A. Z. ALZAHRANI

الفصل الخامس: القوة و الحركة Force and Motion I 1

تعلمنا في الفصل الثاني والرابع كيف أن الجسم يتحرك سواءً في خط مستقيم أو مستوى (بعدين) أو حتى في فضاء (ثلاثة أبعاد) ولكن لم نعلم سبباً لهذه الحركة. من خلال هذا الفصل سأتطرق إلى القوى والتي تعتبر العامل الرئيسي للحركة. هنالك عدة أنواع للقوى الطبيعية، ولكن مايهمنا في هذه المرحلة هي القوى الميكانيكية أو النيوتونية، نسبة إلى العالم اسحاق نيوتن Isaac Newton

لن أتطرق للحديث عن تاريخ هذا النوع من القوى، ولكن مايهمنا هو أن نعرف تطبيقاتها من خلال القوانين الثلاثة الرئيسية التي تصف حركة أي جسم متحرك. وقد صنفت هذه القوى في ثلاث مجاميع (تسمى قوانين نيوتن الثلاثة) وهي:

قانون نيوتن الأول

أن الجسم يبقى على حالته (من سكون أو حركة بسرعة ثابتة) مالم تؤثر عليه قوة خارجية، أي أن محصلة القوى عليه تساوي صفر

$$\sum F = 0$$

قانون نيوتن الثاني

عندما يتحرك جسم تحت تأثير قوة خارجية (أو مجموعة قوى)، فإن مقدار التسارع الذي يكتسبه الجسم يتناسب طردياً مع قيمة هذه القوة (محصلة القوى) ويكون له نفس اتجاه القوة (محصلة القوى)

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

قانون نيوتن الثالث

عندما يؤثر جسم ما بقوة على جسم آخر، فإن الأخير سيبذل قوة مساوية للأول في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه. بكلام آخر: لكل قوة فعل، قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة في الاتجاه

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

A. Z. ALZAHRANI

EXAMPLES

(1)

A car, its mass is 1200 kg, moves with constant velocity of magnitude 25 m/s. What is the net force acting on the car.

SOLUTION

من السؤال نجد أن السيارة تتحرك بسرعة ثابتة، وهذا يعني بالمقابل أن التسارع يساوي صفر، وبالتالي فإن القوة المؤثرة على السيارة تساوي الصفر أيضا

(2)

A car, its mass is 1200 kg, starts its motion from rest . If it covers 50 m in 5 s, calculate the net force acting on the car.

SOLUTION

من قانون نيوتن الثاني، نجد أن

$$\sum F = ma$$

وبما انها قوة واحدة فقط، فإننا نستطيع كتابتها كالتالي

$$F = ma$$

ولكي نتمكن من حساب القوة، لابد من حساب التسارع المكتسب في البداية...من قوانين الحركة في خط مستقيم (الفصل الثاني)، نعلم أن

$$x = v_0 t + 0.5at^2$$

ولكن السيارة بدأت حركتها من السكون، وبالتالي سرعتها الابتدائية تساوي صفر

$$x = 0.5at^2$$

ومنها نجد ان

$$a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \times 50}{5^2} = 4m/s^2$$

وعليه فإن القوة التي تؤثر على السيارة تساوي

$$F = ma = 1200 \times 4 = 4800N$$

(3)

A constant force of magnitude of 50 N is applied to move a 10-kg stationary box over a frictionless floor. Calculate (i) the speed of the box 3 s later, and (ii) the normal force on the body

SOLUTION

(i)

من قوانين الحركة في خط مستقيم، نعلم أن

$$v = v_0 + at$$

ولكن الصندوق بدأ حركته من السكون، وبالتالي سرعته الابتدائية تساوي صفر، ومنها

$$v = at$$

إذاً لابد أولا من ايجاد قيمة التسارع لكي نتمكن من حساب سرعة الصندوق في أي لحظة. من قانون نيوتن الثاني

$$F = ma \quad \rightarrow \quad a = \frac{F}{m} = \frac{50}{10} = 5m/s^2$$

وبالتالي فإن سرعة الصندوق بعد ثلاث ثوان تساوي

$$v = 5 \times 3 = 15m/s$$

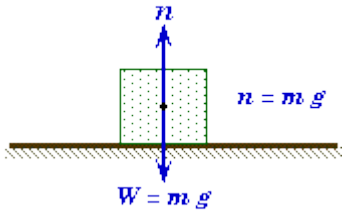
(ii)

لحساب القوة العمودية (قوة رد الفعل) نبحث عن القوى التي تؤثر على الجسم في المحور الصادي ونطبق عليها القانون الثاني

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

وبما أن الجسم لايتحرك على المحور الصادي، فإن التسارع يساوي صفر على هذا المحور وبالتالي محصلة القوى تساوي صفر

$$\sum F_y = 0$$



من الشكل نجد أن الجسم يؤثر بوزنه على السطح للأسفل وبالتالي فإن السطح سيؤثر بقوة رد الفعل (القوة العمودية) للأعلى

$$\sum F_y = 0 \quad \rightarrow \quad N - W = 0 \quad \rightarrow \quad N = W = mg = 10 \times 9.8 = 98N$$

(4)

Two forces $\vec{F}_1 = 10\hat{i}\,(N)$ and $\vec{F}_2 = 24\,\hat{j}\,(N)$ are applied to move a 2-kg box. Find the magnitude and direction of the acceleration.

SOLUTION

من قانون نيوتن الثاني، نجد أن

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

ولكن محصلة القوى المؤثرة على الجسم تكون

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 10\hat{i} + 24\hat{j}$$

وبالتالي سيكون التسارع كالآتي

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = \frac{10\hat{i} + 24\hat{j}}{2} = 5\hat{i} + 12\hat{j}\,(m/s^2)$$

ولتحديد قيمة التسارع نستخدم العلاقة

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{5^2 + 12^2} = 13\,m/s^2$$

ونعلم أن الزاوية التي يصنعها متجه التسارع مع محور السينات تعطى بالعلاقة

$$\theta = \cos^{-1}\left[\frac{a_x}{|\vec{a}|}\right] = \cos^{-1}\left[\frac{5}{13}\right] = 67.4^0$$

(5)

Two forces act upon a 5.0 kg box. One of the forces is $\vec{F}_1 = \left(6.0\hat{\mathrm{i}} + 8.0\hat{\mathrm{j}}\right)\mathrm{N}$. If the box moves at a constant velocity of $\left(1.6\hat{\mathrm{i}} + 1.2\hat{\mathrm{j}}\right)\mathrm{m/s}$, what is the the second force?

SOLUTION

من السؤال نجد أن السيارة تتحرك بسرعة ثابتة، وهذا يعني بالمقابل أن التسارع يساوي صفر، وبالتالي فإن محصلة القوى المؤثرة على السيارة تساوي الصفر

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

أي أن

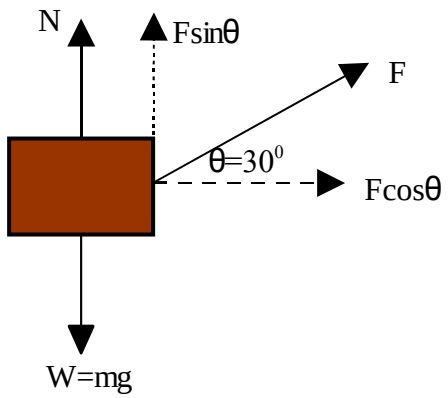
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \quad \rightarrow \quad \vec{F}_2 = -\vec{F}_1 = \left(-6\hat{i} - 8\hat{j}\right)N$$

A. Z. ALZAHRANI

(6)

A constant force of magnitude of 20 N is applied, at angle of 30 with the horizontal, to move a body of mass 4 kg on a frictionless table. Find the acceleration and the normal force on the body.

SOLUTION



لابد من تحليل القوة إلى مركباتها السينية والصادية مع العلم أن الجسم يتحرك على المحور السيني

أولاً: بالنسبة للمحور السيني نجد

$$\sum F_x = ma$$

$$F\cos\theta = ma$$

ومنها نجد ان

$$a = \frac{F\cos\theta}{m} = \frac{20\cos 30}{4} = 4.33 m/s^2$$

ثانياً: بالنسبة للمحور الصادي نجد أن التسارع يساوي صفر لعدم وجود حركة على هذا المحور وبالتالي

$$\sum F_y = 0$$

$$N + F\sin\theta - W = 0$$

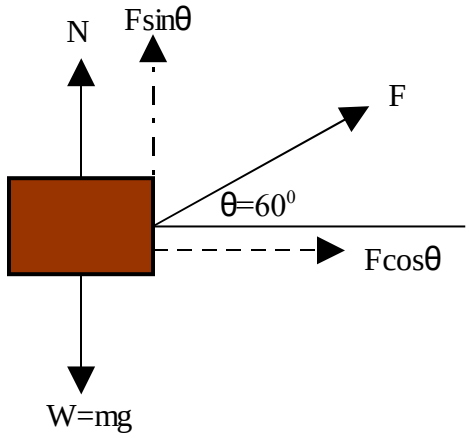
وعليه نجد أن قوة رد الفعل تساوي التالي

$$N = W - F\sin\theta = mg - F\sin\theta = 4 \times 9.8 - 20\sin 30 = 29.2N$$

(7)

A constant force F makes an angle of 60 above the horizontal, is used to pull a box of mass 2.5 kg on a frictionless surface. If the box moves with constant acceleration of 1.25 m/s^2, determine the magnitude of the force F.

SOLUTION



محصلة القوى على المحور السيني كالتالي

$$\sum F_x = ma$$

$$F\cos\theta = ma$$

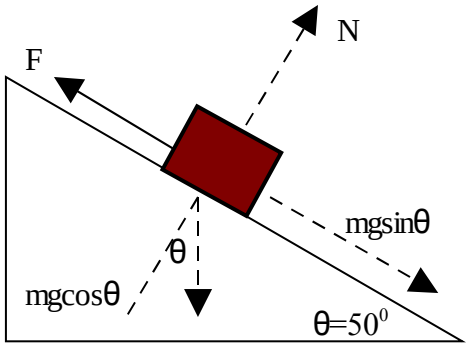
ومنها نجد ان

$$F = \frac{ma}{\cos\theta} = \frac{2.5 \times 1.25}{\cos 60} = 7.5N$$

(8)

As shown in the figure, a force of 45 N is applied to move a 4 kg box up an inclined plane. If the box starts from rest, find its speed after 2 s. Calculate the normal force, N.

SOLUTION



W=mg

أولا للتسهيل نفترض ان المستوى المائل يمثل محور السينات الموجب وبالتالي العمودي عليه يمثل المحور الصادي الموجب

نلاحظ ان الوزن يصنع زاوية مع المحور الصادي تعادل زاوية ميلان المستوى وبالتالي لابد من تحليلها إلى مركبتيها السينية والصادية -كما هو واضح في الرسم

الآن نأتي للحركة على المحور السيني

$$\sum F = ma$$

نفترض ان الحركة لأعلى المستوى موجبة

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

ومنهانجد ان التسارع يساوي

$$a = \frac{F - mg\sin\theta}{m} = \frac{45 - 4\times 9.8\sin 50}{4} = 3.74\, m/s^2$$

من قوانين الحركة الخطية نعلم ان

$$v = v_0 + at$$

وحيث ان السرعة الابتدائية تساوي صفر، نجد ان

$$v = at = 3.74 \times 2 = 7.5\, m/s$$

لايجاد القوة العمودية، نبحث عن الحركة الصادية، وحيث ان الجسم لايتحرك على المحور الصادي فإن تسارعه الصادي يساوي صفر

$$\sum F = 0$$

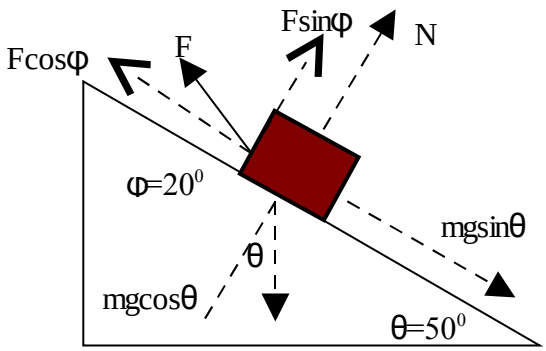
$$N - mg\cos\theta = 0$$

$$N = mg\cos\theta = 4 \times 9.8 \times \cos 50 = 25.2N$$

(9)

As shown in the figure, a force F (makes an angle of 20) is applied to move a 4 kg box up an inclined plane. If the box moves with constant velocity, find the normal force, N.

SOLUTION



لايجاد القوة العمودية، نبحث عن الحركة الصادية، وحيث ان الجسم لايتحرك على المحور الصادي فإن تسارعه الصادي يساوي صفر

$$\sum F = 0$$

$$N + F\sin\varphi - mg\cos\theta = 0$$

$$N = mg\cos\theta - F\sin\varphi$$

ويتضح انه لابد من حساب القوة F أولاً لكي نستطيع حساب القوة العمودية

الآن نأتي للحركة على المحور السيني

$$\sum F = ma$$

ولكن الجسم يتحرك بسرعة ثابتة، مما يعني أن التسارع يساوي صفر وبالتالي فإن محصلة القوى تساوي صفر

$$\sum F = 0$$

نفترض ان الحركة للأعلى موجبة

$$F\cos\varphi - mg\sin\theta = 0$$

ومنها نجد ان القوة F تساوي

$$F = \frac{mg\sin\theta}{\cos\varphi} = \frac{4\times 9.8\times \sin 50}{\cos 20} = 32N$$

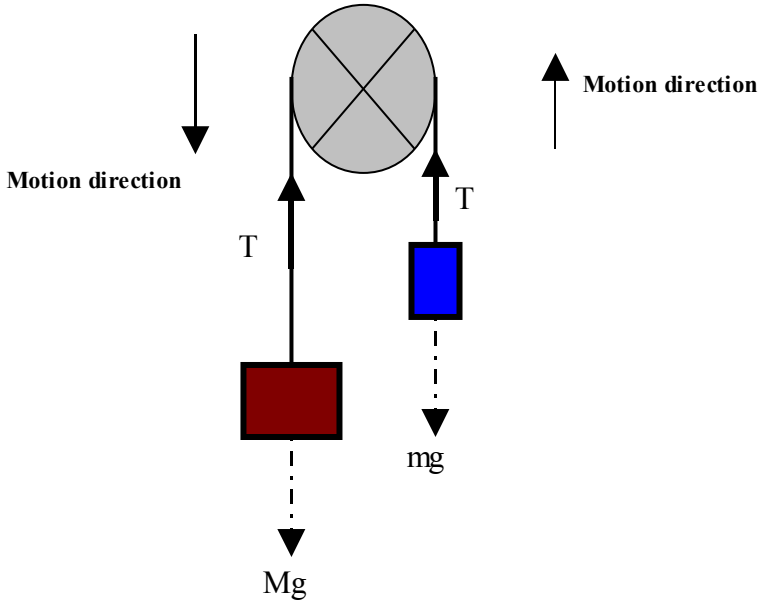
الآن نعوض عن قيمة F في المعادلة السابقة، نجد ان القوة العمودية تساوي

$$N = mg\cos\theta - F\sin\varphi = 4\times 9.8\times \cos 50 - 32\times \sin 20 = 14.3N$$

(10)

As shown in the figure, if M=5 kg and m=2 kg, find the tension in the cord.

SOLUTION



لابد ان تعلم ان الشد يكون دائماً باتجاه البكرة (للأعلى) والحركة تفترصها من عندك أو تحكم العقل والذي يقول ان الحركة تتبع الجسم الأثقل

نأتي للجسم الأول m

$$\sum F = ma$$

الحركة للأعلى والوزن للأسفل وبالتالي

$$T - mg = ma \qquad (1)$$

نأتي للجسم الثاني M

$$\sum F = Ma$$

الحركة والوزن للأسفل وبالتالي

$$Mg - T = Ma \qquad (2)$$

الان بجمع المعادلتين السابقتين، نجد أن

$$Mg - mg = Ma + ma$$

أو

$$(M - m)g = (M + m)a$$

ومنها نجد ان التسارع يساوي

$$a = \left(\frac{M - m}{M + m}\right)g = \left(\frac{5 - 2}{5 + 2}\right) \times 9.8 = 4.2\, m/s^2$$

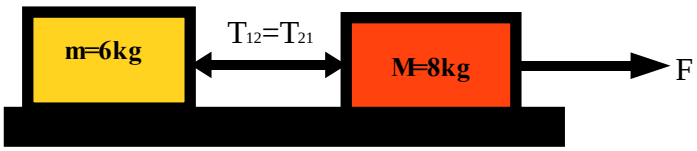
وبالتعويض عن قيمة التسارع في واحدة من المعادلتين السابقتين، نجد ان الشد يساوي

$$T - mg = ma \quad \rightarrow \quad T = m(g + a) = 2 \times (9.8 + 4.2) = 28N$$

(11)

Two masses (6 kg and 8 kg) are connected by a rope. A force of magnitude 28 N is applied to pull the larger mass. If they both move with constant acceleration, find the tension in the rope.

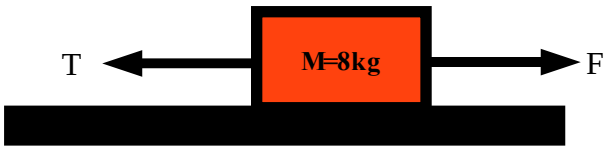
SOLUTION



قبل البدء في الحل، أود التذكير بأنه تبعاً لقانون نيوتن الثالث، فإن القوة التي يبذلها الجسم الأول على الثاني هي نفسها التي يبذلها الثاني على الأول وبالتالي

$$T_{12} = T_{21} = T$$

نأتي للجسم الاول M



$$\sum F = Ma$$

$$F - T = Ma \qquad (1)$$

نأتي للجسم الثاني m

$$\sum F = ma$$

$$T = ma \qquad (2)$$

بالتعويض من 2 في 1، نجد ان

$$F - ma = Ma$$

ومنها

$$F = (M + m)a \quad \rightarrow \quad a = \frac{F}{(M + m)} = \frac{28}{6 + 8} = 2\,m/s^2$$

نعوض الان عن قيمة التسارع في واحدة من المعادلتين لكي نوجد قيمة الشد، ولتكن معادلة 2

$$T = ma = 6 \times 2 = 12\,N$$