$$

أما مقدار الزاوية : فمن المعادلة (2) نجد أن :

$$\cos(\theta_2)\{(30\ N)(30\ N)\} = 50\ N$$

$$\cos(\theta_2)(60\ N) = 50\ N$$

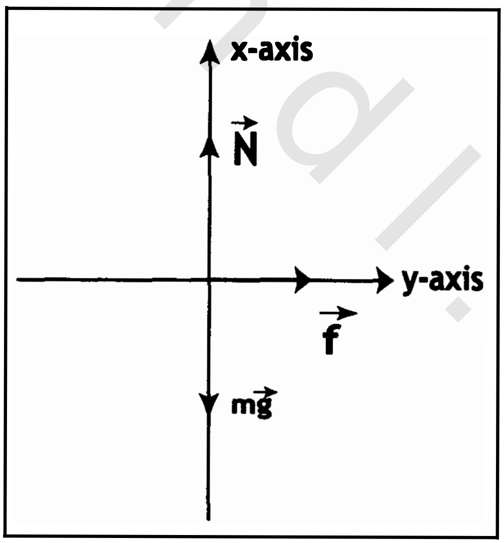
$$\cos(\theta_2) = \frac{50\ N}{60\ N} = 0.83$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0.83) = 33.6$$

**مسألة (3.8) *Problem***

لاعب بيسبول كتلته (*79.0 kg*) ينزلق إلى مكان جديد يعيق حركته قوة احتكاك مقدارها (*470 N*). احسب مقدار معامل الاحتكاك الحركي بين اللاعب والأرض، انظر الشكل (3.3).

**الحل *Solution***




شكل (3.3)، المسألة (3.8)

$\vec{N}$ : هي قوة تأثير الأرض العمودية على اللاعب.

$m\vec{g}$ : هي قوة شد الأرض للاعب أو وزنه.

وبما أن اللاعب في حالة حركة فإن قوة الاحتكاك الحركي :

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

$$\mu_k = \frac{f_k}{\vec{N}} = \frac{470\ N}{(79.0\ kg)(9.8\ m/s^2)}$$

$$= 0.61$$

**مسألة (3.9) *Problem***

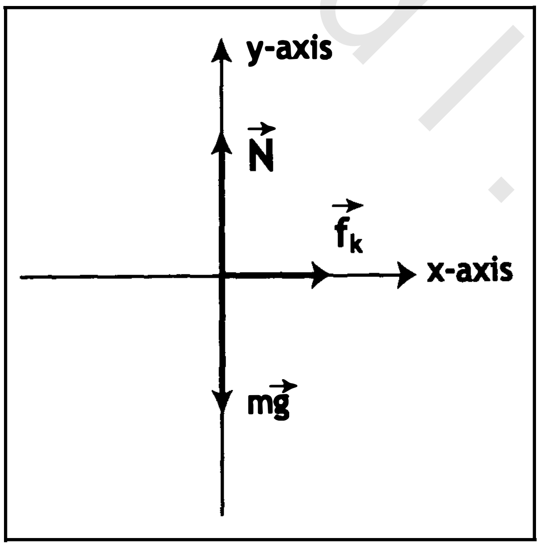
تبلغ كتلة الجسم المطاطي لهوكي الجليد ($110\ g$)، وكانت قد انزلقت على الجليد مسافة قدرها ($15.0\ m$)، قبل أن تتوقف.

1- إذا كانت السرعة الابتدائية للكتلة المطاطية ($6.0\ m/s$). أوجد مقدار قوة الاحتكاك بينها وبين الجليد خلال عملية التزلج.

2- أوجد مقدار معامل الاحتكاك بين الكتلة المطاطية للهوكي والجليد.

**الحل *Solution***

انظر للشكل (3.4) :




شكل (3.4)، المسألة (3.9)

1- وفقاً لقانون نيوتن الثاني نجد أن : $-\vec{f}_k = m\vec{a}$

يمكننا إيجاد التسارع من معادلات الحركة على خط مستقيم بتسارع ثابت.

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_0^2 + 2\vec{a}x$$

$$\vec{v} = 0$$

$$\vec{a} = \frac{-v_0^2}{2x} = -\frac{(6\frac{m}{s})^2}{2(5\,m)} = -1.2\frac{m}{s^2}$$

$$-\vec{f}_k = (-1.2\frac{m}{s^2})(0.11\,kg) = 0.13\,N$$

$$\vec{f}_k = 0.13\,N$$

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

$$\vec{N} - m\vec{g} = 0$$

$$\vec{N} = m\vec{g}$$

$$\vec{f}_k = \mu_k m\vec{g}$$

$$\mu_k = \frac{\vec{f}_k}{mg} = \frac{0.13\,N}{(0.11\,kg)(9.8\frac{m}{s^2})}$$

$$\mu_k = 0.12$$

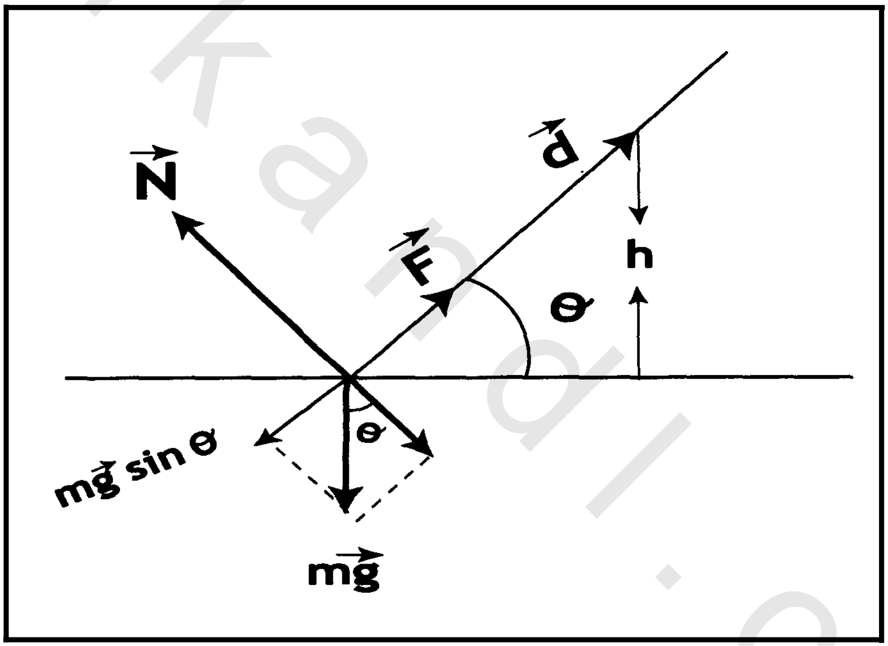
## مسألة **(3.10)** ***Problem***

صندوق شحن كتلته (*15.0 kg*) سحب إلى أعلى مسافة (*5.7 m*) على مستوى مائل بزاوية ($\theta$) وعديم الاحتكاك، حيث يبلغ الارتفاع العمودي للمستوى المائل مسافة ($h = 2.5\ m$)، انظر إلى الشكل (3.5).

1- احسب مقدار القوة التي يجب أن تطبق على صندوق الشحن.

2- احسب مقدار الشغل الذي تم إنجازه بواسطة القوة $\vec{F}$.

3- هل تتغير قيمة العمل المنجز إذا تغيرت الزاوية ($\theta$) ؟ وضح ذلك.




شكل (3.5)، المسألة (3.10)

## الحل ***Solution***

1- من الواضح أن القوة $\vec{F}$ تقابل بالاتجاه المعاكس المركبة السينية للثقل $m\vec{g}$ وهي عبارة عن ($m\vec{g}\sin(\theta)$).

$$F = mg\sin\theta = mg\left(\frac{h}{d}\right)$$

$$= (15\,kg)(9.8\,m/s^2)\left(\frac{2.5\,m}{5.7\,m}\right) = 65\,N$$

$$W_F = Fd\cos(\theta)$$

$(\theta)$ : هي الزاوية بين متجه الإزاحة $(\vec{d})$ وقيمة القوة $(\vec{F})$ وتساوي صفراً.

-2 $$W_F = (65\,N)(5.7\,m)\cos(\theta) = 368\ \ J$$

-3 عندما تتغير الزاوية $(\theta)$ هذا يعني :

أن الإزاحة سوف تتغير، وعليه فإن $\sin(\theta)$ سوف يتغير، وبالتالي فإن القوة $(\vec{F})$ سوف تتغير بنفس القيمة التي طرأت على $(\sin(\theta))$، وهكذا نجد أن الشغل أيضاً سوف يتغير.

وهنا من المناسب أن نذكّر ـ أعزاءنا الطلبة ـ بأن الشغل يقاس بالجول كما أشرنا مسبقاً في النظام الدولي وهو عبارة عن :

$$1\,Joule = 1\,J = 1\,N.m = 1\,kg\,m/s^2 . m$$

$$= kg\frac{m^2}{s^2}$$

**مسألة (3.11) *Problem***

جسم كتلته ($102\ kg$) يسير بسرعة إبتدائية على خط مستقيم قدرها ($53\ m/s$)، تم إيقافه بواسطة تعجيل تباطؤ مقداره ($2.0\ m/s^2$).

1- ما هي القوة اللازمة لعملية الإيقاف. أوجد قيمتها.

2- ما هي المسافة التي قطعها الجسم خلال تأثير التعجيل التباطؤي ؟ أوجد قيمتها.

3- احسب العمل المنجز بواسطة قوة الإيقاف.

4- أعد الطلب الأول مستخدماً المقدار ($4.0\ m/s^2$) كتعجيل تباطؤي.

**الحل *Solution***

-1

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$= (102\ kg)(-2.0\ m/s^2) = -204\ N$$

$$v_0^2 = 2ad$$

-2

$$d = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{(58\ m/s^2)}{2x2} = 702.2\ m$$

-3

$$W = Fd = (-204\ N)(702.2\ m)$$

$$= 14.33 \times 10^4\ \ J$$

-4

$$\vec{F} = m\vec{a} = (204\ m)(-4.0\ m/s^2)$$

$$= -816\ N$$

**مسألة (3.12) *Problem***

الكترون معدن النحاس تبلغ طاقته الحركية عند درجة الحرارة صفر مطلق ($6.7\times10^{-19}J$)، احسب سرعة الإلكترون، إذا علمت أنّ كتلته تساوي($9.11\times10^{-31}kg$).

**الحل *Solution***

$$K.E = \frac{1}{2} m\, v^2$$

$$v^2 = \frac{2K.E}{m}$$

$$v = \left( \frac{2K.E}{m} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[ \left( \frac{(2)(6.7 \times 10^{-19} J)}{(9.11 \times 10^{-31} kg)} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$= 1.2 \times 10^{6}\ m/s$$

**مسألة *Problem* (3.13)**

استخدِمَت القوتان المعرفتان على النحو الآتي:

$$\vec{F}_1 = (3N)\hat{i} + (4N)\hat{j}$$

$$\vec{F}_2 = (-2N)\hat{i} + (-6N)\hat{j}$$

وذلك لتعجيل جسم كتلته ( $1\ kg$ ) .

1 - ما هي محصلة القوة المؤثرة على الجسم باستخدام رموز متجه الوحدة ؟

2 - ما هي قيمة واتجاه محصلة القوة وكذلك التسارع ؟

**الحل *Solution***

1- محصلة القوة هي :

$$F_{net} = F_1 + F_2$$

$$= (3N)\hat{i} + (4N)\hat{j} + (-2N)\hat{i} + (-6N)\hat{j}$$

$$= (1N)\hat{i} + (-2N)\hat{j}$$

$$= \sqrt{(1N)^2 + (-2N)^2} = 2.2N$$

2- إن الزاوية التي تصنعها قوة المحصلة $(F_{net})$ مع المحور السيني الموجب يمكن إيجادها على النحو الآتي :

$$\tan\theta = \frac{F_{net,y}}{F_{net,x}} = \frac{-2N}{1N} = -2$$

$$\theta = tan^{-1}(-2) = -63.4^{\circ}$$

أما مقدار التسارع فيمكن حسابه إذا استخدمنا قانون نيوتن الثاني :

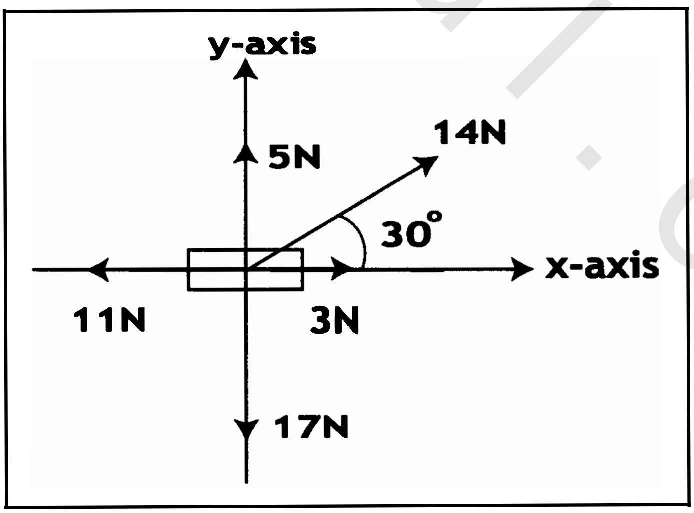
$$F_{net} = ma$$

$$a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{2.2}{1\,kg} = 2.2\,m/s^2.$$

أما اتجاه التسارع $(a)$ فهو تماماً منطبق على القوة $(F_{net})$ أي يضع زاوية مقدارها $(-63.4^{\circ})$ مع المحور السيني الموجب .

### مسألة (3.14) *Problem*

خمس قوى تعمل على سحب صندوق كتلته $(4.0\,kg)$ انظر الشكل (3.6).




شكل (3.6)، المسألة (3.14)

1 - أوجد تسارع الجسم باستخدام رموز متجه الوحدة.

2 - أوجد مقدار واتجاه التسارع.

### الحل ***Solution***

انظر الشكل (3.6) تجد أن القوى الخمس يمكننا أن نعبر عنها باستخدام رموز متجهة الوحدة على النحو الآتي :

تذكر أولاً أن :

$$F = F_x \hat{i} + F_y \hat{j}$$

$$= F\ cos\,\theta\ \hat{i} + F\ sin\,\theta\ \hat{j}$$

$$F_1 = (3N)(Cos\,O^{\circ})\,\hat{i} + (3N)(Sin\,O^{\circ})\,\hat{j} = (3N)\,\hat{i}$$

$$F_2 = (14N)(Cos\,30^{\circ})\,\hat{i} + (14N)(Sin\,30^{\circ})\,j = (12N)\,\hat{j} + (7N)\,\hat{j}$$

$$F_3 = (5N)(Cos\,90^{\circ})\,\hat{i} + (5N)(Sin\,90^{\circ})\,\hat{j} = (5N)\,\hat{j}$$

$$F_4 = (11N)(Cos\,180^{\circ})\,\hat{i} + (11N)(Sin\,180^{\circ})\,\hat{j} = (-11N)\,\hat{i}$$

$$F_5 = (17N)(Cos\,270^{\circ})\,\hat{i} + (17N)(Sin\,270^{\circ})i = (-17N)\,\hat{j}$$

وهكذا تكون القوة المحصلة :

$$F_{net} = \sum_{n=1}^{5} F_n = (\sum_{n=1}^{5} F_{n,x})\,i + (\sum_{n=1}^{5} F_{n,y})\,\hat{j}$$

$$= (3N + 12N - 11N)\,\hat{i} + (7N + 5N - 17N)\,\hat{j}$$

$$= (4N)\,\hat{i} + (-5N)\,\hat{j}$$

أما التسارع فإننا نعبِّر عنه باستخدام قانون نيوتن الثاني :

$$a = \frac{F_{net}}{m}$$

$$= \frac{(4N)i + (-5N)\hat{j}}{(4\ kg)} = (1\ m/s^2)i + (-1.3\ m/s^2)\hat{j}$$

-2 $$|a| = \sqrt{a^2{}_x + a^2{}_y} = \sqrt{(1\ m/s^2)^2 + (-1.3\ m/s^2)^2}$$

$$= 1.6\ m/s^2$$

ويصنع متجه التسارع زاوية $(\theta)$ مع المحور السيني الموجب يمكن حسابها على النحو الآتي :

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{a_y}{a_x}\right) = \frac{-1.3\ m/s^2}{1\ m/s^2} = -52.4°.$$

### مسألة (3.15) *Problem*

طائرة كتلتها $(1.2 \times 10^3\ kg)$ مستقرة على وضع الطيران الأفقي من خلال التوازن بين وزنها وقوة رفع الهواء العمودية المؤثرة على الطائرة، احسب قوة رفع الطائرة وحدد اتجاهها .

### الحل *Solution*

إن مقدار قوة دفع الهواء $(F)$ إلى الأعلى تساوي قوة وزن الطائرة، أي أننا نستطيع إيجاد القوة المطلوبة لرفع الطائرة من قانون نيوتن الثاني :

$$F = mg$$

حيث : $(m)$ تساوي كتلة الطائرة = $(1.2 \times 10^3\ kg)$.

$(g)$ تساوي تسارع الجاذبية الأرضية = $(9.8\ m/s^2)$.

إذاً :

$$F = (1.2 \times 10^3 \, kg)(9.8 \, m/s^2)$$

$$= 1.18 \times 10^4 \, N$$

**مسألة (3.16) *Problem***

عجلة بخارية كتلتها ($80 \, kg$)، تم تعجيلها، وذلك بزيادة سرعتها من الصفر إلى ($6 \, km/h$) .

1- أوجد مقدار تسارع الدراجة البخارية.

2- أوجد مقدار القوة المؤثرة عليها، وذلك خلال زمن مقداره ($4 \, s$).

**الحل *Solution***

1- السرعة الابتدائية

$$v_0 = 0$$

السرعة النهائية

$$v_f = 6 \, km/h = \frac{6 \times 1000}{3600} \, m/s$$

$$= 1.67 \, m/s$$

وعلى ذلك يكون التسارع :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t}$$

$$= \frac{1.67 - 0}{4} = 0.42 \, m/s^2 .$$

2- أما مقدار القوة المؤثرة :

$$F = ma = (80 \, kg)(0.42 \, m/s^2)$$

$$= 33.6 \, N$$

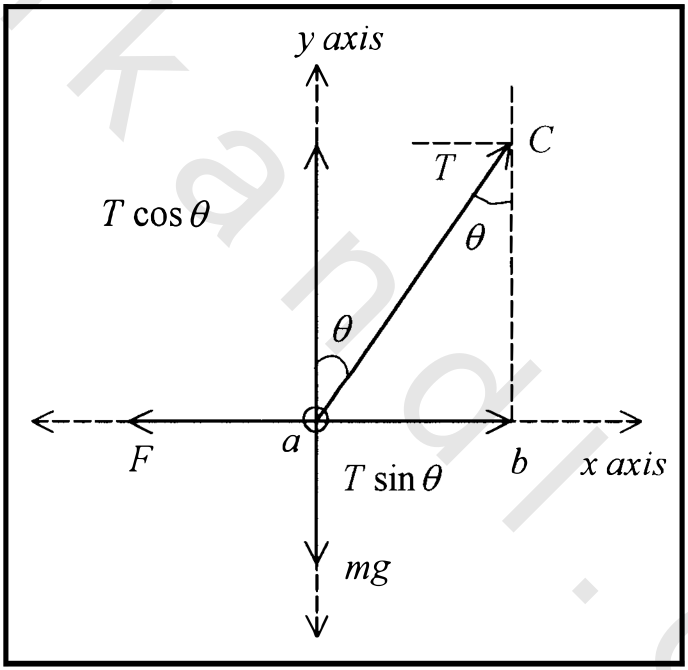
**مسألة (3.17) *Problem***

كرة تبلغ كتلتها ($3 \times 10^{-4}\,kg$)، معلقة بخيط نحو الأسفل وبشكل عمودي على الأفق، أثر عليها تيار هوائي ثابت بحيث دفعها إلى اليسار حتى بلغت الزاوية بين الخيط والعمود ($37^o$)، انظر الشكل (3.7).

1- أوجد مقدار قوة دفع الهواء للكرة.

2- أوجد مقدار قوة الشد في الخيط .

**الحل *Solution***




شكل (3.7)، المسألة (3.17)

انظر الشكل (3.7) تجد أن :

$T$ : هي قوة الشد في الخيط.

$mg$ : قوة الجاذبية المؤثرة على الكرة.

$F$ : قوة تأثير الهواء.

تـأمل المثلث $(abc)$ القـائم فـي $(b)$ تجـد أن مجمـوع المركـبات السـينية لـلقوى المؤثـرة هي :

$$F_x = T\sin\theta - F \qquad ...(1)$$

أما مجموع المركبات الصادية للقوى المؤثرة فهي :

$$F_y = T\cos\theta - mg \qquad ...(2)$$

حيث إن الزاوية $(\theta = 37°)$

من المعادلة (2) نجد أن :

$$T\cos\theta - mg = 0$$

$$T = \frac{mg}{\cos\theta} = \frac{(3\times 10^{-4}\,kg)(9.8\,m/s^2)}{\cos 37°}$$

$$= 3.7\times 10^{-3}\,N$$

نعوض الآن مقدار القوة $(T)$ في المعادلة (1) لنجد أن :

$$T\sin\theta - F = 0$$

$$F = T\sin\theta = (3.7\times 10^{-3}\,N)(\sin 37°)$$

$$= 2.2\times 10^{-3}\,N.$$

### مسألة **Problem (3.18)**

قذف الكترون أفقياً بسرعة مقدارها $(1.2\times 10^{7}\,m/s)$ خلال مجال كهربائي يؤثر بقوة عمودية على الإلكترون مقدارها $(4.5\times 10^{-16}\,N)$ فإذا تحرك الإلكترون مسافة $(30\ mm)$ أفقياً. أوجد مقدار المسافة العمودية التي ينحرفها الإلكترون إذا علمت أن كتلته $(m_e = 9.1\times 10^{-31} mg)$.

**الحل Solution**

بما أن القوة والتسارع للإلكترون ستكونان ثابتتين إذاً :

$$x = v_0 t$$

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(F/m)t^2$$

إن الوقت الذي يستغرقه الإلكترون ليقطع مسافة ($x = 30\ mm$) بالاتجاه الأفقي هو :

$$t = \frac{x}{v_0}$$

أما مقدار الانحراف الذي يعاني منه الإلكترون على المحور ($y$) فهو :

$$y = \frac{1}{2}\frac{F}{m}t^2 = \frac{1}{2}\frac{F}{m}\left(\frac{x}{v_0}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}\frac{(4.5 \times 10^{-16}\ N)}{(9.11 \times 10^{-31}\ kg)}\left(\frac{30 \times 10^{-3}\ m}{1.2 \times 10^{7}\ m/s}\right)^2$$

$$= 1.5 \times 10^{-3}\ m$$

**مسألة (3.19) Problem**

أوجد قيمة الشغل المبذول لسحب جسم كتلته ($50\ kg$) على أرضية أفقية مسافة قدرها ($10\ m$)، إذ علمت أن معامل الاحتكاك بين الأرضية والجسم يساوي ($0.5$).

**الحل Solution**

الشغل المبذول يمكن إيجاده من المعادلة المعروفة

$$W = F\ .\ d$$

ولكن القوة المؤثرة $F = f_k = \mu_k N$

$$= (0.5)(50\,kg)(9.8\,m/s^2)$$

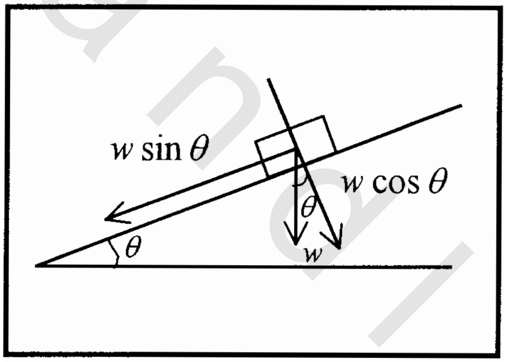
$$= 245\,N\,.$$

إذاً : $W = (245\,N)(10\,m) = 2450\,J$

**مسألة (3.20) *Problem***

سحبت عربة طفل مسافة قدرها $(10\ m)$ فوق ممشى جانبي يميل بزاوية قدرها $(15^o)$ فوق الطريق الأفقي. أوجد قيمة الشغل المبذول في هذه العملية إذا كانت الكتلة الكلية للطفل والعربة $(20\ kg)$.

**الحل *Solution***




شكل (3.8)، المسألة (3.20)

بتأمل الشكل (3.8)، أفرض أن وزن العربة والطفل هو $(w)$.

إن مركبة القوة الكلية المؤثرة على الجسم والعربة ستكون موازية للسطح المائل وهي:

$$F = w \sin\theta$$

$$= (10\,kg)(9.8\,m/s^2)\sin 15°$$

$$= 25.36\ N$$

أما الشغل فيمكن حسابه الآن من المعادلة المعروفة :

$$W = F.d = Fd = (25.36\ N)(10\ m)$$
$$= 253.6\ J$$

**مسألة (3.21) *Problem***

سقط جسم كتلته (*2 kg*) من ارتفاع (*20 m*) إلى أسفل. احسب متوسط قوة الاحتكاك التي تعاكس حركة الكتلة إذا كانت سرعتها قبل الاصطدام بالأرض مباشرة هي (*8 m/s*).

**الحل *Solution***

$$\Delta K.E = K.E_f - K.E_0 = F.d$$

$$(1/2)mv_f^2 - (1/2)mv_0^2 = F.d$$

$$v_0 = 0$$

$$v_f = (8\ m/s)$$

$$d = 20\ m$$

$$m = 2\ kg$$

إذاً :

$$(1/2)(2\ kg)(8\ m/s)^2 = F(20\ m)$$

$$F = \frac{64(kg)(m/s)^2}{(20\ m)} = 3.2\ NE\ .$$

**Problem (3.22) مسألة**

تستغرق شاحنة كتلتها ($3\times10^4\,kg$) زمنا قدره ($30\ min$) لتصعد طريقاً جبلياً من ارتفاع ($200\ m$) إلى ($3000\ m$).

1- أوجد الشغل الذي تبذله الشاحنة ضد الجاذبية الأرضية.

2- أوجد القدرة الحصانية التي تستهلكها الشاحنة ضد الجاذبية في هذه العملية.

**Solution الحل**

1- إن الارتفاع العمودي الذي حققته الشاحنة هو :

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1 = (3000\ m) - (200\ m)$$

$$= 2800\ m\ .$$

أما قوة رد فعل الطريق على الشاحنة ($N$) والعمودي دائماً على الطريق فهو :

$$\vec{N} = mg = (3\times10^4\,kg)(9.8\ m/s^2)$$

$$= 294\times10^3\ N$$

إذاً الشغل الذي بذلته الشاحنة ضد الجاذبية هو :

$$W = F.\Delta Y = F\ \Delta Y = \vec{N}\ \Delta Y$$

$$= (294\times10^3\ N)(2800\ m)$$

$$= 823.2\times10^6\ J$$

2- أما القدرة الحصانية :

$$P = F.v = N.v$$

$$v = \frac{(2800\ m)}{(1800\ s)} = 1.55\ m/s$$

$$P = (294 \times 10^3\ N)(1.55\ m/s)$$

$$= 4.56 \times 10^5\ watt = \frac{4.56\ watt}{746\ hr} = 613\ hp$$

### مسألة **Problem (3.23)**

لدفع صندوق كتلته ($25\ kg$) إلى أعلى مستوى مائل بزاوية ($25^o$) مع الأفق، يبذل عامل المصلحة قوة موازية للسطح المائل مقدارها ($209\ N$). إذا دفع العامل الصندوق مسافة مقدارها ($1.5\ m$).

1- ما هو العمل الذي تم انجازه على الصندوق (وزن الصندوق) ؟

2- ما هو العمل الذي انجزه العامل ؟

3- ما هو العمل الذي انجزته القوة العمودية المطبقة بواسطة السطح المائل ؟

4- ما هو العمل الكلي الذي تم انجازه على الصندوق ؟

### الحل **Solution**

1- العمل الذي تم إنجازه على وزن الصندوق هو :

$$W_1 = F\ .\ d = Fd = (209\ N)(1.5\ m)$$

$$= 314\ J\ .$$

2- العمل الذي أنجزه العامل هو :

$$W_2 = -\ mgh$$

حيث إن :

$$h = d \sin 25°$$

$$= (1.5\ m)(\sin 25°)$$

$$= 0.63\ m$$

$$W_2 = -(25\ kg)(9.8\ m/s^2)(0.63\ m)$$
$$= -155\ J\ .$$

3- العمل الذي أنجزته القوة العمودية :

$$W_3 = 0$$

وذلك لأن الجسم يكون عمودياً عليها، وعلى هذا فليس هناك من عمل تنجزه المركبة العمودية للقوة.

4- العمل الكلي الذي تم إنجازه على الصندوق :

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$
$$= 314\ J + (-155\ J) + (0)$$
$$= 158\ J\ .$$

**مسألة (3.24) *Problem***

يدفع عامل كتلة مقدارها ($27\ kg$) على طول أرض مستوية مسافة مقدارها ($9.2\ m$) بسرعة ثابتة وبقوة تصنع زاوية ($32^o$) تحت المستوى الأفقي. احسب العمل الذي أنجزه العامل على الكتلة إذا كان معامل الاحتكاك يساوي ($0.20$). انظر الشكل (3.9).

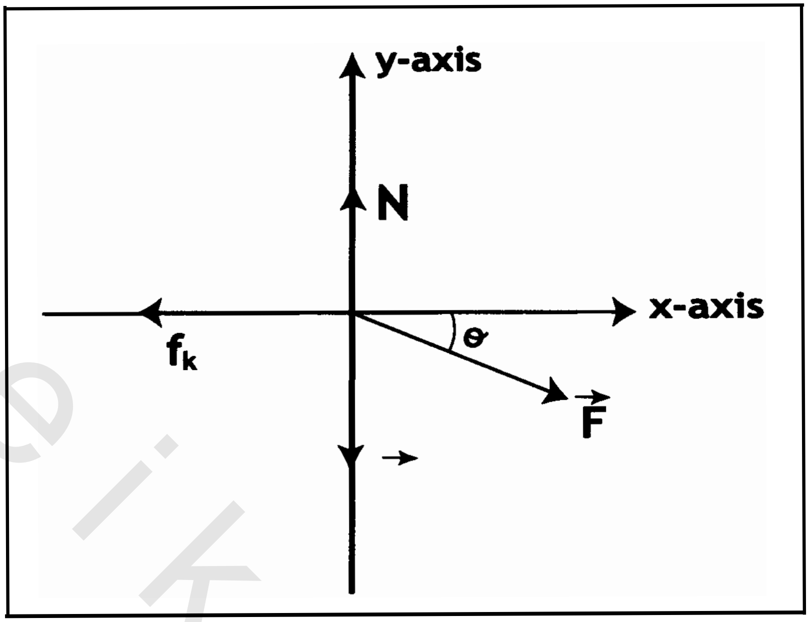
**الحل *Solution***

بالنظر إلى الشكل (3.9) نجد أن المحصلة السينية للقوى المؤثرة هي :

$$F\cos\theta - f_k = F\cos\theta - \mu_k N = 0 \qquad \ldots (1)$$

أما المحصلة القوى على المحور الصادي فهي :

$$N - F\sin\theta - mg = 0 \qquad \ldots (2)$$




شكل (3.9)، المسألة (3.24)

من المعادلة (1) نجد أن :

$$F\cos\theta = \mu_k N \quad \Rightarrow \quad N = \frac{F\cos\theta}{\mu_k} \qquad \ldots (3)$$

نعوض (3) في (2) لنجد أن :

$$\frac{F\cos\theta}{\mu_k} - F\sin\theta - mg = 0$$

$$F\left(\frac{\cos\theta}{\mu_k} - \sin\theta\right) - mg = 0$$

$$F = \frac{\mu_k\, mg}{\cos\theta - \mu_k \sin\theta} = \frac{(0.2)(27\ kg)(9.8\ m/s^2)}{\cos 32° - (0.2)\sin 32°}$$

$$= 71\ N$$

وعليه يكون الشغل :

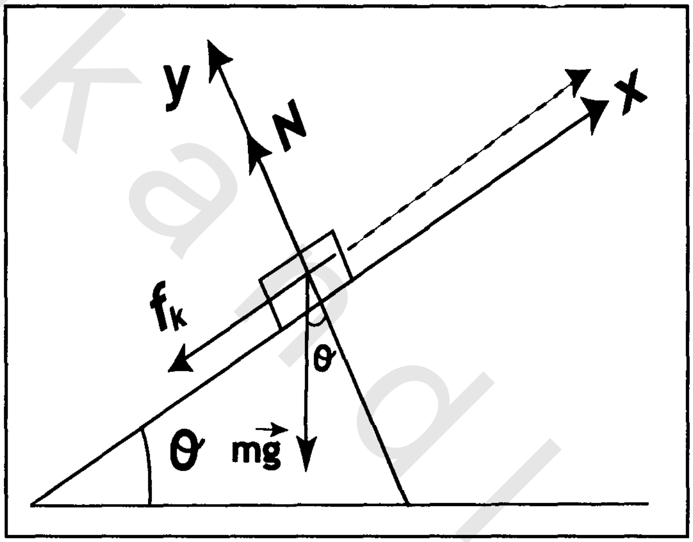
$$W = Fd = (71\ N)(9.2\ m) = 6.6 \times 10^2\ \ J$$

**مسألة (3.25) *Problem***

صندوق كتلته ($50\ kg$) دفع مسافة ($6.0\ m$) بسرعة ثابتة إلى الأعلى على مستوى يصنع زاوية ($30^o$) مع الأفق، فإذا كان معامل الاحتكاك بين الصندوق وسطح المستوى ($0.20$). احسب :

1- القوة المستخدمة لهذا الغرض.

2- وزن الصندوق هو الآخر قوة مؤثرة في هذه الحركة، ما هو الشغل المنجز بواسطة وزن الصندوق ؟ انظر الشكل (3.10).




شكل (3.10)، المسألة (3.25)

**الحل *Solution***

1- المركبات السينية لمجموع القوى المؤثرة هي :

$$F\cos\theta - f_k - mg\sin\theta = 0 \qquad \ldots(1)$$

أما المركبات الصادية لمجموع القوى المؤثرة فهي :

$$N - F\sin\theta - mg\cos\theta = 0 \qquad \ldots(2)$$

نعوض في المعادلة رقم (1) عن $(f_k = \mu_k \; N)$ ثم نجد مقدار القوة $(N)$ على النحو الآتي :

$$F\cos\theta - \mu_k \; N - mg\sin\theta = 0$$

$$N = \frac{F\cos\theta - mg\sin\theta}{\mu_k} \qquad \ldots (3)$$

نعوض الآن (3) في (2) لنجد :

$$\left(\frac{F\cos\theta - mg\sin\theta}{\mu_k}\right) - F\sin\theta - mg\cos\theta = 0$$

<u>نوّحد المقامات :</u>

$$F\cos\theta - mg\sin\theta - \mu_k \; F\sin\theta - \mu_k \; mg\cos\theta = 0$$

$$F(\cos\theta - \mu_k \sin\theta) = mg\sin\theta + \mu_k \; mg\cos\theta$$

$$= mg(\sin\theta + \mu_k \cos\theta)$$

$$F = \frac{mg(\sin\theta + \mu_k \cos\theta)}{(\cos\theta + \mu_k \sin\theta)}$$

$$W = F \; \ell \; \cos\theta$$

$$= \frac{(mg \; \ell \cos\theta)(\sin\theta + \mu_k \cos\theta)}{\cos\theta - \mu_k \sin\theta}$$

$$= \frac{(50\,kg)(9.8\,m/s^2)(6.0\,m)(\cos 30°)[\sin 30° + (0.2)\cos 30°]}{\cos 30° - (0.2)\sin 30°}$$

$$= 2.2 \times 10^3 \;\; J$$

2- الشغل المنجز بواسطة وزن الصندوق هو :

$$W_g = -mg\,\ell \sin\theta$$

$$= -(50\,kg)(9.8\,m/s^2)(6.0\,m)(\sin 30°)$$

$$= -1.5\times 10^{-3}\ \ J.$$

**مسألة (3.26) *Problem***

مركبة فضائية متحدة مع مركبة الفضاء أبولو، تبلغ كتلة المركبتين ($2.9\times 10^5\,kg$)، وتبلغ سرعتها ($11.2\ km/s$). ما هي الطاقة الحركية للمركبتين معاً ؟

**الحل *Solution***

بفرض أن كتلة المجموعة هي : $(m)$

وسرعتها هي : $(v)$

على ذلك تكون الطاقة الحركية لهما هي :

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}(2.9\times 10^5\,kg)(11.2\times 10^3\,m/s)^2$$

$$= 1.8\times 10^{13}\ \ J.$$

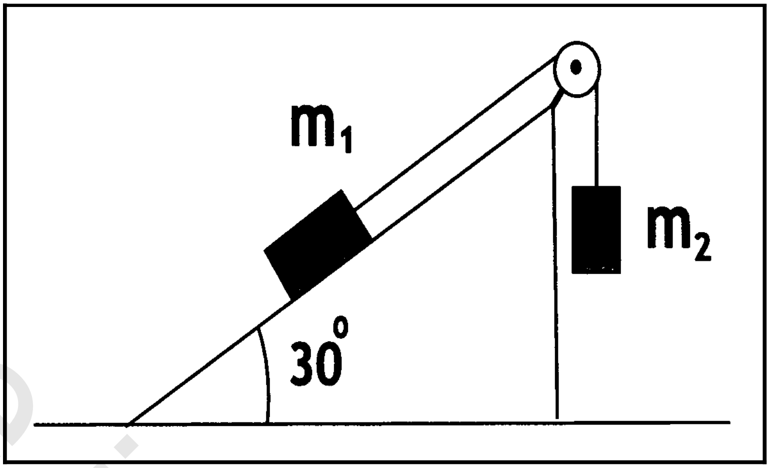
**مسألة (3.27) *Problem***

جسم كتلته ($m_1 = 3.7\ kg$) موجود على سطح عديم الاحتكاك يميل على الأفق بزاوية ($30^o$)، مربوط بجسم آخر كتلته ($m_2 = 2.3\ kg$) معلق بشكل عمودي انظر الشكل (3.11).

1- أجد تسارع كل من الكتلتين $m_1$ و $m_2$.

2- حدد اتجاه تسارع الكتلة $m_2$.

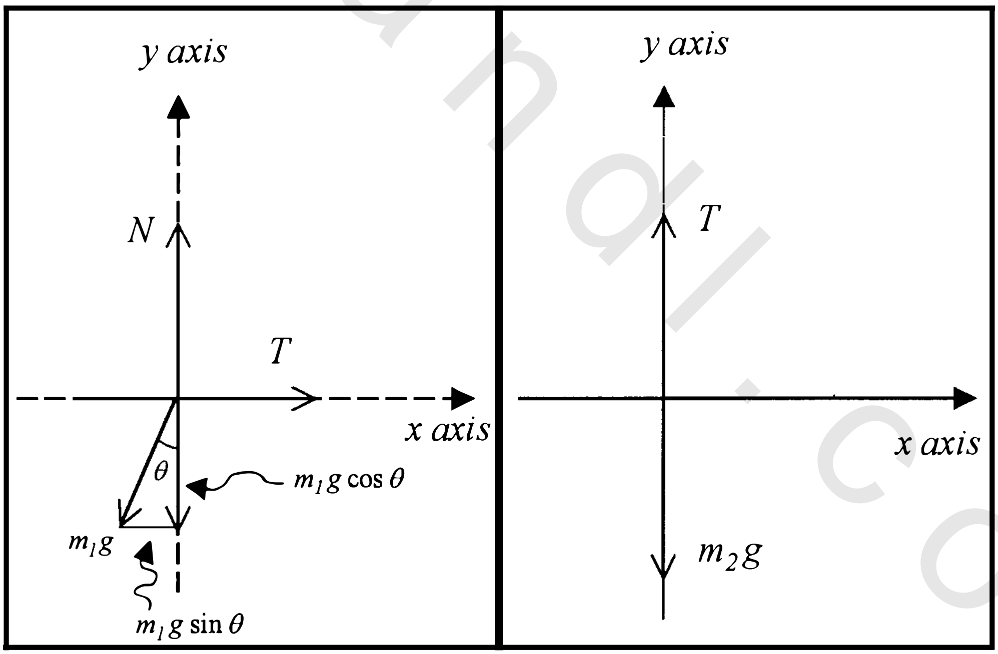
3- أوجد قيمة قوة الشد في الخيط.




شكل (3.11)، المسألة (3.27)

**الحل *Solution***

لكل من الكتلتين $(m_1)$ و $(m_2)$ ولتبسيط المسألة تأمل الشكل (3.12) :




التخطيط المنفصل للكتلة $(m_1)$      التخطيط المنفصل للكتلة $(m_2)$

شكل (3.12)، المسألة (3.27)

1- من خلال تأملنا للتخطيط المنفصل للكتلة $(m_1)$ نجد أن :

$$T - m_1 g \sin\theta = m_1 a \qquad \ldots (1)$$

وذلك بتطبيق قانون نيوتن الثاني والذي مفاده أن محصلة القوى المؤثرة على خط واحد $(x\text{-}axis)$ تساوي حاصل ضرب الكتلة بالتسارع $(a)$. أما مجموع مركبات القوى على المحور $(y)$ فهي :

$$N - m_1 g \cos\theta = 0 \qquad \ldots (2)$$

حيث $(N)$ هي القوة العمودية لرد الفعل الناتج عن السطح المائل.

ومن خلال تأملنا للتخطيط المنفصل للكتلة $(m_2)$ نجد أن :

$$m_2 g - T = m_2 a \qquad \ldots (3)$$

حيث $(a)$ هو التسارع المشترك للكتلتين وقوة الشد في $(T)$ أيضاً هي القوة المشتركة بين الكتلتين.

من المعادلة رقم (1) نجد أن :

$$T = m_1 a + m_1 g \sin\theta \qquad \ldots (4)$$

بتعويض المعادلة (4) في المعادلة (3) نجد أن :

$$m_2 g - m_1 a - m_1 g \sin\theta = m_2 a$$

$$m_2 g - m_1 g \sin\theta = m_1 a + m_2 a = (m_1 + m_2) a$$

$$a = \frac{m_2 g - m_1 g \sin\theta}{(m_1 + m_2)}$$

$$= \frac{(2.3\,kg)(9.8\,m/s^2) - (3.7\,kg)(9.8\,m/s^2)(\sin 30°)}{(2.3\,kg + 3.7\,kg)}$$

$$= \frac{4.4}{6} = 0.733\,m/s^2$$

2- من الواضح أن تسارع الكتلتين موجب المقدار وهذا ما يؤكد أن الكتلة ($m_1$) تتجه إلى الأعلى، أما الكتلة ($m_2$) فتتجه إلى الأسفل.

3- أما قوة الشد في الخيط فيمكن إيجادها من المعادلة رقم (4):

$$T = m_1 a + m_1 g \sin\theta$$

$$= (3.7\,kg)(0.733\,m/s^2) + (3.7\,kg)(9.8\,m/s^2)\sin 30°$$

$$= 20.84\,N\,.$$