محاضرات

مادة

الفيزياء العامة

General Physics

المحتويات

	الموضوع	رقم الصفحة
	الفصل الثالث : القوة وقوانين نيوتن للحركة	
	3-1القوة (Force)	1
	3-2 قوانين نيوتن للحركة (Newton's laws of motion)	4-2
	3-2-1قانون نيوتن الاول (التوازن) (Equilibrium newton's first law)	2
	3-2-2قانون نيوتن الثاني (Newton's second law)	4-2
	3-2-3 قانون نيوتن الثالث (Newton's third law)	4
	امثلة محلول	7-4
	3-3 قوة الاحتكاك (Friction force)	8
	3-4 انواع الاحتكاك (Types of friction)	10-8
	3-4-1 الاحتكاك السكوني (Static friction)	9-8
	3-4-2 الاحتكاك الحركي (Kinetic friction)	10-9
	اسئلة محلولة وواجبات	14-11

الفصل الثالث

القوة وقوانين نيوتن للحركة

Force and Newton's Law of Motion

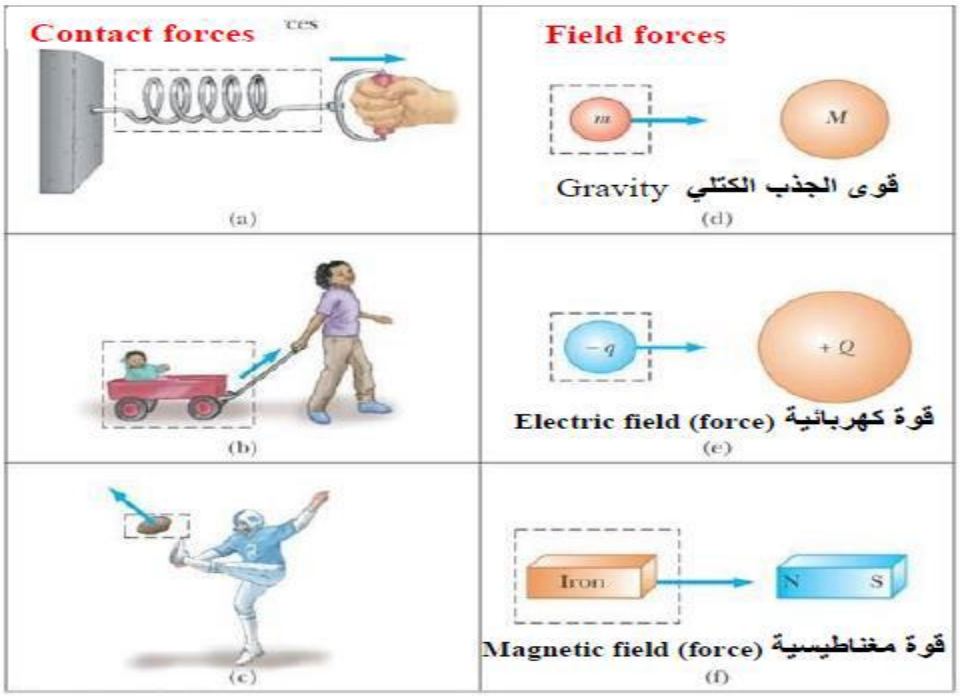
الفصل الثالث: القوة وقوانين نيوتن للحركة
Force and Newton' s Law of Motion

3-1القوة (Force)

نتعامل في حياتنا اليومية مع العديد من انواع القوى المختلفة التي قد تؤثر على الاجسام المتحركة فتغير من سرعتها مثل شخص يدفع عربة او يسحبها او ان تؤثر القوة على الاجسام الساكنة لتبقيها ساكنة مثل الكتاب على الطاولة او الصور المعلقة على الحائط . ويكون **تأثير القوة مباشر** Contact Force مثل سحب نابض حلزوني او دفع صندوق ويمكن ان يكون **تأثير القوة عن بعد** Action-at-a distance مثل تنافر او تجاذب قطبي مغناطيس. **تعرف القوة بصورة عامة هي فعل يوثر به جسم على اخر فيغير او يحاول ان يغير حالته الحركية او شكله وهي كمية متجهة. وتقاس بوحدات نيوتن Newton او الداين dyne.**

. Newton=10^5 dyne , dyne=g(cm/s^2) ,Newton=kg(m/s^2)

يوجد العديد من انواع القوة الموجودة في الطبيعة وهي اما ان تكون **ميكانيكية او جاذبية او كهربائية او مغناطيسية او نووية** كما هو واضح في الشكل(3-1) .



شكل(3-1) انواع مختلفة من القوى

2-3 قوانين نيوتن للحركة (Newton's laws of motion)

لقد تعاملنا في الفصل السابق مع حركة الاجسام وتم توضيح تلك الحركة من خلال مفاهيم الازاحة والسرعة والتعجيل وتم التوصيل الى العلاقات والقوانين التي تربط بين تلك المفاهيم , ولكننا لم نتطرق الى ما يسبب الحركة فنحن نعلم ان اي جسم ساكن لا يمكن ان يتحرك ذاتيا اذا لم تؤثر عليه قوة خارجية .ومن النادر وربما من المستحيل ان نعثر على جسم معزول لا تؤثر عليه قوة من القوى ,فكل جسم في الطبيعة تؤثر عليه قوة واحدة او اكثر ولكن مع ذلك ليس كل الاجسام في حالة حركة , اذن حالات السكون والحركة موجودة دائما مع وجود القوى ولكن متى يكون الجسم ساكنا ومتى يكون متحركا وكيف تتغير حركته ؟هذا ما ستجيب عليه قوانين نيوتن الثلاثة.

وضع نيوتن ثلاثة قوانين اساسية للحركة وسنقتصر على الحركة الانتقالية فقط هي:

1-2-3 قانون نيوتن الاول (التوازن) (Equilibrium newton's first law)

ينص القانون على انه : يبقى الجسم الساكن على سكونه والمتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم على حركته مالم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته . بعبارة اخرى **ينص قانون نيوتن الاول على انه: يبقى الجسم محافظا على حالته من السكون او الحركة المنتظمة بسرعة ثابتة على خط مستقيم ما لم تؤثر علية قوة خارجية.** يعرف الجسم الساكن بانه في حالة اتزان عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي صفرا.

اي ان شرط التوازن هو "محصلة القوى المؤثرة على الجسم الساكن او المتحرك بسرعة ثابتة تساوي صفرا". الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الاول كما في المعادلة التالية :

$$\sum \vec{F} = 0 \qquad \textbf{(3-1)}$$

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad , \quad \sum \vec{F}_y = 0$$

2-2-3قانون نيوتن الثاني (Newton's second law)

اذا اثرنا بقوة F على جسم ما فإنها تحدث او تحاول ان تحدث تغييرا في حالة الجسم عن حالة سكونه او حركته الخطية بسرعة منتظمة. وعندما تتغير حالة الجسم تحدث تعجيل (a) يكون اتجاهه في نفس اتجاه القوة المؤثرة. اذن **ينص قانون نيوتن الثاني** على انه **"اذا اثرت قوة على جسم ما فأنها تكسبه تعجيلا يتناسب طرديا مع القوة المسلطة على الجسم وعكسيا مع كتلة الجسم"** .أي ان محصلة القوى لا تساوي صفر. الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني هي كما يلي:

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

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

واذا اثرت على الجسم قوتان او اكثر فأن محصلة القوى هي كما يلي:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \qquad \textbf{(3-2)}$$

ملاحظة : التعجيل (a) يساوي صفر في حالة السكون وفي حالة الحركة بسرعة ثابتة.

بعض انواع القوى الاخرى

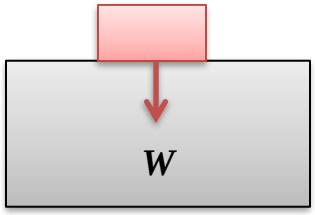
1- الوزن (Weight)

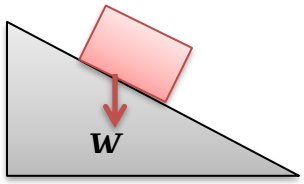
الوزن: هو مقدار قوة جذب الارض للجسم وهو كمية فيزيائية لها وحدة القوة (N) في النظام الدولي .فاذا كانت كتلة الجسم هي m وتعجيل الجاذبية الارضية هي g فان وزن الجسم w يعطى حسب العلاقة التالية :

$$w = mg \qquad \textbf{(3-3)}$$

حيث ان: $(g = 9.8\ m/s^2)$

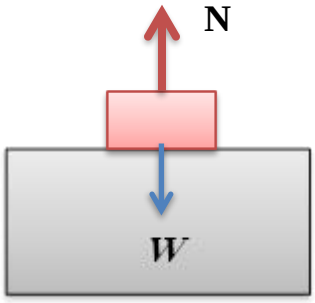
أي جسم قريب من سطح الارض يتأثر بقوة جذب الارض له ويكون اتجاهها نحو الارض دائما

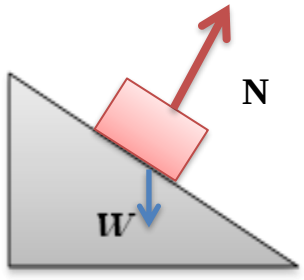




2- القوة العمودية (Normal force)

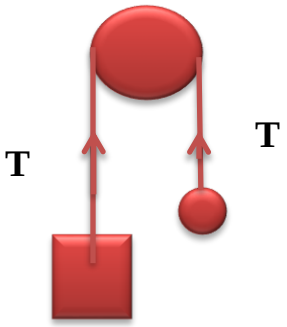
عند وضع أي جسم على سطح ما , فأن ذلك سوف يدفع الجسم بقوة تسمى **القوة العمودية** ويرمزلها بالرمز N .





2- قوة الشد (Tension)

عند سحب جسم بواسطة حبل فان القوة المؤثرة على الجسم من خلال الحبل تدعى **قوة الشد** Tension. او هي **قوة تعمل بين جسمين بحيث تشد احدهما الاخر بواسطة حبل او خيط ويرمز لها بالرمز T ووحدتها النيوتن N.**



3-2-3 قانون نيوتن الثالث (Newton's third law)

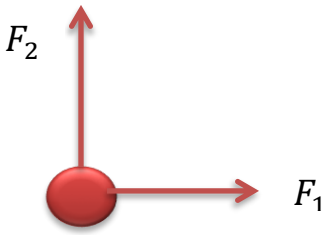
ينص قانون نيوتن الثالث على انه:

اذا اثر جسم بقوة ما على جسم اخر فان هذا الجسم الثاني يؤثر بقوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه للقوة الاولى .اي ان لكل قوة فعل قوة رد فعل تساويها في المقدار وتعاكسها في الاتجاه .

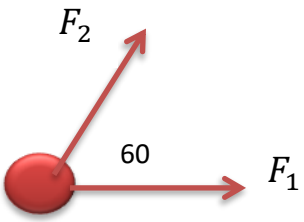
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \qquad (3\text{-}4)$$

مثال(1)

قوتان F_1 و F_2 تؤثران على جسم كتلته 5 kg, فاذا كانت F_1=20 N و F_2 = 15N . احسب التعجيل الذي سيتحرك به الجسم نتيجة للقوتين المؤثرتين عليه في الشكلين (a) , (b).



(a)



(b)

الحل: بالنسبة للشكل (a) نطبق قانون نيوتن الثاني

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

$$\sum \vec{F} = F_1 + F_2 = m\vec{a}$$

$$= 20\hat{\imath} + 15\hat{\jmath} = 5\vec{a}$$

$$\vec{a} = (4\hat{\imath} + 3\hat{\jmath})m/s^2 \qquad \text{or } a=5\ m/s^2$$

بالنسبة للشكل (b) **نطبق قانون نيوتن الثاني**

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

$$\sum F = F_1 + F_2 = m\vec{a}$$

$$F_{2x} = 15\cos 60 = 7.5N$$

$$F_{2y} = 15\sin 60 = 13\ N$$

$F_2 = (7.5\hat{\imath} + 13\hat{\jmath})$, $F_1 = 20\hat{\imath}$

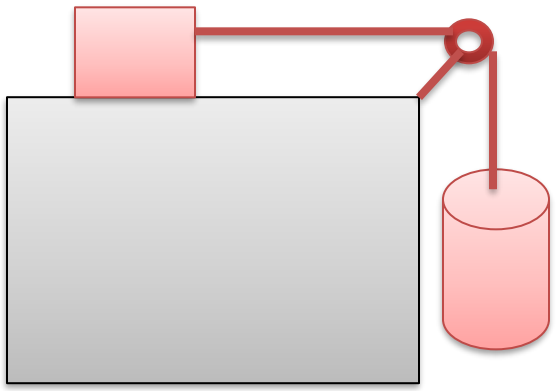
$$\sum F = F_1 + F_2 = (20\hat{\imath} + 7.5\hat{\imath} + 13\hat{\jmath}) = (27.5\hat{\imath} + 13\hat{\jmath}) = ma = 5\vec{a}$$

$$\vec{a} = (5.5\hat{\imath} + 2.6\hat{\jmath})m/s^2 \qquad \text{or } a=6.08\ m/s^2$$

مثال(2)

في الشكل المقابل اذا كان السطح املس(عديم الاحتكاك) احسب: 1- تعجيل المجموعة , 2- قوة الشد في الحبل , 3- القوة العمودية على الصندوق

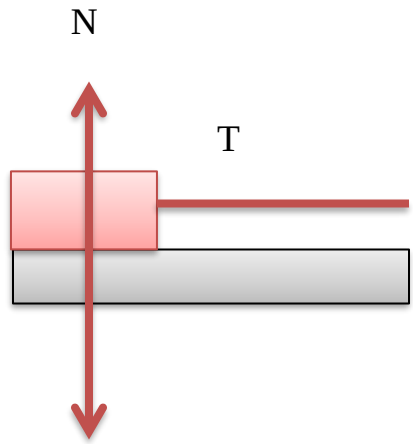
10 kg

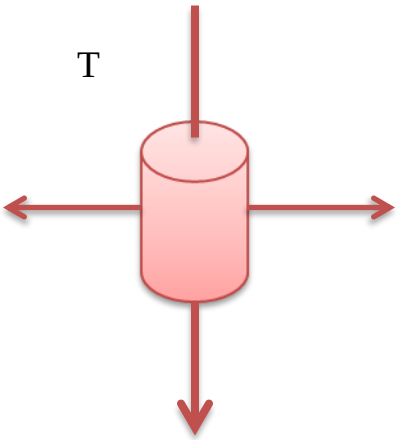


12 kg

الحل:

نفرض اتجاه الحركة الى الاسفل, ثم نقوم بعزل الجسمين عن بعضهما.





1- من الشكل الاسطواني وبتطبيق قانون نيوتن الثاني نحصل على:

$$\sum F_1 = m\vec{a}$$

$$F_1 = W - T = ma$$

$$12\times 9.8 - T = 12a$$

$$117.6 - T = 12a \quad \textbf{.....(1)}$$

2- بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الصندوق نحصل على:

$$\sum F_2 = m\vec{a}$$

$$T = ma$$

نلاحظ انه نأخذ القوى التي تسبب حركة الجسم فقط ولم نأخذ وزن الجسم لأنه لا يؤثر

$$T = 10a \quad \textbf{.....(2)}$$

نعوض قوة الشد من المعادلة(2) في المعادلة (1) نحصل على:

$117.6 - 10a = 12a$

$117.6 = 22a$

$a = 117.6/22$

$a = 5.35\ m/s^2$**.....(3)**

2- حساب قوة الشد في الحبل:

نعوض معادلة (3) في (2) نحصل على:

$\rightarrow T = 53.5N \quad T = 10 \times 5.35$

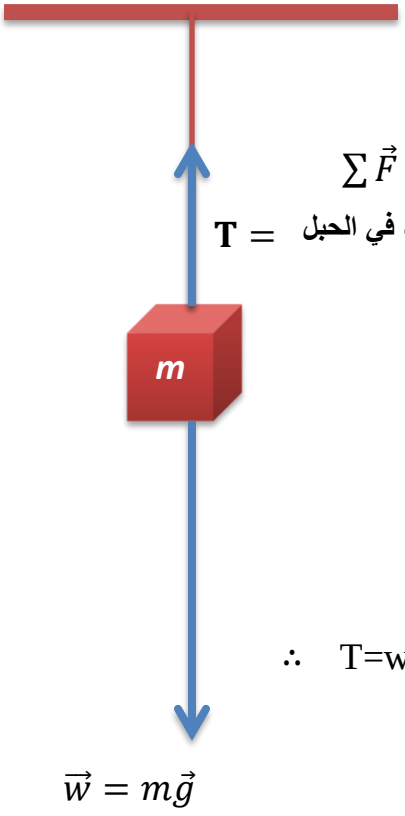
3- لحساب القوة العمودية:

$N = mg$

$N = 10 \times 9.8 = 98\ N$

مثال(3)

اذا علقنا صندوق كتلته 5kg بحبل كما يوضح الشكل ادناه, اوجد الشد في الحبل ؟



الحل:

نطبق شرط الاتزان (قانون نيوتن الاول) $\sum \vec{F} = 0$

1- نطبق شرط الاتزان على المحور x **الشد في الحبل** $= T$

لأنه لا توجد قوى على المحور x , $\sum \vec{F}_x = 0$

2- نطبق شرط الاتزان على المحور y

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

محصلة القوى على المحور y هي :

$\vec{F}_y$=T-W=0

$\therefore$ T=w=mg $\rightarrow$T=5×9.8=49N

3-3 قوة الاحتكاك (Friction force)

تعرف قوة الاحتكاك على انها القوة التي تقاوم تحرك سطح على سطح اخر بمعنى أنها القوة الموجودة بين السطحين المتلاصقين عند تحركهما باتجاهين متعاكسين وذلك عندما تقوم قوة ضاغطة بالضغط على الجسمين مثل وزن أحدهما وينتج عن تحرك الجسمين واحتكاكهما كمية من الحرارة. وهذا الاحتكاك لا يقتصر على المواد الصلبة، بل يحدثُ بين المواد السائلة، والغازية، أو خليط منهما ويعبر عن قوة الاحتكاك رياضيا بالمعادلة :

$$F = \mu N \qquad (3\text{-}5)$$

حيث ان **F** هي القوة المؤثرة على الجسم , μ معامل الاحتكاك , **N** القوة العمودية. تكون قوة الاحتكاك دائما في الاتجاه المعاكس لحركة الجسم، فإذا تحرك الجسم إلى اليمين فتكون قوة الاحتكاكِ باتجاه اليسار، وإذا تحرك الجسم إلى اليسار تكون قوة الاحتكاك باتجاه اليمين، والسبب وراء وجود هذه القوة هو وجود بعض النتوءات والفجوات بين الأجسام والأسطح.

العلاقة بين خشونة الأجسامِ وقوة الاحتكاك علاقة طردية, فكلما زادت خشونة السطحين زادت قوى الاحتكاك، بينما تقل هذه القوى بين الأجسام الملساء.

4-3 انواع الاحتكاك (Types of friction)

الاحتكاك نوعان : الاحتكاك السكوني والاحتكاك الحركي

1-4-3 الاحتكاك السكوني (Static friction)

يكون الاحتكاك الساكن بين جسمين غير متحركين نسبة إلى بعضهما البعض، وبالتالي فمعامل الاحتكاك الساكن يرمز له بالرمز(μ_s), وتكون القوة الأولية اللازمة لتحريك الجسم أكبر من قوة الاحتكاك الساكن بشيء بسيط. عندما تؤثر قوى في جسم ولم تستطيع تحريكه فلابد من وجود قوة احتكاك تمنع الجسم من الحركة وحيث ان الجسم لا يزال في حالة سكون فإننا نسمي قوة الاحتكاك في هذه الحالة بقوة الاحتكاك السكوني , حيث يزداد مقدارها بزيادة القوة المؤثرة في الجسم حتى يصل مقدارها الاعظم حينما يوشك الجسم على الحركة ويمكن تعريف **قوة الاحتكاك السكوني على انها اصغر قوة لازمة لبدء الحركة وتعتمد قوة الاحتكاك السكوني على طبيعة السطحين ومقدار القوة العمودية وتعطى بالمعادلة التالية:**

$$f_s = \mu_s N \qquad (3\text{-}6)$$

حيث ان: N القوة العمودية , f_s قوة الاحتكاك السكوني, μ_s معامل الاحتكاك السكوني

2-4-3 الاحتكاك الحركي(Kinetic friction)

يتكون الاحتكاك الحركي عند تحرك جسمين نسبة إلى بعضهما البعض، وبالتالي يحتك الجسمان ببعضهما، ويكون لهما معامل احتكاك حركي يرمز له بالرمز (μ_k) ويكون معامل الاحتكاك الحركي اقل من معامل الاحتكاك الساكن. فعندما تزداد القوة المؤثرة في الجسم بحيث تتغلب على قوة الاحتكاك السكوني يبدأ الجسم بالحركة وتسمى حينها بقوة الاحتكاك الحركي . ويمكن تعريف **قوة الاحتكاك الحركي على انها اقل قوة لازمة لإبقاء الجسمين في حالة حركة بالنسبة لبعضهما البعض وتعتمد على طبيعة السطحين ومقدار القوة العمودية. وتعطى معادلة قوة الاحتكاك الحركي بالمعادلة التالية:**

$$f_k = \mu_k N \qquad (3\text{-}7)$$

حيث ان :N القوة العمودية, f_k قوة الاحتكاك الحركي , μ_k معامل الاحتكاك الحركي.

ومن الأمثلة على الاحتكاك الحركي ما يلي:

الاحتكاك الانزلاقي : وهو الاحتكاك الذي يحصل عند احتكاك جسمين صلبين، مثل: تحريك الكرسي على الأرض.

الاحتكاك المائع :أو ما يعرف باحتكاك الموائع :**وهو الاحتكاك الذي يحصل عند تحرك جسمٍ صلب في مادة سائلة أو غازية، مثل :مقاومة البحر لحركة الغواصة.**

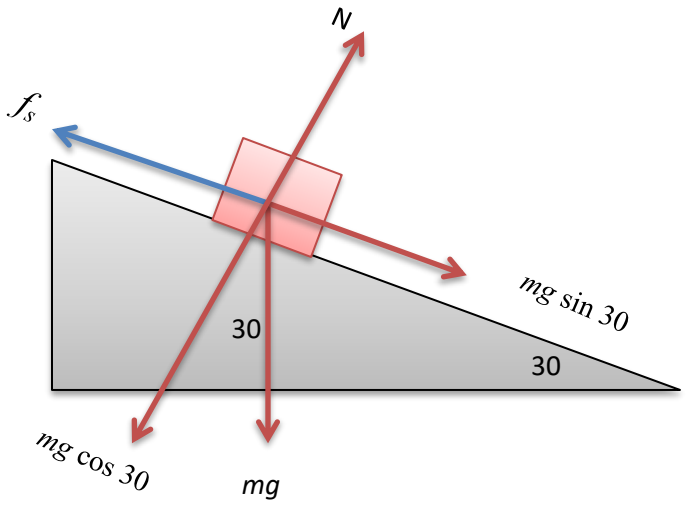
مثال(4)

وضع صندوق كتلته (400 kg) على سطح مائل خشن يميل بزاوية (30) عن الافق وكان الصندوق على وشك الانزلاق احسب:

1- قوة الاحتكاك السكوني حينما يوشك الصندوق على الحركة .

2- تعجيل الصندوق اذا كان معامل الاحتكاك الحركي يساوي0.1

الحل:



1-نطبق قانون نيوتن الثاني على حركة الجسم وكما يأتي : $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

التعجيل يساوي صفر لان الجسم ساكن(يوشك الصندوق على الحركة) $\sum \vec{F} = m\vec{a} = 0$

$$\sum F = mg\sin\theta - f_s = 0 \rightarrow f_s = mg\sin\theta$$

$$f_s = mgsin30 = 400 * 10 * 0.5 = 2000N$$

2-نطبق قانون نيوتن الثاني على حركة الجسم وكما يأتي : $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$mg \sin 30 - f_k = ma$

$mg \sin 30 - \mu_k N = ma$

$mg \sin 30 - \mu_k mg \cos 30 = ma$

$(g \sin 30 - \mu_k g \cos 30) = a$

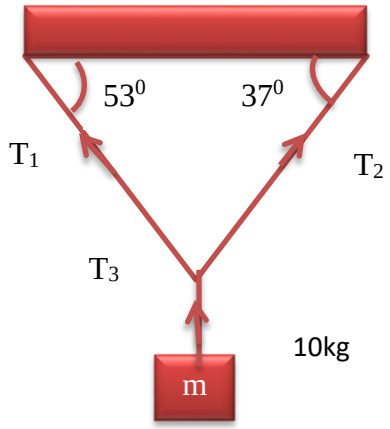
$10*0.5 - 0.1*10*\sqrt{3}/2 = a$

$a = 4.133\ m/s^2$

اسئلة محلولة

وواجبات

س1/ في الشكل المجاور اوجد مقدار قوة الشد T_1 , T_2 لكي يكون الجسم المعلق في حالة الاتزان ؟



الحل :

نطبق قانون نيوتن الأول (التوازن) وأن شرط التوازن هو أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي صفر ، أي أن :

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

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

$$T_1 \cos 53° - T_2 \cos 37° = 0 \rightarrow T_1 = \frac{\cos 37°}{\cos 53°} T_2$$

$$T_1 = \frac{0.8}{0.6} T_2 \rightarrow T_1 = 1.33 T_2 \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

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

$$T_1 \sin 53° + T_2 \sin 37° - T_3 = 0$$

$$T_1 \sin 53° + T_2 \sin 37° - mg = 0$$

$$T_1 \sin 53° + T_2 \sin 37° - (10)(9.8) = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

نعوض المعادلة (1) في المعادلة (2) لنحصل على مقدار قوة الشد T_2 ، وكما يأتي :

$$1.33 T_2 \sin 53° + T_2 \sin 37° - 98 = 0$$

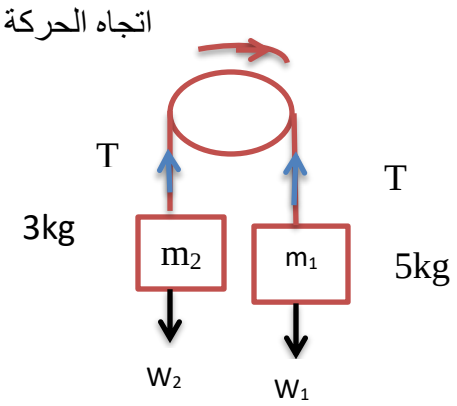
$$1.33(0.8) T_2 + (0.6) T_2 - 98 = 0 \rightarrow \therefore T_2 = \frac{98}{1.664} = 58.89 \approx 59 N$$

نعوض مقدار قوة الشد T_2=91N في المعادلة (1) لنحصل على مقدار قوة الشد T_2 :

$$T_1 = 1.33T_2 \rightarrow T_1 = (1.33)(59) \rightarrow \therefore T_1 = 78.47\ N$$

س2/ جسمان كتلة احدهما 5kg وكتلة الآخر 3kg معلقين شاقولياً بطرفي حبل خفيف يمر فوق بكرة مهملة الوزن والاحتكاك ، أوجد مقدار التعجيل في كلا الجسمين وقوة الشد في الحبل؟

الحل :



$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$
$$m_1 g - T = m_1 a$$
$$(5)(9.8) - T = 5a \rightarrow 49 - T = 5a \ldots\ldots (1)$$

نطبق قانون نيوتن الثاني على حركة الجسم الثاني:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$
$$T - m_2 g = m_2 a$$
$$T - (3)(9.8) = 3a \rightarrow T - 29 = 3a \ldots\ldots (2)$$

نجمع المعادلتين (1) و (2) كما يأتي :

$$\begin{array}{l} 49 \cancel{-} T = 5a \ldots\ldots (1) \\ \cancel{T} - 29 = 3a \ldots\ldots (2) \\ \hline 20 = 8a \rightarrow \therefore a = \frac{20}{8} = 2.5 m/sec^2 \end{array}$$

مقدار التعجيل في كلا الجسمين

نعوض مقدار التعجيل a=2.5m/sec^2 في المعادلة (2) لنحصل على مقدار قوة الشد في الحبل T :

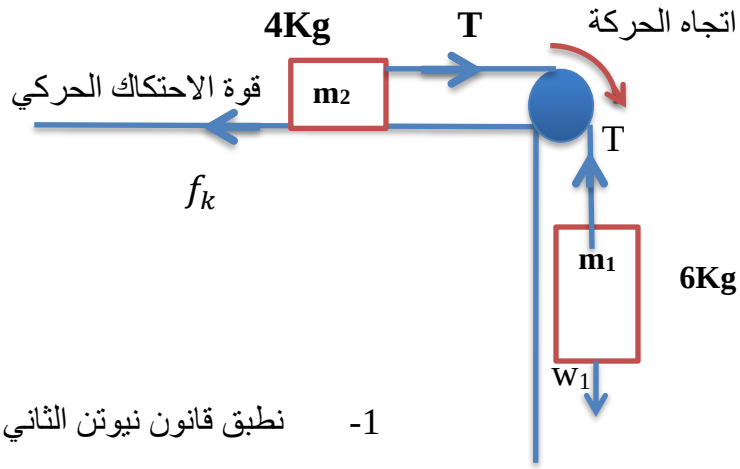
$$T - 29 = 3a \rightarrow T - 29 = 3(2.5) \rightarrow T - 29 = 7.5$$

$\therefore T = 36.5N$ مقدار قوة الشد في الحبل

س3/ جسم كتلته 4kg موضوع على سطح أفقي خشن ومربوط بطرفه حبل خفيف يمر فوق بكرة مهملة الوزن والاحتكاك ويتدلى من الطرف الآخر للحبل جسم كتلته 6kg ، فاذا كان تعجيل المجموعة يساوي $3m/sec^2$ ، أوجد :

1- قوة الاحتكاك الحركي ,2- معامل الاحتكاك الحركي ,3- قوة الشد في الحبل

الحل:



1- نطبق قانون نيوتن الثاني على حركة الجسم الاول والثاني وكما يأتي :

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

$$w_1 - T = m_1 a \rightarrow 59 - T = 6(3) \rightarrow T = 41N$$

$$T - f_k = m_2 a \rightarrow 41 - f_k = 4(3)$$

$$f_k = 41 - 12 \rightarrow \therefore f_k = 29N$$ قوة الاحتكاك الحركي

-2

$$f_k = \mu_k . N$$ قانون قوة الاحتكاك الحركي

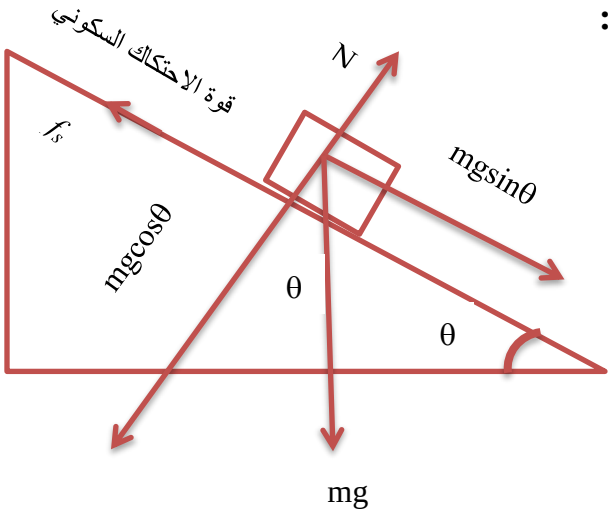
$$\mu_k = \frac{f_k}{N} = \frac{f_k}{m_2 g} \rightarrow \mu_k = \frac{30}{(4)(9.8)} = \frac{30}{39}$$

$$\therefore \mu_k = 0.76$$ معامل الاحتكاك الحركي

3- مقدار قوة الشد في الحبل تساوي T=42N كما ورد في بداية حل السؤال

س4/ وضع جسم على سطح خشن مائل بزاوية θ مع الافق ، وتزداد هذه الزاوية في الميلان حتى بلوغ الجسم الشروع بالحركة ، أوجد معامل الاحتكاك السكوني μ_s بدلالة زاوية الميل θ؟

الحل :



نطبق قانون نيوتن الثاني على حركة الجسم وكما يأتي :

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

$\sum \vec{F} = m\vec{a} = 0$ (التعجيل يساوي صفر لان الجسم ساكن(حتى بلوغ الجسم الشروع بالحركة

$$\sum F_x = mg\sin\theta - f_s = 0 \rightarrow f_s = mg\sin\theta \ldots\ldots (1)$$

$$\sum F_y = N - mg\cos\theta = 0 \rightarrow N = mg\cos\theta \ldots\ldots (2)$$

نقسم المعادلة (1) على المعادلة (2) نحصل على :

$$\frac{f_s}{N} = \frac{mg\sin\theta}{mg\cos\theta} \rightarrow \frac{f_s}{N} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\therefore \mu_s = \frac{f_s}{N} \; and \; \tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$\therefore \mu_s = \tan\theta$ معامل الاحتكاك السكوني μ_s بدلالة زاوية الميل θ

H.W1 وضع جسم كتلته 200kg على سطح خشن يميل عن الافق بزاوية قياسها 37° ، أوجد:

1- قوة الاحتكاك السكوني عندما يوشك الجسم على الحركة

2- تعجيل الجسم اذا كان معامل الاحتكاك الحركي $\mu_k = 0.1$

H.W2 ينزلق متزلج كتلته 65kg من اعلى منحدر عديم الاحتكاك يميل عن المحور الافقي بزاوية 60° . احسب تسارع (تعجيل) ذلك المتزلج .