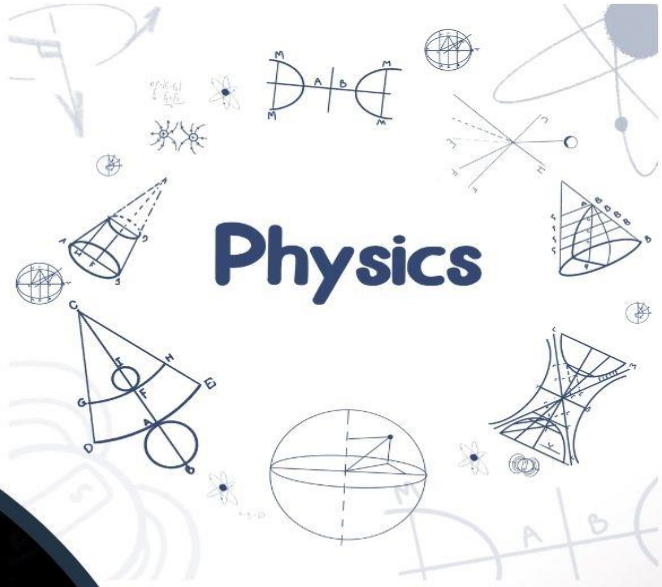
(10)

النضال في الفيزياء

الصف العاشر

الفصل الثاني



إعداد

أ. محمد الدرابيع

الدرس الأول : الوزن وقانون الجذب العام

أولا : الكتلة والوزن

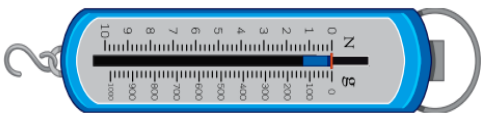
الكتلة (m)	الوزن (F_g)
الكتلة (Mass) : هي مقدار المادة الموجودة في جسم .	الوزن (Weight) : قوه جذب الأرض للجسم .
كمية قياسية رمزها (m) وتقاس بوحدة (kg) حسب النظام الدولي للوحدات.	كمية متجهة رمزها (F_g) أو (w) ويقاس بوحدة (N) حسب النظام الدولي للوحدات .
كتلة الجسم ثابتة سواء أكان الجسم ساكنا أم متحركا .	يكون اتجاه وزن أي جسم على سطح الأرض دائما رأسيًا نحو مركزها.
تبقى كتلة الجسم ثابتة عند قياسها في مواقع مختلفة على سطح الأرض، أو على أي كوكب آخر.	يعتمد وزن أي جسم عند موقع معين على سطح الأرض على : أ- كتلته. ب- بعده عن مركز الأرض.
تعد الكتلة مقياسًا للقصور الذاتي للجسم (أي مقياسًا لممانعته لأي تغيير في حالته الحركية) وتكون العلاقة بينهم طردية .	يتغير وزن الجسم من مكان إلى آخر في الفضاء. - وزن جسم على سطح القمر يساوي سدس وزنه على سطح الأرض تقريبا؛ نتيجة تغير مقدار تسارع الجاذبية.

- يعطى وزن الجسم بالعلاقة الأتية :

$$F_g = m\,g$$

حيث :
g : تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي ($9.8\ m/s^2$) ويتم تقريبه الى ($10\ m/s^2$) لتبسيط العمليات الحسابية m : كتلة الجسم .

* يستخدم الميزان النابضي لقياس الكتلة والوزن معا .



مثال (1)

- حبة تفاح كتلتها (150g) ، إحسب وزنها على سطح : $150g \rightarrow\rightarrow 0.15kg$

أ- الأرض ، حيث تسارع السقوط الحر على سطحها ($g = 10\,m/s^2$) تقريبا :

$$F_g = mg = 0.15 \times 10 = 1.5N$$

ب- القمر حيث تسارع السقوط الحر على سطحها ($g = 1.6\,m/s^2$) تقريبا :

$$F_g = mg = 0.15 \times 1.6 = 0.24N$$

ج - المريخ ، حيث ($g_M = 3.7\,m/s^2$)

$$F_{gM} = mg_M = 0.15 \times 3.7 = 0.55N$$

د- المشتري ، حيث ($g_J = 24.8\,m/s^2$)

$$F_{gJ} = mg_J = 0.15 \times 24.8 = 3.72N$$

مثال (2)

- سيارة وزنها (25 N) على سطح الأرض فكم يبلغ :

أ- وزنها على سطح المريخ علما أن ($g_M = 3.7\,m/s^2$) :

$$F_g = mg \rightarrow 25 = m \times 10 \rightarrow m = \frac{25}{10} \rightarrow m = 2.5kg$$

$$F_{gM} = mg_M = 2.5 \times 3.7 = 9.25N$$

ب - كتلتها على سطح المريخ علما أن ($g_M = 3.7\,m/s^2$) :

$$F_g = mg \rightarrow 25 = m \times 10 \rightarrow m = \frac{25}{10} \rightarrow m = 2.5kg$$

- تبقى كتلة الجسم ثابتةً عند قياسها في مواقع مختلفة على سطح الأرض، أو على أي كوكب آخر.

مثال (3)

- يبلغ وزن جسم على سطح الأرض (800 N) ، ويبلغ وزن جسم أخر على كوكب المشتري (1200 N) ، فأي منهما كتلته أقل علما أن تسارع السقوط الحر لكوكب المشتري ($g_J = 24.8\,m/s^2$) ولكوكب الأرض ($g = 10\,m/s^2$) :

- كتلة الجسم على كوكب الأرض :

$$F_g = mg \rightarrow 800 = m \times 10 \rightarrow m = \frac{800}{10} \rightarrow m = 80kg$$

- كتلتة الجسم على كوكب المشتري :

$$F_{gJ} = mg_J \rightarrow 1200 = m \times 24.8 \rightarrow m = \frac{1200}{24.3} \rightarrow m = 48.3kg$$

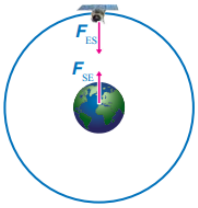
- اذن كتلتة الجسم على كوكب المشتري أقل من كتلتة الجسم على كوكب الأرض .

ثانيا — قانون الجذب العام لنيوتن

- تجذب الأرض الأجسام الأخرى في اتجاه مركزها، سواء كانت على سطحها أو على بعد منها، حيث تعد قوة الجاذبية الأرضية قوة مجال تؤثر في الأجسام عن بعد.

مجال الجاذبية الأرضية	المنطقة المحيطة بالأرض ، التي تظهر فيها آثار قوة جذب الأرض للأجسام، وتكون في اتجاه مركز الأرض دائما.

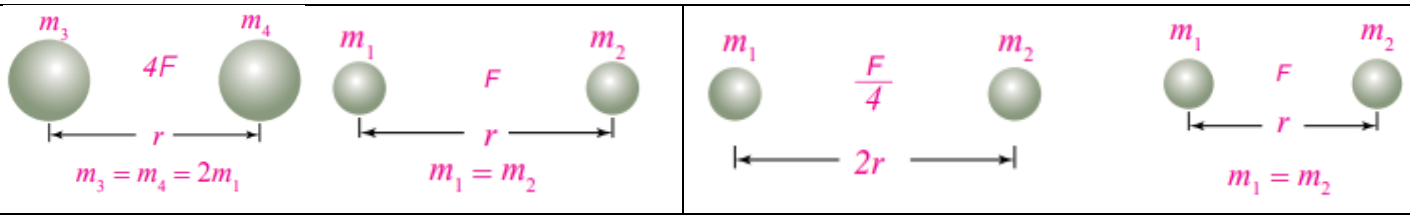
- وبحسب القانون الثالث لنيوتن فإن الأجسام الأخرى تجذب الأرض أيضا في اتجاه مراكزها بقوى مساوية لقوى جذب الأرض لها، ولكن في اتجاه معاكس.

تجذب الأرض القمر الصناعي بقوة (F_{ES}) في اتجاه مركزها ، ويجذب القمر الصناعي الأرض في اتجاه مركزه بقوة مساوية لقوة جذب الأرض له في المقدار ومعاكسة لها بالاتجاه (F_{SE}) .	

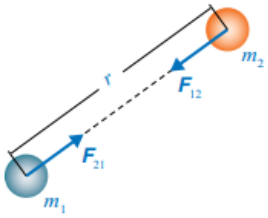
توصل نيوتن إلى أن قوة التجاذب بين أي جسمين تتناسب		
1	طرديا مع حاصل ضرب كتلتي الجسمين عند ثبات المسافة بين مركزيهما.	$F \alpha mm$
2	عكسيا مع مربع المسافة بين مركزي الجسمينِ عند ثباتِ كتلتهما.	$F \alpha \frac{1}{r^2}$

نص قانون الجذب العام (الكوني) لنيوتن

"كل جسمين في الكون يتجاذبان بقوة يتناسب مقدارها طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما، وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما ".



- يعبر عن قانون الجذب العام رياضيا كما يأتي:



$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

G : ثابت الجذب العام (الكوني) ومقداره ($6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$) .
r : المسافة بين مركزي الجسم .
F : أثر القوة في اتجاه الخط الواصل بين مركزي الجسمين المتجاذبين .

أهمية قوة التجاذب الكتلي

1- من دونها نفقد التلامس مع سطح الأرض ونطفو في الفضاء.
2- هي مسؤولة عن حركة القمر حول الأرض وعن حركة أجرام وكواكب مجموعتنا الشمسية حول الشمس.
3- من خلالها نستطيع تفسير قوة التجاذب بين أي جسمين في الكون وتفسير حركة الأقمار حول الكواكب.
4- من خلالها نستطيع تفسير ظاهرتي المد والجزر.

القوى الأربع الأساسية في الكون

1- قوة التجاذب الكتلي (وهي تعتبر أضعف القوى).
2- القوة الكهرومغناطيسية.
3- القوة النووية القوية (وهي تعتبر الأقوى).
4- القوة النووية الضعيفة.

مثال (1)

- إشتق وحدة ثابت الجذب العام (G) :

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow G = \frac{Fr^2}{m_1m_2} \rightarrow G : \frac{[N].[m^2]}{[kg^2]} : N.m^2/kg^2$$

مثال (2)

- ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي عند مضاعفة كتلة كل من الجسمين ؟

$$m_1 = 2m_1 \rightarrow m_2 = 2m_2$$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow F = \frac{G2m_12m_2}{r^2} \rightarrow F = \frac{4Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow F = 4F$$

* تتضاعف قوة التجاذب الكتلي بينهما 4 أضعاف .

- ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي عند مضاعفة المسافة بين مركزي كل من الجسمين ؟

$$r = 2r$$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow F = \frac{Gm_1m_2}{(2r)^2} \rightarrow F = \frac{Gm_1m_2}{4r^2} \rightarrow F = \frac{1}{4}F$$

* تقل قوة التجاذب الكتلي بينهما الى الربع .

مثال (3)

- إذا كانت كتلة مريم (50 Kg) ، وكتلة عائشة (60 Kg)، والبعد بينهما (50 cm) ، فأحسب مقدار:

أ- القوة التي تؤثر بها مريم في عائشة(F_{MA}) ، وأحدد اتجاهها.

$$F_{MA} = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 50 \times 60}{(0.5)^2} = \frac{2 \times 10^{-7}}{0.25} = 8 \times 10^{-7}N$$

* في اتجاه مركز مريم .

ب- القوة التي تؤثر بها عائشة في مريم (F_{AM}) وأُحدد اتجاهها.

$$F_{AM} = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 50 \times 60}{(0.5)^2} = \frac{2 \times 10^{-7}}{0.25} = 8 \times 10^{-7}N$$

* في اتجاه مركز عائشة.

مثال (4)

- في المثال السابق أجد النسبة بين قوة جذبِ الأرض لكل من مريم وعائشة، وقوة جذبهما لبعضهما. ماذا تستنتج؟

$$F_M = mg = 50 \times 10 = 500N \quad , \quad F_A = mg = 60 \times 10 = 100N$$

$$F_{MA} = 8 \times 10^{-7}N \quad , \quad F_{AM} = 8 \times 10^{-7}$$

* النسبة بين بين قوة جذب عائشة ومريم لبعضهما البعض تساوي واحد على عكس النسبة بين قوة جذب الأرض لكل من عائشة ومريم لا تساوي واحد .

مثال (5)

- إذا كان مقدار قوة التجاذب الكتلي بين جسمين ($13.34 \times 10^{-9}N$) والبعد بينهما (100 cm) فاحسب كتلة كل منهما علما أن كتلة الأول تساوي ضعف كتلة الثاني .

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow\rightarrow 13.34 \times 10^{-9} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times m_2 \times 2m_2}{(1)^2}$$

$$13.34 \times 10^{-9} = 13.34 \times 10^{-11} m_2^2 \rightarrow\rightarrow m_2^2 = \frac{13.34 \times 10^{-9}}{13.34 \times 10^{-11}} = 1 \times 10^2$$

$$\sqrt{m_2^2} = \sqrt{1 \times 10^2} = 1 \times 10kg \rightarrow\rightarrow m_2 = 10kg$$

$$m_1 = 2 \times 10 = 20kg$$

ثالثا تسارع الجاذبية الأرضية

- يمكن حساب مقدار تسارع الجاذبية الأرضية باستخدام قانون الجذب العام، والقانون الثاني لنيوتن.
- يكون وزن الجسم على سطح الأرض مساويًا لقوة التجاذب الكتلي بين كتلة الجسم وكتلة الأرض.

حساب تسارع السقوط الحر على سطح كوكب الأرض باستخدام قانون الجذب العام والقانون الثاني لنيوتن

كتلة شخص على سطح الأرض : m ، $m_E = 5.98 \times 10^{24}kg$ ، $r_E = 6.38 \times 10^6 m$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow\rightarrow mg = \frac{Gmm_E}{r_E^2} \rightarrow\rightarrow g = \frac{Gm_E}{r_E^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{(6.38 \times 10^6)^2}$$

$$g = 9.8\, m/s^2$$

نستخدم القانون الآتي لحساب تسارع السقوط الحر للأرض عند أي موقع في الكون يبعد عن مركزها مسافة (r):

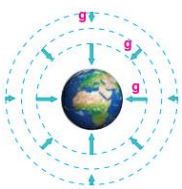
$$g = \frac{Gm_E}{r^2}$$

من خلال القانون الأتي نستطيع حساب السقوط الحر لسطح أي كوكب ، اذا علم نصف قطره وكتلته :

$$g = \frac{Gm}{r^2}$$

نستنتج

1- يكون اتجاه تسارع السقوط الحر في اتجاه مركز الكوكب دائما السقوط الحر.
2- من خلال القانون أعلاه يتضح لنا أنه بزيادة البعد عن مركز الكوكب يقل مقدار تسارع.
3- يتناقص وزن أي جسم في أثناء ابتعاده عن سطح الكوكب.



تنجذب الأرض نحو جسم معين بقوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه للقوة التي تجذب بها الأرض هذا الجسم ، وضح لماذا لا يكون تسارع الأرض مساويًا لتسارع الجسم ؟

- حسب قانون نيوتن الثاني تكون العلاقة بين كتلة الجسم وتسارعه علاقة عكسية ، لذا يكون تسارع الأرض صغير جدا بسبب كتلته الكبيرة .

علل كلما ازداد بعد الجسم عن مركز الأرض قل وزنه ؟

- لأن الوزن يتناسب تناسبًا عكسيا مع بعد الجسم عن مركز الأرض حسب قانون الجذب العام.

مثال (1)

- إذا علمت أن كتلة القمر ($7.35 \times 10^{22} kg$) تقريبا ، ونصف قطره ($1.738 \times 10^{6} m$) تقريبا ، فأحسب مقدار :

أ - تسارع السقوط الحر على سطح القمر:

$$g_M = \frac{Gm_M}{r_M^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 7.35 \times 10^{22}}{(1.738 \times 10^{6})^2} = 1.62\, m/s^2$$

ب - تسارع السقوط الحر على سطح جرم كتلته تساوي كتلة القمر ، ونصف قطره يساوي ضعفي نصف القمر :

$$m_M = m_A \, , \, r_A = 2r_M$$

$$g_A = \frac{Gm_A}{r_A^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 7.35 \times 10^{22}}{(2 \times 1.738 \times 10^{6})^2} = 0.41\, m/s^2$$

* ألاحظ تأثير مضاعفة نصف القطر في نقصان مقدار التسارع بمقدار كبير؛ لأن التسارع يتناسب عكسيا مع مربع نصف القطر.

مثال (2)

- كتلة جمان (70 kg) ، إذا علمت أن ($g = 9.8\, m/s^2$) ، ($g_M = 1.6\, m/s^2$) تقريبا فأحسب ما يلي :

وزنها على سطح الأرض :	كتلتها على سطح القمر :	وزنها على سطح القمر :
$F_g = mg = 70 \times 10 = 700N$ * في اتجاه مركز الأرض.	$m = 70kg$ * الكتلة ثابتة لا تتغير.	$F_g = mg = 70 \times 1.6 = 112N$ - في اتجاه مركز القمر.

مراجعة الدرس

1- ما المقصود بالوزن؟ وعلام تعتمد قوة التجاذب الكتلي بينَ أي جسمينِ؟ وعلام يعتمد تسارع الجاذبية الأرضية؟

- الوزن : قوة جذب الأرض للجسم .
- تعتمد قوة التجاذب الكتلي بين أي جسمين على : أ- كتلة كل من الجسمين. ب- المسافة بين مركزي الجسمين.
- يعتمد تسارع الجاذبية الأرضية على : أ- كتلة كوكب الأرض. ب- نصف قطر كوكب الأرض.

2- كيف تتغير قوة التجاذب الكتلي بين جسمين (m_1) و (m_2) المسافة بين مركزيهما (r) ، عند مضاعفة كل مما يأتي مرتين :

المسافة بين مركزيهما	كتلة الجسم الأول	كتلي الجسمين معا
$r \rightarrow 2r$ $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ $F = \frac{Gm_1m_2}{(2r)^2}$ $F = \frac{Gm_1m_2}{4r^2}$ $F = \frac{1}{4}F$ * تقل قوة التجاذب بينهما الى الربع .	$m_1 \rightarrow 2m_1$ $F = \frac{G(2m_1)\,m_2}{r^2}$ $F = \frac{2Gm_1m_2}{r^2}$ $F = 2F$ * تتضاعف قوة التجاذب بينهما مرتين .	$m_1 \rightarrow 2m_1 , m_2 \rightarrow 2m_2$ $F = \frac{G(2m_1)\,(2m_2)}{r^2}$ $F = \frac{4Gm_1m_2}{r^2}$ $F = 4F$ * تتضاعف قوة التجاذب بينهما أربع مرات .

3- لو أصبحت كتلة الأرض ضعفي ما هي عليه، من دون تغير نصف قطرها، فماذا يحدث لمقدار تسارع السقوط الحر (g) قرب سطحها ؟

$$g_E = \frac{Gm_E}{r_E^2} \rightarrow g_E = \frac{G(2m_E)}{r_E^2} \rightarrow g_E = \frac{2Gm_E}{r_E^2} \rightarrow g_E = 2g_E$$

* يتضاعف تسارع السقوط الحر مرتين .

4- على أي ارتفاع من سطح الأرض يكون مقدار تسارع الجاذبية الأرضية مساويًا لنصف مقداره على سطح الأرض؟

عندما يكون بعد الجسم عن مركز الكوكب ($\sqrt{2}$) بعده على السطح) أي : $\sqrt{2}r$

$$g_E = \frac{Gm_E}{r_E^2} \rightarrow g_E = \frac{Gm_E}{(\sqrt{2}r_E)^2} \rightarrow g_E = \frac{Gm_E}{2r_E^2} \rightarrow g_E = \frac{1}{2}g_E$$

5- في أثناء دراستي وزميلتي هند لهذا الدرس، قالت: " إن مفهومي الكتلة والوزن مترادفان، وهما يعبران عن الكمية الفيزيائية نفسها " . أناقش صحة قول هند.

	الكتلة	الوزن
الكمية الفيزيائية	كمية متجهة	كمية قياسية
المفهوم	قوة جذب الأرض للجسم	مقدار المادة الموجودة بالجسم
ادوات القياس	الميزان النابضي	موازين مختلفة
الرمز	F_g	m
حالتها (ثابتة ، متغيرة)	متغيرة	ثابتة

6- إن تسارع الجاذبية على سطح القمر يساوي ($\frac{1}{6}$) تسارع الجاذبية على سطح الأرض تقريبا. هل يمكنني استنتاج أن كتلة القمر تساوي ($\frac{1}{6}$) كتلة الأرض؟ أوضح إجابتي.

- كتلة القمر لا تساوي سدس كتلة الأرض والسبب في ذلك هو اختلاف نصف قطر كوكب الأرض عن نصف قطر القمر وبالتالي تختلف كتلة كل منهما , يمكننا القول أن كتلة القمر تساوي سدس كتلة الأرض في حال كان نصف قطر القمر والأرض متساويان.

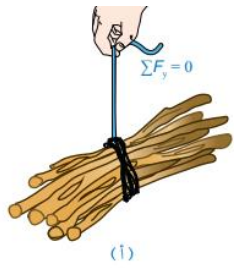
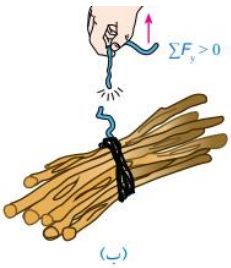
الدرس الثاني | تطبيقات على قوانين نيوتن

أولا | قوة الشد

قوة الشد	
1	هي قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل .
2	رمزها (F_T) وتقاس بوحدة النيوتن (N) .
3	تؤثر في اتجاه طول الخيط أو الحبل أو السلك .
4	للتبسيط في المسائل التي تتضمن خيوطا وحبالا وأسلاكا يتم إهمال كتلها ونعدها غير قابلة للاستطالة.

- إذا كان الثقل ساكنا أو متحركا بسرعة متجهة ثابتة، فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا بحسب القانون الأول لنيوتن ، لذا يكون تسارعه صفرا أيضا.

نستنتج من الشكل	
1	تؤثر يد الشخص بقوة إلى أعلى في جزء الحبل الذي يمسكه، في حين يؤثر هذا الجزء من الحبل في يده بقوة شد إلى أسفل، وهما زوجا تأثير متبادل.
2	كما يؤثر جزء الحبل المتصل بالثقل بقوة شد إلى أعلى في الثقل، في حين يؤثر الثقل في هذا الجزء من الحبل بقوة شد إلى أسفل، وهما أيضًا زوجا تأثير متبادل.
3	تنتقل قوة الشد من يد الشخص إلى الثقل عن طريق الحبل، وتكون قوى الشد متساوية في جميع أجزاء الحبل عند إهمال كتلته.
4	تكون قوتا الشد المؤثرتان في طرفي حبل أو سلك متساويتين في المقدار، ومتعاكستين في الاتجاه.
5	تكون قوى الشد متساوية في جميع أجزاء الحبل أو الخيط أو السلك (عند إهمال كتلته)، وهي مساوية لوزنِ الثقلِ المعلّق به في حال كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرا؛ أي في حالة الاتزان السكوني أو الاتزان الديناميكي.

(أ) قوة الشد في الخيط مساوية لوزن حزمة الحطب عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفرا.	
(ب) وعند رفع الخيط إلى أعلى بشكل مفاجئ وبسرعة كبيرة قد ينقطع الخيط.	

لماذا ينقطع الخيط عند رفع الخيط نحو الأعلى بشكل مفاجئ وبسرعة كبيرة ؟

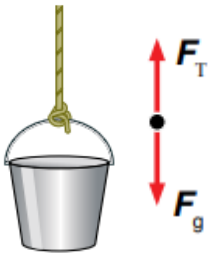
- لأن لكل حبل أو سلك قوة شد عظمى يتحملها قبل أن ينقطع ، وبالتالي مع زيادة سرعة الرفع يزداد التسارع وهذا يعني أننا نحتاج قوة شد أكبر من قدرة تحمل الحبل.

كيف يمكن رفع حزمة الحطب دون أن ينقطع الخيط ؟

- يتم رفعها بسرعة متجهة ثابتة ، أو بتسارع قليل بحيث تكون قوة الشد في الخيط أقل من قوة الشد العظمى.

مثال (1)

- دلو ماء كتلته وكتلة الماء الذي يحويه ($10kg$) ، معلق بحبل في الهواء ، كما هو موضح في الشكل ، إذا كان مقدار أكبر قوة شد (F_{Tmax}) يتحملها الحبل قبل أن ينقطع ($150N$) ، و ($g = 9.8m/s^2$) ، والدلو في حالة سكون ، فأحسب مقدار ما يأتي :



أ- قوة الشد المؤثرة في الحبل :

$$F_T - F_g = ma = 0 \rightarrow\rightarrow F_T = F_g = mg = 10 \times 10 = 100N$$

ب- قوة الشد في الحبل إذا تحرك الدلو إلى أعلى تسارع مقداره ($2\,m/s^2$) :

$$F_T - F_g = ma \rightarrow\rightarrow F_T = F_g + ma = 100 + 10 \times 2 = 120N$$

ج- أكبر تسارع يمكن أن يتحرك به الدلو قبل أن ينقطع الحبل (a_{max}) :

$$F_{Tmax} - F_g = ma_{max} \rightarrow\rightarrow a_{max} = \frac{F_{Tmax} - F_g}{m} = \frac{150 - 100}{10} = 5\,m/s^2$$

مثال (2)

- يستخدم عبد الله دلو ماء مربوطا بحبل لرفع الماء من بئر . إذا كانت كتلة الدلو وهو مملوء ($15kg$) ، ومقدار أكبر قوة شد يتحملها الحبل قبل أن ينقطع ($180N$) ، والحبل مهمل الكتلة ، وغير قابل للاستطالة ، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ- قوة الشد في الحبل اذا سحب عبد الله الدلو الى أعلى تسارع مقداره ($1.5\,m/s^2$) :

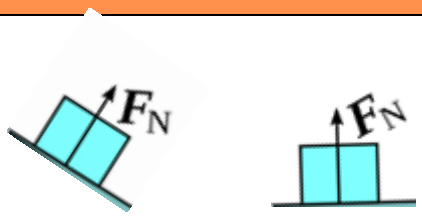
$$F_T - F_g = ma \rightarrow\rightarrow F_T = F_g + ma = mg + ma = 15 \times 10 + 15 \times 1.5$$
$$F_T = 150 + 22.5 = 172.5N$$

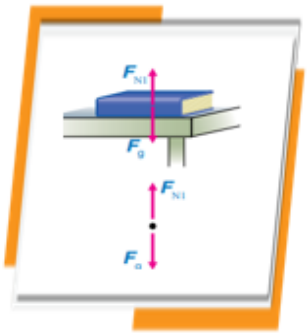
ب- أكبر تسارع يمكن أن يسحب به الدلو قبل أن ينقطع الحبل :

$$F_{Tmax} - F_g = ma_{max} \rightarrow\rightarrow a_{max} = \frac{F_{Tmax} - F_g}{m} = \frac{180 - 150}{15} = 2m/s^2$$

ثانيا — القوة العمودية

القوة العمودية	
1	هي قوة التلامس التي يؤثر بها جسم في جسم أخر ملامس له .
2	رمزها (F_N) وتقاس بوحدة النيوتن (N) .
3	تكون دائما عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين.

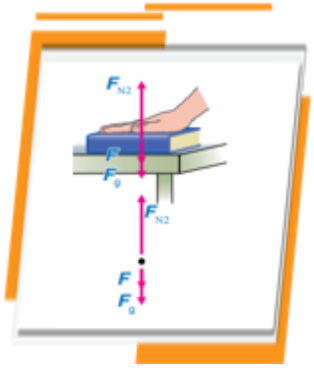




نستنتج

يتزن الكتاب على السطح الأفقي تحت تأثير قوتين متعاكستين هما وزنه وقوته العمودية وحسب قانون نيوتن الثاني يتبين أنهما متساويتان.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{N1} - F_g = 0$$
$$F_{N1} = F_g$$



نستنتج

القوة العمودية المؤثرة في الكتاب أكبر من وزنه حيث يتأثر الكتاب بقوتين إلى الأسفل هما وزنه وقوة دفع يد الشخص بينما يدفع سطح الطاولة الكتاب إلى الأعلى (القوة العمودية).

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{N2} - (F_g + F) = ma = 0$$
$$F_{N2} = F_g + F$$

نستنتج

القوة العمودية المؤثرة في الكتاب أقل من وزنه حيث يتأثر الكتاب بقوتين إلى الأعلى هما القوة العمودية وقوة الشد في الخيط بينما يؤثر الكتاب بوزنه بقوة إلى الأسفل.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (F_{N3} + F_T) - F_g = ma = 0$$
$$F_g = F_{N3} + F_T$$

مثال (1)

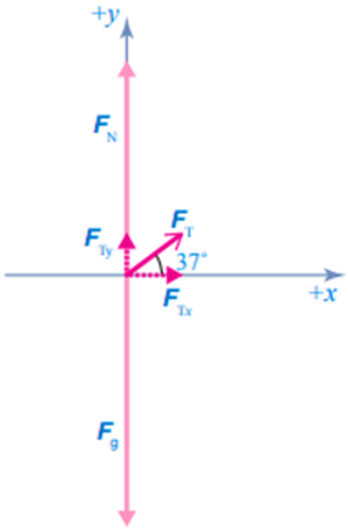
- تسحب رافعة سيارة كتلتها $(900kg)$ من السكون على طريق أفقي أملس بقوة شد مقدارها $(2000N)$ بحبل يميل على الأفقي بزاوية ($37°$) ، كما هو موضح في الشكل ، إذا علمت أن الحبل مهمل الكتلة، وغير قابل للاستطالة ، و ($\cos 37 = 0.8$) ، ($\sin 37 = 0.6$) ، ($g = 10\,m/s^2$) ، فأحسب مقدار :

*لحل مسائل القوى نقوم بالآتي :

1- نرسم مخطط الجسم الحر للجسم .

2- نقوم بإطباق المتجهات على المحاور.

3- نجد محصلة القوى على المحاور الأفقية والعامودية.



أ- المركبتين الأفقية والعمودية لقوة الشد في الحبل :

$$F_{Tx} = F_T \cos\theta = 2000 \cos 37 = 2000 \times 0.8 = 1600N$$
$$F_{Ty} = F_T \sin\theta = 2000 \sin 37 = 2000 \times 0.6 = 1200N$$

ب- القوة العمودية المؤثرة في السيارة :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ty} + F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g - F_{Ty}$$
$$F_N = mg - 1200 \rightarrow F_N = 900 \times 10 - 1200 = 7800N, +y$$

ج- تسارع السيارة :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ty} + F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g - F_{Ty}$$
$$F_N = mg - 1200 \rightarrow F_N = 900 \times 10 - 1200 = 7800N, +y$$

مثال (2)

- أعد حل المثال السابق إذا أصبحت زاوية ميلان الحبل بالنسبة للأفقي ($53°$) ، إذا علمت أن : ($\cos 53 = 0.6$) ، ($\sin 53 = 0.8$) ، ($g = 10\,m/s^2$) ، فأحسب مقدار :

أ-

$$F_{Tx} = F_T \cos\theta = 2000 \cos 53 = 2000 \times 0.6 = 1200N$$
$$F_{Ty} = F_T \sin\theta = 2000 \sin 53 = 2000 \times 0.8 = 1600N$$

ب-

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ty} + F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g - F_{Ty}$$
$$F_N = mg - 1600 \rightarrow \; F_N = 900 \times 10 - 1600 = 7400N, +y$$

ج-

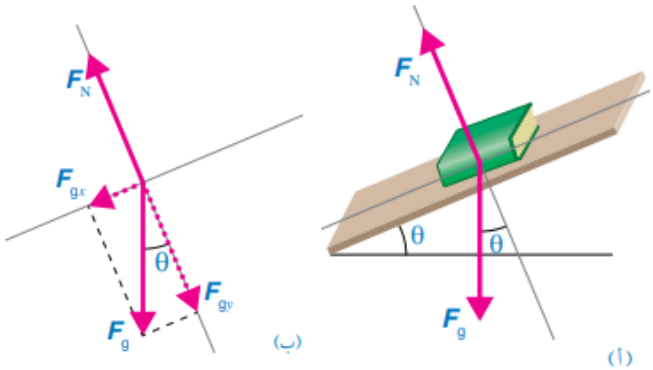
$$\sum F_x = ma_x \rightarrow F_{xT} = ma_x \rightarrow 1200 = 900a_x \rightarrow a_x = \frac{1200}{900} = 1.33\,m/s^2, +x$$

ثالثا — المستوى المائل

- عند وضع جسم على مستوى مائل فأن وزنه لا يؤثر عموديًا في سطح المستوى بل يصنع زاوية معه .

عند حل مسائل المستوى المائل نتبع الخطوات الأتية

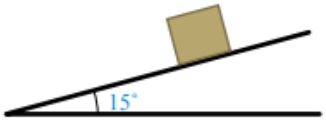
1	نختار محاور الاسناد بحيث يكون المحور (x) في اتجاه يوازي سطح المستوى المائل ويكون المحور (y)عموديا عليه.
2	تحليل وزن الجسم الى مركبتين : أ- مركبة عمودية على المستوى المائل : ($F_{gy} = F_g \cos\theta$). ب- مركبة موازية للمستوى المائل : ($F_{gx} = F_g \sin\theta$)



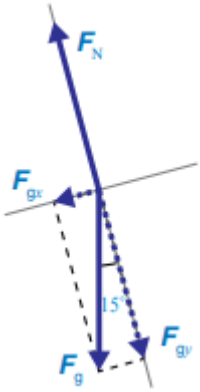
- هنا تكون القوة العمودية أقل من وزن الجسم.
(بسبب اختلاف موضع الجسم) .

مثال (1)

- ينزلق صندوق كتلته ($4kg$) إلى أسفل مستوى مائل أملس يميل على الأفقي بزاوية ($15°$) ، إذا علمت أن : ($\cos 15 = 0.97$) ، ($\sin 15 = 0.26$) ، ($g = 10\,m/s^2$) :



- يكون اتجاه حركة الجسم مع اتجاه ($+x$) دائما.
- قبل البدء بحل المسألة نحلل وزن الصندوق الى مركبتين متعامدتين :



$$F_{gy} = F_g \cos\theta \rightarrow F_{gy} = mg\,cos\,15 = 4 \times 10 \times 0.97 = 38.8N$$
$$F_{gx} = F_g \sin\theta \rightarrow F_{gy} = mg \sin 15 = 4 \times 10 \times 0.26 = 10.4N$$

أ- القوة العامودية المؤثرة في الصندوق :

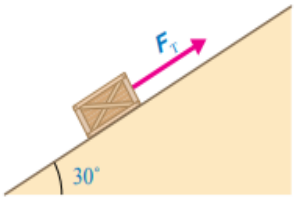
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} \rightarrow F_N = 38.8N$$

ب- تسارع الصندوق :

$$\sum F_x = ma_x \rightarrow F_{xg} = ma \rightarrow 10.4 = 4a \rightarrow a = \frac{10.4}{4} = 2.6\,m/s^2$$

مثال (2)

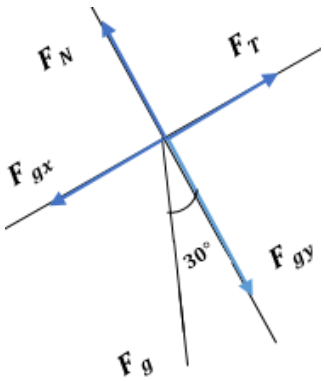
- يوضح الشكل صندوقا كتلته ($20kg$) ، يسحب بحبل غير قابل للاستطالة إلى أعلى مستوى مائل أملس بسرعة ثابتة ، إذا كان الحبل موازيا لسطح المستوى ، وزاوية ميلان المستوى على الأفقي ($30°$) ، إذا علمت أن ($cos\,30 = 0.87$) ، ($sin\,30 = 0.5$) ، ($g = 10\,m/s^2$) ، فأحسب مقدار :



- نحلل وزن الصندوق الى مركبتين متعامدتين :

$$F_{gy} = F_g \cos\theta \rightarrow F_{gy} = mg\,cos\,30 = 20 \times 10 \times 0.87 = 174N$$
$$F_{gx} = F_g \sin\theta \rightarrow F_{gy} = mg \sin 30 = 20 \times 10 \times 0.5 = 100N$$

أ- القوة العامودية المؤثرة في الصندوق :

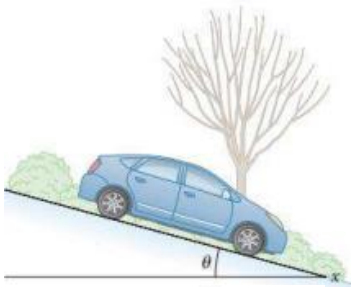


$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} \rightarrow F_N = 174N$$

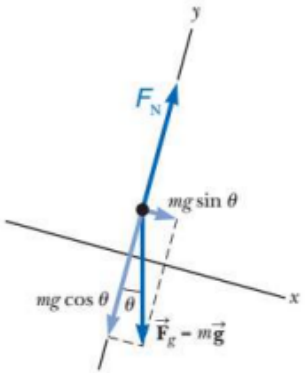
ب- قوة الشد المؤثرة في الصندوق :

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_T - F_{gx} = 0 \rightarrow F_T = F_{gx} \rightarrow F_T = 100N$$

مثال (3)



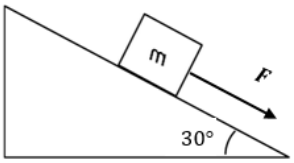
- سيارة تتحرك على مستوى مائل جليدي يميل عن الأفق بزاوية (θ) كما في الشكل ، فما هي الزاوية التي يميل بها المستوى المائل عن الأفق إذا علمت أن تسارع السيارة $5\,m/s^2$:



$$\sum F_x = ma \rightarrow mg\sin\theta = ma \rightarrow 10\sin\theta = 5$$
$$\sin\theta = 0.5 \rightarrow \theta = 30°$$

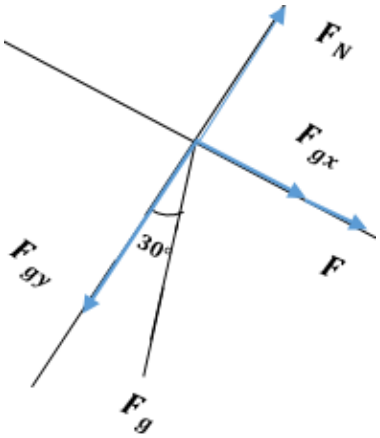
مثال (4)

- جسم كتلته ($5kg$) يرتكز على مستوى مائل أملس يميل بزاوية ($30°$) عن الأفق ، تؤثر قوة مقدارها ($30N$) على الجسم في الاتجاه الموازي للمستوى المائل لأسفل ، إذا علمت أن ($cos\,30 = 0.87$) ، ($sin\,30 = 0.5$) ، ($g = 10\,m/s^2$) ، فأحسب مقدار :



$$F_{gy} = F_g\cos\theta \rightarrow F_{gy} = mg\,cos\,30 = 5\times10\times0.87 = 43.5N$$
$$F_{gx} = F_g\sin\theta \rightarrow F_{gy} = mg\sin30 = 5\times10\times0.5 = 25N$$

أ- القوة العمودية المؤثرة في الجسم :



$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} \rightarrow F_N = 34.5N$$

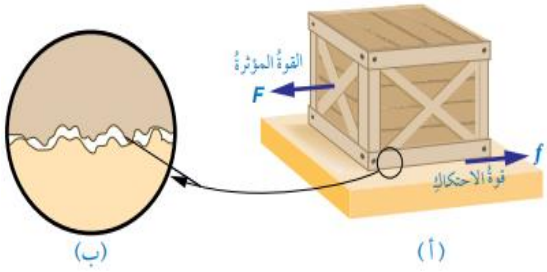
ب- تسارع الصندوق :

$$\sum F_x = ma \rightarrow F + F_{gx} = ma \rightarrow a = \frac{F + F_{gx}}{m} = \frac{30+25}{5}$$
$$a = \frac{55}{5} = 11\,m/s^2$$

رابعا — قوة الاحتكاك

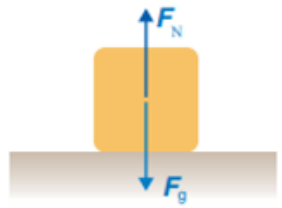
قوة الاحتكاك	
1	هي قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض.
2	رمزها (f) وتقاس بوحدة النيوتن (N) .
3	تؤثر بشكل مواز لسطحي التلامس بين الجسمين .
4	تنشأ هذه القوة بين سطحي الجسمين المتلامسين عند تحريك أو محاولة تحريك بعضهما فوق بعض .
5	تكون دائما قوة الاحتكاك معاكسة لاتجاه القوة المؤثرة .
6	تنشأ هذه القوى التي تُعيق حركة الأجسام نتيجة حركة مادة صلبة بالنسبة إلى مادة صلبة، أو حركة مواد صلبة وموائع (سوائل وغازات) نسبة إلى بعضها، أو بين طبقات الموائع المتحركة، مثال: 1- انزلاق إطارات سيارة على سطح الطريق. 2- حركة غواصة داخل مياه البحر. 3- تحليق طائرة في الهواء. 4- انزلاق لوح تزلج على سطح الماء في رياضة التزلج.

ألية حدوث الاحتكاك بين سطحي تلامس جسمين	
1	تنشأ قوة احتكاك بين سطحيهما المتلامسين، نتيجة خشونتهما.
2	يظهرُ الفحص الدقيق للسطحين أنّهُما خشنان، حتى لو بدا أنَّهُما أملسان عند لمسهما.
3	لتحريك الصندوق يجب التأثير فيه بقوة دفع أو سحب لرفع نتوءات سطحه فوق نتوءات السطح السفلي ؛ لكَيْ يتخطاها مِنْ خلال الارتطام بها أو كسرها، أو كليهما معًا. (علل)

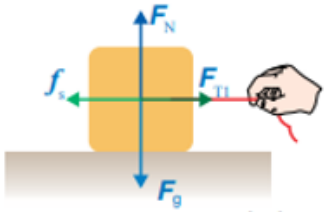


- هناك نوعان لقوة الاحتكاك : أ- قوة الاحتكاك السكوني. ب- قوة الاحتكاك الحركي.

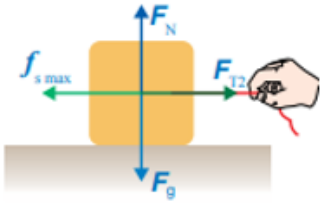
- **أولا** : قوة الاحتكاك السكوني : هي قوة تمانع حركة جسمين ساكنين متلامسين عند محاولة تحريك بعضهما فوق بعض ونرمز لها بالرمز (f_s) .



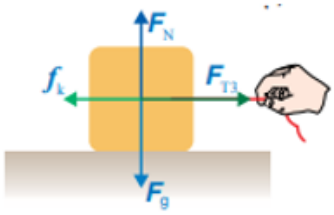
الصندوق ساكن , ولا توجد قوة تحاول تحريكه , لذا لا توجد قوة احتكاك تؤثر فيه
$f_s = 0$



تؤثر قوة شد أفقية صغيرة (F_{T1}) في الصندوق جهة اليمين لكن الصندوق ساكن لا يتحرك أي أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفر وبالتالي تكون القوة معاكسة لاتجاه قوة الشد ومساوية لها في المقدار هي قوة الاحتكاك السكوني.
$F_{T1} = f_s$



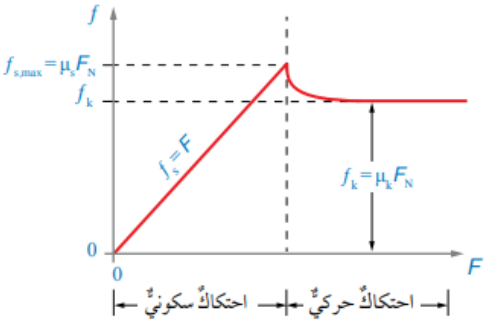
مع ازدياد مقدار قوة الشد يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني حتى تصل القيمته العظمى عندها يكون الجسم على وشك الحركة تسمى هذه القوة بقوة الاحتكاك السكوني العظمى ($f_{s,max}$) .
$f_{s,max} = F_{T2}$



الصندوق يبدأ الحركة عندما يصبح مقدار قوة الشد المؤثرة فيهِ أكبر من مقدارِ قوةِ الاحتكاك السكوني العظمى، وتسمى قوة الاحتكاك المؤثرةُ في الجسم في أثناء حركته قوة الاحتكاكِ الحركي ورمزها (f_k)

منحنى (قوة الاحتكاك – القوة الأفقية المؤثرة)

دراسة الشكل	
1	يبين الجزء الأول من المنحنى تأثير قوة الاحتكاك السكوني؛ حيثُ يزداد مقدار قوة الاحتكاكِ السكوني طرديا بزيادة مقدار القوة الأفقية المؤثرة في الجسم، حتى يصل إلى قيمة عظمى.
2	ألاحظ أن قوة الاحتكاك السكوني تساوي القوة الأفقية المؤثرة في الجسم التي تحاول تحريكه في المقدار، وتعاكسها في الاتجاه.
3	عندما يصبح مقدار القوة الأفقية المؤثرة أكبر من القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكوني يبدأ الجسم الحركة، وعندها تؤثر فيه قوة الاحتكاك الحركي بدلا من قوة الاحتكاك السكوني.



يعطى مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى رياضيا بالعلاقة :

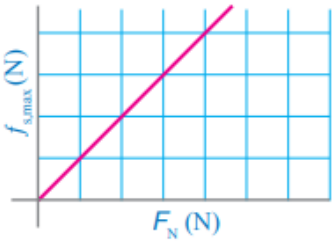
$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$

μ_s : معامل الاحتكاك السكوني ، ويعرف بأنه نسبة مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى الى مقدار القوة العمودية وليس له وحدة قياس.

F_N : مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم .

يعتمد مقدار قوة الاحتكاك السكوني على عاملين :
1- طبيعة السطحين المتلامسين (نوعا مادتيهما) . - علاقة طردية -
2- مقدار القوة العامودية المؤثرة في الجسم . - علاقة طردية -

مهم : لا تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على مساحة السطح أو حجمه.



علل : استخدام العاملين في المصانع والأماكن التي تكون ارضيتها مغطاة بالزيوت والسوائل أحذية نعالها مصنوع من المطاط ؟
- لمنع الانزلاق ، لأن معامل الاحتكاك السكوني لنعل المطاطي يكون أكبر من معامل الاحتكاك السكوني لنعل الجلدي.

علل : لا يوجد لمعامل الاحتكاك وحدة قياس ؟ لأنه عبارة عن نسبة .

- **ثانيا** : قوة الاحتكاك الحركي : قوة الاحتكاك المؤثرة في الجسم في أثناء حركته وتؤثر في سطحي جسمين عندما يتحرك أحدهما بالنسبة إلى الآخر ونرمز لها بالرمز (f_k).
- مقدار قوة الاحتكاك الحركي أقل من قوة الاحتكاك السكوني العظمى .

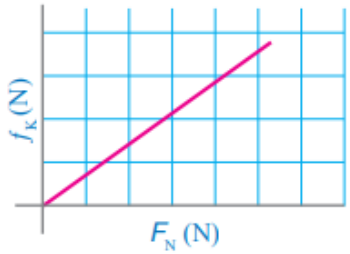
يعطى مقدار قوة الاحتكاك الحركي العظمى رياضيا بالعلاقة :

$$f_k = \mu_k F_N$$

μ_k : معامل الاحتكاك الحركي ، ويعرف بأنه نسبة مقدار قوة الاحتكاك الحركي العظمى الى مقدار القوة العمودية وليس له وحدة قياس.
F_N : مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم .

- يعتمد مقدار قوة الاحتكاك الحركي على عاملين :
1- طبيعة السطحين المتلامسين (نوعا مادتيهما) . - علاقة طردية -
2- مقدار القوة العامودية المؤثرة في الجسم . - علاقة طردية -

- مهم : لا تعتمد قوة الاحتكاك الحركي على مساحة السطح أو حجمه.



- معامل الاحتكاك السكوني أكبر من معامل الاحتكاك الحركي . ($\mu_s > \mu_k$)
- أقل قوة يلزم التأثير بها على الجسم حتى يكون على وشك الحركة ($f_{s,max}$)
- حركة الجسم بسرعة ثابتة ($\sum F_x = 0$)
- إذا كانت (f_s) أقل من ($f_{s,max}$) فإن الجسم يكون في حالة سكون.

مهم

علل : يكون تحريك مكعب خشبي على سطح طاولة خشبي أسهل من تحريكه على سطح خرسانة ؟
- لأن معامل الاحتكاك الحركي بين المكعب الخشبي و الطاولة الخشبية أقل من معامل الاحتكاك الحركي بين المكعب الخشبي و الخرسانة .

علل : انزلاق اطارات السيارة على الطريق المغطى بالثلج أسهل بكثير منه على الطريق الجاف ؟
- لأن معامل الاحتكاك الحركي بين الاطارات و الطريق الثلجية أقل من معامل الاحتكاك الحركي بين الاطارات والطريق الجاف .

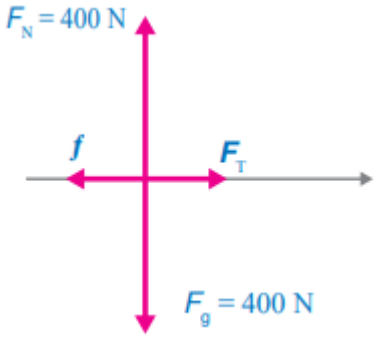
مثال (1)

- وضع صندوق كتلته ($40kg$) على زلاجه لسحبه على أرضية أفقية مغطاة بالثلج ،إذا علمت أن قوة الشد المؤثرة في الزلاجة أفقية تمامًا ، ومعامل الاحتكاك السكوني بين الزلاجة والثلج (0.15) ، ومعامل الاحتكاك الحركي بينهما (0.10) وتسارع السقوط الحر ($g = 10\,m/s^2$)، وبإهمال كتلة الزلاجة ، فاحسب مقدار

أ- القوة التي يلزم التأثير بها في الزلاجة بحيث تكون على وشك الحركة :

$$\sum F_y = ma_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = mg = 40 \times 10 = 400N$$
$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 400 \times 0.15 = 60N$$

ب- القوة التي يلزم التأثير في الزلاجة لتتحرك بسرعة متجهة :



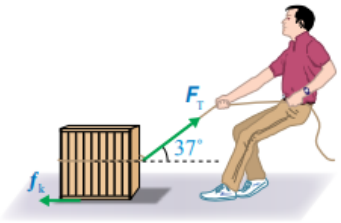
$$\sum F_x = ma_x = 0 \rightarrow F_T - f_k = 0 \rightarrow F_T = f_k$$
$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 400 \times 0.10 = 40N$$

ج- تسارع الزلاجة إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه (20N) :

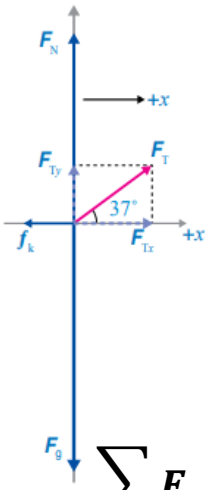
$$\sum F_x = ma \rightarrow 20 = 4a \rightarrow a = \frac{20}{4} = 5\,m/s^2$$

مثال (2)

- يسحب صندوق كتلته ($50kg$) على أرضية أفقية خشنة بحبل يصنع زاوية($37°$) على الأفقي ، أنظر الشكل , إذا كان مقدار قوة الشد في الحبل ($200N$) وتسارع الصندوق بمقدار ($1.3\ m/s^2$)، والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة ، إذا علمت أن ($\cos 37 = 0.8$) ، ($\sin 37 = 0.6$) ، ($g = 10\ m/s^2$) ، فأحسب مقدار :



$$F_g = mg = 50 \times 10 = 500N$$
$$F_{Tx} = F_T \cos 37 = 200 \times 0.8 = 160N$$
$$F_{Ty} = F_T \sin 37 = 200 \times 0.6 = 120N$$



أ- قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق :

$$\sum F_x = ma \rightarrow F_{Tx} - f_k = ma \rightarrow f_k = F_{Tx} - ma$$
$$f_k = 160 - 50 \times 1.3 = 160 - 65 = 95N$$

* تكون قوة الاحتكاك الحركي عكس قوة الشد .

ب- معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والأرضية :

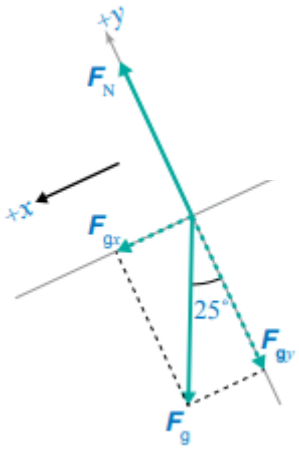
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ty} + F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g - F_{Ty} = 500 - 120 = 380N$$
$$f_k = \mu_k F_N \rightarrow \mu_k = \frac{f_k}{F_N} = \frac{95}{380} = 0.25$$

مثال (3)

- يتزلج رياضي على منحدر ثلجي يميل على الأفقي بزاوية ($25°$) ، كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أن كتلة الرياضي ($50kg$) ، و ($cos\ 25 = 0.91$) ، ($sin\ 25 = 0.42$) ، ($g = 10\ m/s^2$) ، فأحسب مقدار تسارعه في الحالتين الأتيتين :

$$F_{gx} = F_g \sin 25 = mg\ sin\ 25$$
$$F_{gx} = 50 \times 10 \times 0.42 = 210N$$
$$F_{gy} = F_g \cos 25 = mg \cos 25$$
$$F_{gy} = 50 \times 10 \times 0.91 = 455N$$

أ- إذا كان المنحدر الثلجي أملس :

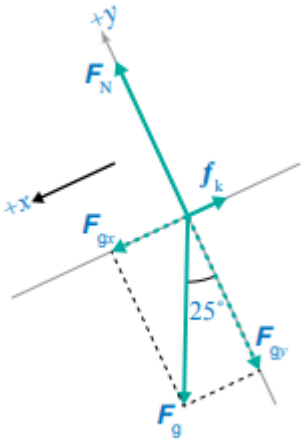


$$\sum F_x = ma \rightarrow F_{gx} = ma \rightarrow a = \frac{F_{gx}}{m} \rightarrow a = \frac{210}{50} = 4.2\,m/s^2$$

ب- إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والثلج (0.10) :

$$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} \rightarrow F_N = 455N$$

$$f_k = \mu_k F_N = 0.1 \times 455 = 45.5N$$

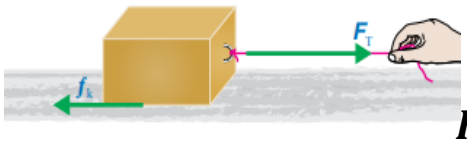


$$\sum F_x = ma \rightarrow F_{gx} - f_k = ma \rightarrow a = \frac{F_{gx} - f_k}{m}$$

$$a = \frac{210 - 45.5}{50} = \frac{162.5}{50} = 3.3\,m/s^2$$

مثال (4)

-أثرت قوة شد أفقية مقدارها ($200N$) في اتجاه اليمين ، في صندوق كتلته ($50kg$) ، يستقر على سطح أفقي خشن كما هو موضح في الشكل ، إذا علمت أن معامل الاحتكاك الحركي (0.3) و ($g = 10\,m/s^2$) فأحسب مقدار :



أ- قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق :

$$F_g = mg = 50 \times 10 = 500N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} \rightarrow F_N = 500N$$

$$f_k = \mu_k F_N = 0.3 \times 500 = 150N$$

ب- القوة المحصلة المؤثرة في الصندوق :

$$\sum F_y = 0 \ , \sum F_x = F_T - f_s = 200 - 150 = 50N$$

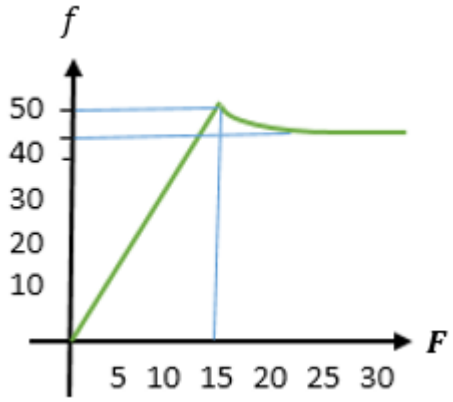
ج- تسارع الصندوق :

$$\sum F_x = ma \rightarrow a = \frac{F_x}{m} = \frac{50}{50} = 1\,m/s^2$$

مثال (5)

- جسم كتلته ($40kg$) موضوع على أرض أفقية تؤثر فيه قوة أفقية يتزايد مقدارها تدريجيا ، يبين الشكل تغير قوة الاحتكاك بين سطح الصندوق والأرض بتغير القوة المؤثرة ، اعتمادا على الشكل جد ما يأتي :

أ- معامل الاحتكاك السكوني بين الأرض والجسم :



$$f_{s,max} = 50N\,, \qquad f_k = 45N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = mg$$

$$= 40 \times 10 = 400N$$

$$f_{s,max} = \mu_s \times F_N \rightarrow \mu_s = \frac{f_{s,max}}{F_N} = \frac{50}{400} = 0.11$$

ب- معامل الاحتكاك الحركي بين الأرض والجسم :

$$f_k = \mu_k \times F_N \rightarrow \mu_k = \frac{f_k}{F_N} = \frac{45}{400} = 0.112$$

ج- تسارع الصندوق اذا علمت أن القوة المحصلة المؤثرة فيه (70N) :

$$\sum F_x = ma \rightarrow F - f_k = ma \rightarrow 70 - 45 = 40a \rightarrow a = \frac{F - f_k}{m} = \frac{25}{40} = 0.62\,m/s^2$$

إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك بين الخرسانة ونعل الحذاء المصنوع من المطاط أكبر منه بين الخرسانة والنعل المصنوع من الجلد ، فأي الحذاءين أختار للمشي في يوم ماطر؟ فسر إجابتك .

- اختار نعل الحذاء المصنوع من المطاط لأنه معامل الاحتكاك بينه وبين الخرسانة أكبر و بالتالي يملك قوة احتكاك أكبر فيخفف فرصة الانزلاق في الشتاء.

	سلبيات قوة الاحتكاك	ايجابيات قوة الاحتكاك
1	تسبب تآكل بعض المنتجات التي نستخدمها في حياتنا اليومية، مثل: الأحذية، والملابس	حركة المركبات
2	تسبب تآكل بطانة مكابح المركبات	الكتابة على الورق والسبورة
3	تعيق انزلاق الأجسام بعضها بعض , وتسبب تباطؤها	إشعال أعواد الثقاب
4	تلزم قوة أكبر لتحريك الأجسام والمحافظة على استمرارية حركتها مقارنة بالقوة اللازمة لذلك على سطوح ملساء	المشي

اذكر التطبيقات والأنشطة التي يحتاج تنفيذها وجود قوى الاحتكاك:
1- حركة المركبات . 2- الكتابة على الورق والسبورة. 3- إشعال أعواد الثقاب. 4- المشي.

(علل) : يجب وجود قوة احتكاك بين إطارات المركبة وسطح الطريق :
- فعند انعدام قوى الاحتكاك بين إطارات المركبة وسطح الطريق، فإن الإطارات تدور في مكانها فتبقى المركبة ساكنة.

(علل) : قوة الاحتكاك السكوني تساعدنا في المشي، وتغيير اتجاه حركتنا :
- عندما أدفع بقدمي سطح الأرض إلى الخلف فإن قوة الاحتكاك السكوني بينهما تؤثر بقوة في قدمي إلى الأمام في اتجاه حركتي، وتمنع انزلاقها نحو الخلف.

(جـ) (ب) (أ)

اذكر كيف يمكن التقليل من أثر قوة الاحتكاك :
أ- العجلات. ب- التزييت. ج- التشحيم.

(د)

هل يلزم تشحيم كرات البيليا وتزييتها ؟ فسر اجابتك.
نعم ، لتقليل قوة الاحتكاك ، لانها تعمل على تسهيل حركة أجزاء الآلات وتقليل قوة الاحتكاك.

وضح المقصود بالمفاصل :
- المناطق التي تجمع اثنين أو أكثر من العظام في جسم الإنسان.

(علل) : قوى الاحتكاك بين العظام في منطقة المفصل قليلة جدا :
- لأن سطوح العظام في منطقة المفصل مغطاة بغضاريف .

ما هي فائدة السائل الزلالي :
* يعد هذا السائل بمنزلة مادة تشحيم، يقلل الاحتكاك، ويحمي العظام من التآكل.

ما هي طريقة علاج تلف المفاصل :
* يستخدم مفصل صناعي مكانه، يصنع من الفولاذ المقاوم للصدأ أو التيتانيوم، أو البلاستيك. ولهذه المفاصل الصناعية معاملات احتكاك صغيرة جدا، تشبه المفاصل الطبيعية تقريبا.

ذكر أمثلة على مواد لزجة طبيعية أو مواد تشحيم في جسم الإنسانِ تقلل من قوى الاحتكاك داخل الأعضاء أو بينها :
1- اللعاب في عملية البلع ؛ إذ يُقلل من احتكاك المواد الغذائية التي يجري تناولها مع جدران البلعوم والمريء ويسهل انزلاقها.
2- مخاط لزج بين أعضاء الجسم يساعد على حرية حركتها نسبة إلى بعضها في أثناء حركة الإنسان، وفي أثناء عمليتي التنفس، وخفقان القلب.

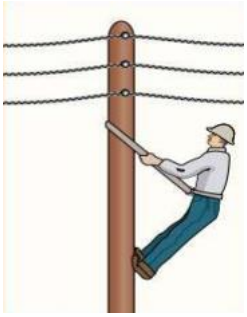
مراجعة الدرس

1- ما المقصود بكل من: قوة الشد القوة العمودية، قوة الاحتكاك؟ وهل وجود الاحتكاك إيجابي أم سلبي؟ أُفسِّر إجابتي.

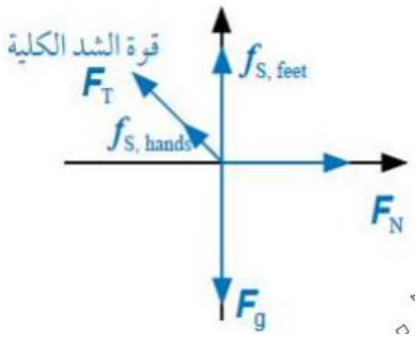
- قوة الشد : هي قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل.
- القوة العمودية : هي قوة التلامس التي يؤثر بها جسم في جسم آخر ملامس له.
- قوة الاحتكاك : هي قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض.

	سلبيات قوة الاحتكاك	ايجابيات قوة الاحتكاك
1	تسبب تآكل بعض المنتجات التي نستخدمها في حياتنا اليومية، مثل: الأحذية، والملابس	حركة المركبات
2	تسبب تآكل بطانة مكابح المركبات	الكتابة على الورق والسبورة
3	تعيق انزلاق الأجسام بعضها بعض , وتسبب تباطؤها	إشعال أعواد الثقاب
4	تلزم قوة أكبر لتحريك الأجسام والمحافظة على استمرارية حركتها مقارنة بالقوة اللازمة لذلك على سطوح ملساء	المشي

2- يوضح الشكل المجاورُ تسلق عامل صيانة في شركة الكهرباء لعمود كهرباء؛ إذ ينتعل حذاء بمواصفات خاصة، وأيضا يستخدم حزاما أحد طرفيه ملتف حول خصره، وطرفه الآخر ملتف حول العمود.



أ- أرسم مخطط الجسم الحر لعامل الصيانة، مسمّيا القوى المؤثرة فيه :



ب- أُفسر: هل يعتمد هذا العامل في صعوده العمود على قوة الاحتكاك السكوني أم الحركي؟ أُفسر إجابتي.

*** يعتمد على قوة الاحتكاك الحركي ، بسبب حركة العامل (الصعود) يكون معامل الاحتكاك الحركي هو المؤثر .**

ج- أحدد موقعين في الشكل تؤثر فيهما قوة الاحتكاك في العامل، وأوضح أهميتهما.
1- قوة الاحتكاك بين الحذاء والعمود. 2- قوة الاحتكاك بين الحبل ويد العامل.
* تمنع انزلاق قدمي العامل. * تساعده في سحب الحبل وتغيير موقع الحبل.

3- يبين الشكل المجاور ميزانا نابضيا معلقا في نهايته ثقل (m) ، كتلته ($10kg$)إذا علمت أن ($g = 10\,m/s^2$) فأجد قراءة الميزان في الحالات الآتية :

أ- إذا كان الثقل ساكنا :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_T = F_g = mg \rightarrow F_T = 10 \times 10 = 100N$$

ب- إذا تحرك الثقل والميزان الى أعلى بسرعة متجهة ثابتة :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_T = F_g = mg \rightarrow F_T = 10 \times 10 = 100N$$

ج- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أعلى بتسارع مقداره ($1\,m/s^2$) :

$$\sum F_y = ma \rightarrow F_T - F_g = ma \rightarrow F_T = F_g + ma \rightarrow F_T = mg + ma$$
$$F_T = 100 + 10 = 110N$$

د- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أسفل بتسارع مقداره ($1\,m/s^2$) :

$$\sum F_y = ma \rightarrow F_T - F_g = ma \rightarrow F_T = F_g - ma \rightarrow F_T = mg - ma$$
$$F_T = 100 - 10 = 90N$$

4- صندوق كتلته ($30kg$) أحسب مقدار القوة العمودية المؤثرة فيه عندما يكون مستقرا على :

أ- سطح أفقي :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = mg \rightarrow F_N = 30 \times 10 = 300N$$

ب- مستوى مائل يميل عن الأفق بزاوية ($20°$) :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g \cos 20$$
$$F_N = 30 \times 10 \times \cos 20 = 282N$$

5- في أثناء دراستي وزميلتي شيماء لموضوع قوى الاحتكاك، قالت: «إنَّ زيادةَ عرضِ إطار السيارة يزيد من قوة الاحتكاك المؤثرة فيها؛ لذا ينبغي على السائقين استخدام إطاراتٍ أقل عرضًا ؛ لتقليل احتكاكها بالطريق». أناقشُ صحة قولِ شيماء بناءً على ما تعلمته في هذا الدرس.

- لا تعتمد قوة الاحتكاك على مساحة السطح أو حجمه ، بل يعتمد على القوة العمودية المؤثرة في الجسم و طبيعة السطحين المتلامسين (نوع ماديتهما) .

الدرس الثالث: القوة المركزية

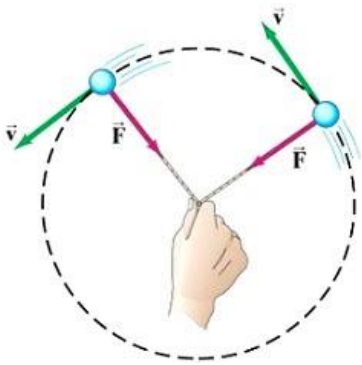
أولا: الحركة الدائرية المنتظمة والقوة المركزية

الحركة الدائرية المنتظمة

هي حركة جسم أو جسيم بسرعة ثابتة المقدار في مسار دائري نصف قطره (r) حول محور دوران.

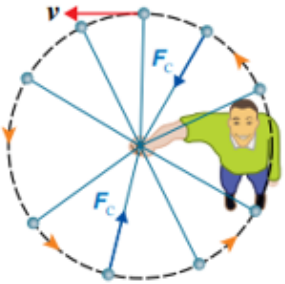
مهم

1	متجه السرعة المماسية عند أي نقطة على المسار يكون مماسيًا للمسار عن النقطة نفسها ومتعامد مع متجه الموقع الخاص به.
2	حسب قانون نيوتن الأول يتحرك الجسم في مسار مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيه قوة محصلة لكن إذا كان المسار غير مستقيم فذلك يعني أنه يتأثر بقوة محصلة.
3	تغير السرعة يدل على وجود تسارع ووجود التسارع يدل على وجود قوة محصلة تؤثر في الجسم.
4	حتى يتحرك الجسم في مسار غير مستقيم ودائري يجب أن تؤثر فيه قوة محصلة نحو مركز المسار الدائري.
5	التسارع والقوة المؤثرة في نفس الاتجاه لذلك نستدل على أن اتجاه التسارع يكون نفس اتجاه القوة المحصلة نحو مركز المسار الدائري.

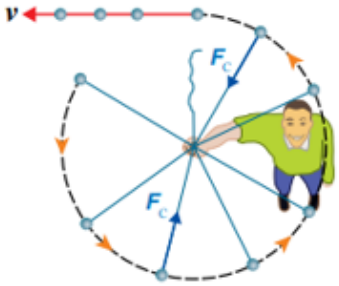


القوة المركزية

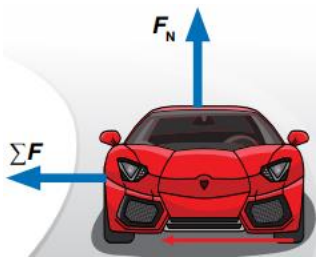
1	هي القوة التي تؤثر في الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة ويكون اتجاه تأثيرها نحو مركز المسار الدائري وتعمل على تسارعه مركزياً لكي يبقى الجسم في مساره.
2	رمزها (F_c) وتقاس بوحدة النيوتن (N) .
3	اتجاهها عموديا على اتجاه سرعتها المماسية ، أي اتجاهها يكون باتجاه تسارعها المركزي.



تتحرك الكرة حركةً دائرية منتظمةً في مسار دائري أفقي تقريبًا، بسرعة مماسية ثابتة مقدارًا , بحسب القانون الأول لنيوتن تميل الكرة إلى الحركة في مسار مستقيم مماسي للمسار الدائري؛ بسبب قصورها الذاتي.



عند انقطاع الخيط تنعدم القوةُ المركزية، وتتحرك الكرة في اتجاه سرعتها المماسية للمسار الدائري عند نقطة انقطاع الخيط.

هل القوة المركزية نوع جديد من أنواع القوى؟ وما منشأ هذه القوة ؟	
- إن القوة المركزية ليست نوعًا جديدا من القوى، وإنما هي اسم يطلق على القوة المحصلة المؤثرة عموديا على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري. - أصل هذه القوة ومنشؤُها يعتمد على الحالة الفيزيائية قيد الدراسة .	
مثال	
1	القوة المركزية المسببة لدوران القمر الصناعي في مدار حـول الأرض ناتجة عن قوة تجاذب كتلي بين القمرِ والأرض.
2	القوة المركزية المسبة لدورانِ الإلكترونات حول النواة ناتجة عن قوة جذب كهروسكونية بين النواة والإلكترونات.
3	قوى الشد في الحبال والأسلاك المتصلة بأجسام تتحرك حركة دائرية مثال على قوى مركزية.
4	القوة المركزية المؤثرة في الملابس الموضوعة في مجففة الملابس ناتجة عن القوة العمودية التي تؤثر بها جدران المجففة فيها.
5	القوة المركزية التي تمنع السيارة من الانزلاق خارج المنعطف.
لماذا لا تنزلق سيارة السباق خارج المنعطفات ؟	
بسبب القوة المركزية إذ هي قوة الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق، وتؤثر نحو مركز المسار الدائري، عموديا على اتجاه سرعة السيارة.  	

$v = \frac{2\pi r}{T}$	$a_c = \frac{v^2}{r}$	$\sum F = F_c$	$F_c = ma_c = m\frac{v^2}{r}$
- السرعة المماسية : T : الزمن الدوري. r : نصف القطر .	- التسارع المركزي : v : السرعة المماسية. r : نصف القطر .	القوة المحصلة نحو مركز الدوران تساوي القوة المركزية .	F_c : القوة المركزية . m : كتلة الجسم . a_c : التسارع المركزي. v : السرعة المماسية. r : نصف القطر .

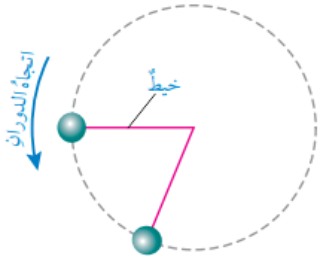
العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المركزية

1- نصف قطر المسار الدائري عند ثبات مقدار السرعة المماسية. - علاقة عكسية -
- حيث يلزم التأثير بقوة مركزية أكبر لجعل الجسم يتحرك في مسار دائري نصف قطره أصغر.
2- مربع مقدار السرعة المماسية عند ثبات نصف قطر المسار الدائري. - علاقة طردية -
- حيث يلزم التأثير بقوة مركزية أكبر لجعل الجسم يتحرك في مسار دائري بسرعةٍ.

مهم	
1	مقدار القوة المركزية ثابتاً في الحركة الدائرية المنتظمة.
2	اتجاه القوة المركزية عمودياً على متجه السرعة المماسية.
3	إذا كانت القوة المركزية هي نفسها قوة شد فإنه يكون هناك قيمة قصوى لمقدار قوة الشد التي يتحملها الخيط قبل أن ينقطع وبالتالي يكون هنالك حدود لنصف قطر المسار.
4	يكون هناك حدود للسرعة المماسية (حد أقصى) لا يمكن تجاوزه وإلا فإن الجسم سيخرج عن المسار الدائري.

مثال (1)

- كرة كتلتها ($50g$) مربوطة في نهاية خيط طوله ($100cm$) تتحرك حركة دائرية منتظمة في مسار دائري أفقي ، فإذا علمت أن الزمن الدوري للكرة ($0.5s$) فأحسب مقدار ما يأتي :
($m = 50g = 0.05kg$) ($r = 100cm = 1m$)



أ- سرعتها المماسية :

$$v = \frac{2\pi T}{r} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.5}{1} = 12.6\ m/s$$

ب- تسارعها المركزي :

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(12.6)^2}{1} = 158.8\, m/s^2$$

ج- القوة المركزية المؤثرة فيها :

$$F_c = ma_c = 0.05 \times 158.8 = 7.9N$$

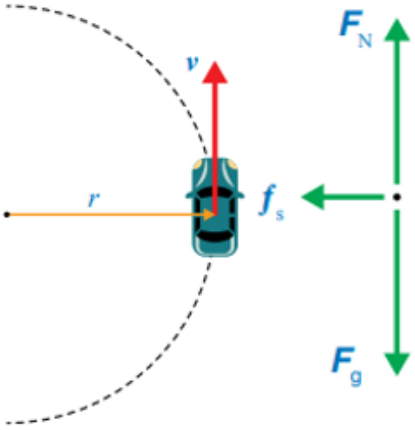
د- قوة الشد في الخيط :

* قوة الشد في الخيط هي نفسها القوة المركزية .

$$F_T = F_c = 7.9N$$

مثال (2)

- تتحرك سيارة كتلتها ($1.5 \times 10^3 kg$) في مسار دائري نصف قطره ($50m$) بسرعة ثابتة مقدارها ($15m/s$) ، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين اطارات السيارة وسطح الطريق (0.8) ، وسطح الطريق أفقي ، فأحسب ما يلي :



أ- التسارع المركزي للسيارة :

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(15)^2}{50} = \frac{225}{50} = 4.5\, m/s^2$$

ب- القوة المركزية المؤثرة في السيارة :

$$F_c = ma_c = 1.5 \times 10^3 \times 4.5 = 6.75 \times 10^3 N$$

ج- أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة دون أن تنزلق :

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = mg = 1.5 \times 10^3 \times 10 = 1.5 \times 10^4$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 0.8 \times 1.5 \times 10^4 = 1.2 \times 10^4 N$$

$$F_c = f_{s,max} = m\frac{v^2}{r} \rightarrow 1.2 \times 10^4 = 1.5 \times 10^3 \frac{v^2}{50}$$

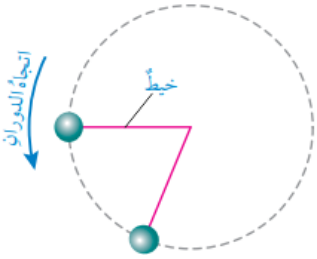
$$v^2 = \frac{1.2 \times 10^4 \times 50}{1.5 \times 10^3} = 400N$$

$$v = 20\, m/s$$

مثال (3)

- في المثال (1) ، أحسب مقدار أكبر سرعة مماسية يمكن أن تتحرك بها الكرة إذا علمت أن مقدار أكبر قوة شد يتحملها الخيط قبل أن ينقطع تساوي ($10N$) :

($r = 100cm = 1m$) ($m = 50g = 0.05kg$)



$$F_c = F_T = \frac{mv^2}{r} \rightarrow 10 = \frac{0.05v^2}{1} \rightarrow v^2 = \frac{10}{0.05} = 200$$

$$v = \sqrt{200} = 14m/s$$

مثال (4)

- سيارة كتلتها ($1.5 \times 10^3 kg$) ، تتحرك في مسار دائري نصف قطره ($90m$) بسرعة ثابتة مقدارها ($50km/h$) ، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.6) ، وسطح الطريق الأفقي ، فأحسب مقدار ما يأتي :

$$\frac{50km}{h} \rightarrow 50\frac{km}{h} \times \frac{1000m}{1km} \times \frac{1h}{3600s} \rightarrow \frac{50 \times 1000}{3600} = 13.8m/s$$

أ-القوة المركزية المؤثرة في السيارة :

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(13.8)^2}{90} = \frac{190.44}{90} = 2.11\,m/s^2$$

$$F_c = ma_c = 1.5 \times 10^3 \times 2.11 = 3.16 \times 10^3 N$$

ب- أكبر سرعة ممكن ان تتحرك بها السيارة على هذا الطريق دون أن تنزلق :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = mg \rightarrow F_N = 1.5 \times 10^3 \times 10 = 1.5 \times 10^4 N$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 0.6 \times 1.5 \times 10^4 \rightarrow f_{s,max} = 0.9 \times 10^4 N$$

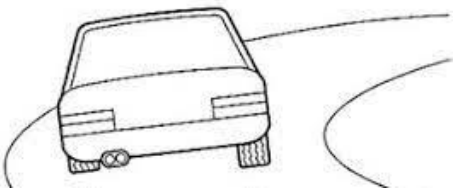
$$f_{s,max} = F_c = 0.9 \times 10^4 N \rightarrow f_{s,max} = F_c = \frac{mv^2}{r} \rightarrow 0.9 \times 10^4 = \frac{1.5 \times 10^3 v^2}{90}$$

$$v^2 = \frac{0.9 \times 10^4 \times 90}{1.5 \times 10^3} = \frac{9 \times 10^3 \times 90}{1.5 \times 10^3} = 540\,m/s$$

$$v = \sqrt{540} = 23.2m/s$$

مثال (5)

- سيارة تسير على منعطف دائري نصف قطره ($100m$) ، بسرعة ($30m/s$) ، ما أقل قيمة لمعامل الاحتكاك السكوني بين عجلات السيارة والطريق التي تضمن عدم خروج السيارة عن المسار الدائري :



$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = mg$$

$$F_c = f_{s,max} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow \mu_s F_N = \frac{mv^2}{r} \rightarrow \mu_s mg = \frac{mv^2}{r}$$

$$\mu_s = \frac{v^2}{gr} = \frac{(30)^2}{10 \times 100} = \frac{900}{1000} = 0.9$$

مراجعة الدرس

1- ما المقصود بالقوة المركزية؟ وهل هي نوع جديد من القوى؟ أُفسِّرُ إجابتي.

- القوة المركزية : هي القوة التي تؤثر في الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة ويكون اتجاه تأثيرها نحو مركز المسار الدائري وتعمل على تسارعه مركزياً لكي يبقى الجسم في مساره.

- إن القوة المركزية ليست نوعًا جديدا من القوى، وإنما هي اسم يطلق على القوة المحصلة المؤثرة عموديا على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري.

2- متوسط نصف قطر مدار القمر حول الأرض ($3.8 \times 10^8 m$) تقريبا، وسرعته المماسية المتوسطة ($1 \times 10^3 m/s$) وكتلته ($7.3 \times 10^{22} kg$) تقريبا ، فأحسب ما يلي :

أ- زمنه الدوري في مداره :

$$v = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow 1 \times 10^3 = \frac{2 \times 3.14 \times 3.8 \times 10^8}{T} \rightarrow T = \frac{2 \times 3.14 \times 3.8 \times 10^8}{1 \times 10^3}$$

$$= 23.6 \times 10^5 s$$

ب- مقدار تسارعه المركزي :

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(1 \times 10^3)^2}{3.8 \times 10^8} = \frac{1 \times 10^6}{3.8 \times 10^3} = 0.26 \times 10^{-2}\, m/s^2$$

ج - ما منشأ القوة المركزية المؤثرة فيه واللازمة لدورانه في مداره ؟

- أصل القوة المركزية ومنشأها يعتمد على الحالة الفيزيائية الواقعة قيد الدراسة.

- منشأ القوة المركزية المؤثرة في القمر هي قوة جذب كتلة تؤثر بها الأرض في القمر فيدور القمر حولها.

د- مقدار القوة المركزية المؤثرة فيه :

$$F_c = ma_c = 7.3 \times 10^{22} \times 0.26 \times 10^{-2} = 1.89 \times 10^{20} N$$

3- سيارة كتلتها ($1.1 \times 10^3 kg$) ، تتحرك بسرعة ($12 m/s$) في منعطف نصف قطره ($25 m$) ، احسب مقدار ما يأتي :

أ- مقدار التسارع المركزي للسيارة :

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(12)^2}{25} = \frac{144}{25} = 5.76\, m/s^2$$

ب- مقدار القوة المركزية المؤثرة في السيارة :

$$F_c = ma_c = 1.1 \times 10^3 \times 5.76 = 6.33 \times 10^3 N$$

ج- ما منشأ القوة المركزية المؤثرة في السيارة ؟

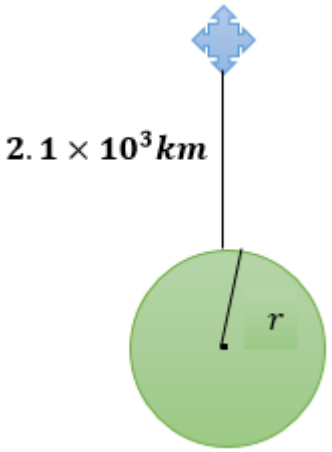
- أصل القوة المركزية ومنشأها يعتمد على الحالة الفيزيائية الواقعة قيد الدراسة.
- منشأ القوة المركزية قوة جانبية منشؤها قوة الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق تؤثر نحو مركز الدائرة التي يعد المنعطف جزءا منها.

د- مقدار أكبرِ سرعةٍ مماسية يمكن أن تتحرك بها السيارة في هذا المنعطفِ؛ إذا كانَ مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة نحو مركز المنعطف ($8kN$) :

$$f_{s,max} = F_c = 8 \times 10^3 N \;\therefore\therefore\; f_{s,max} = F_c = \frac{mv^2}{r} \rightarrow 8 \times 10^3 = \frac{1.1 \times 10^3 \times v^2}{25}$$

$$v^2 = \frac{8 \times 10^3 \times 25}{1.1 \times 10^3} = \frac{200}{1.1} = 181.8 m/s \;\rightarrow v = \sqrt{181.8} = 13.5 m/s$$

4- قمر صناعي كتلته ($5.5 \times 10^2 kg$) ، يدور حول الأرض على ارتفاع ($2.1 \times 10^3 km$) من سطح الأرض . إذا كان الزمن الدوري للقمر ساعتين وتسع دقائق ، ونصف قطر الأرض ($6.38 \times 10^3 km$) ، فأحسب مقدار :



بعد القمر الصناعي عن مركز الأرض = بعد القمر عن سطح الأرض + نصف قطر الأرض

$$2.1 \times 10^3 + 6.38 \times 10^3 = 8.48 \times 10^3 km \rightarrow 8.48 \times 10^6 m$$

أ- السرعة المماسية للقمر :

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 8.48 \times 10^6}{7740} = \frac{53.25 \times 10^6}{7740} = 6.87 \times 10^3\ m/s$$

ب- القوة المركزية المؤثرة في القمر :

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{5.5 \times 10^2 \times (6.87 \times 10^3)^2}{8.48 \times 10^6} = 3.07 \times 10^3 N$$

5- في أثناء دراستي وزميلتي فاتن لموضوع القوة المركزية، قالت: «يجب على سائق سيارة السباق التي تتحرك على طريق أفقي لمنعطف - زيادة مقدار سرعة السيارة؛ لزيادة مقدار القوة المركزية المؤثرة فيها، وبالتالي المحافظة على استقرارها وعدم انزلاقها». أُناقش صحة قولِ فاتن.

- زيادة سرعة السيارة يتطلب زيادة مقدار قوة الاحتكاك السكوني الجانبية اللازم تأثيرها في السيارة لتوفير القوة المركزية المناسبة لضمان عدم انزلاقها، غير أنه يوجد قيمة عظمى لقوة الاحتكاك السكوني، وهذا يعني أنه عند سرعة معينة تصبح هذه القوة غير قادرة على توفير القوة اللازمة لضمان استقرار السيارة في المنعطف، فتنزلق خارجه.

مراجعة الوحدة

-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
أ	أ	ج	د	ج	د	ج	ج	أ	ب	ج	أ	أ

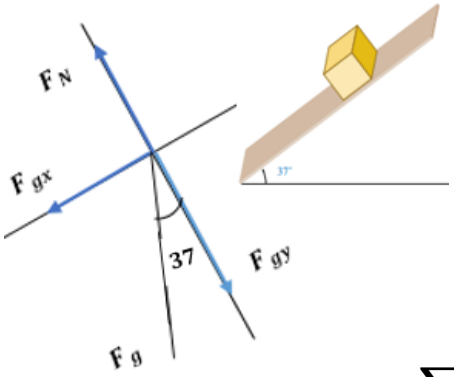
2- في أي اتجاه يؤثر التسارع المركزي ؟ وهل يؤدي إلى تغير مقدار السرعة المماسية؟ أفسر إجابتي.

- يؤثر التسارع المركزي في اتجاه القوة المركزية، ويكون نحو مركز المسار الدائري. التسارع المركزي ناتج عن تغير اتجاه السرعة المماسية، وليس تغير مقدارها، لذا يبقى مقدار السرعة المماسية ثابتا في الحركة الدائرية المنتظمة.

3- أُحدّدُ منشأ القوة التي تسبب الحركة الدائرية للأجسام الآتية :

أ	حركة الأرض في مدار حول الشمس.	قوة التجاذب الكتلي بين كتلة الأرض وكتلة الشمس .
ب	حركة الملابس في حوض التجفيف الأسطواني في غسالة (أي مجففة الملابس).	القوة العمودية التي يؤثر بها الجدار الداخلي لحوض التجفيف نحو محور الحوض الإسطواني.
ج	حركة كرة مربوطة في نهاية خيط في مسار دائري أفقي.	قوة الشد في الخيط .
د	حركة الإلكترون حول النواة.	قوة جذب كهروسكونية بين النواة ةا الإلكترونات.

4- صندوق كتلته ($2kg$) ، ينزلق على مستوى مائل أملس ، يميل على الأفقي بزاوية ($37°$) ، إذا علمت أن ($\cos 37 = 0.8$) ، ($\sin 37 = 0.6$) ، ($g = 10\,m/s^2$) ، فأحسب :



$$F_{gy} = F_g \cos\theta \rightarrow F_{gy} = mg\,cos\,37$$
$$= 2 \times 10 \times 0.8 = 16N$$
$$F_{gx} = F_g \sin\theta \rightarrow F_{gy} = mg \sin 37$$
$$= 2 \times 10 \times 0.8 = 12N$$

أ- القوة العمودية المؤثرة في الصندوق :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} \rightarrow F_N = 16N$$

ب- تسارع الصندوق :

$$\sum F_x = ma_x \rightarrow F_{xg} = ma \rightarrow 12 = 2a \rightarrow a = \frac{12}{2} = 6\,m/s^2$$

5- يدور قمر صناعي لتحديد المواقع (GPS) حول الأرض في مدار ارتفاعه ($2.02 \times 10^7 m$) فوق سطحها ، إذا علمت أن كتلته ($1.6 \times 10^3 kg$) ، فأحسب :

أ- قوة التجاذب الكتلي بين القمر الصناعي والأرض :

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{Gm_1m_2}{(r_E + R)^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.98 \times 10^{24})(1.6 \times 10^3)}{(6.38 \times 10^6 + 2.02 \times 10^7)^2}$$

$$F = \frac{63.8 \times 10^{16}}{706.49 \times 10^{12}} = 9.03 \times 10^2 N$$

ب- تسارع الجاذبية الأرضية في موقع القمر الصناعي :

$$g = \frac{Gm_E}{r^2} = \frac{Gm_E}{(r_E + R)^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.98 \times 10^{24})}{(6.38 \times 10^6 + 2.02 \times 10^7)^2} = \frac{39.88 \times 10^{13}}{706.49 \times 10^{12}}$$

$$g = 0.56\, m/s^2$$

6 - تزود سيارات السباق بإطارات مسطحة (slick) ; للسباق على طرق جافة ، بينما تزود بإطارات بها أخاديد للسباق على طرق مبتلة :

أ- فسر سبب استخدام كل نوع :

- معامل الاحتكاك السكوني بين إطار السيارة وسطح الطريق الجاف أكبر من معامل الاحتكاك السكوني بين الإطار وسطح الطريق المبلل ، لذا تستخدم الإطارات المسطحة للسباق على الطرق الجافة.

- الإطارات ذات الأخاديد فتستخدم للسباق على طرق مبللة؛ حيث تنساب المياه خلال الأخاديد مما يؤدي إلى عدم فقدان التلامس بين الإطار وسطح الطريق مما يحمى السيارة من الانزلاق خاصة عند المنعطفات.

ب- بما أن الاحتكاك يعتمد على طبيعة السطحين المتلامسين فما أهمية الأخاديد في إطارات السيارة ؟

- يساعد وجود الأخاديد على انسياب المياه من أسفل الإطار وتصريفها بحيث يبقى ملامس لسطح الطريق.

7- إذا علمت أن كتلة المشتري ($1.9 \times 10^{27} kg$) تقريبا ، ونصف قطره ($7.15 \times 10^7 m$) تقريبا ، فأحسب مقدار :

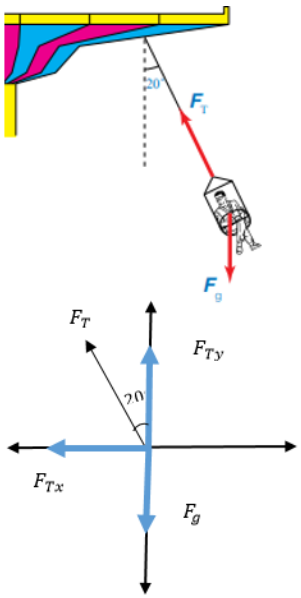
أ- تسارع السقوط الحر على سطح المشتري :

$$g_J = \frac{Gm_J}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.9 \times 10^{27}}{(7.15 \times 10^7)^2} = 24.8\, m/s^2$$

ب- وزن هدى على سطح المشتري ، إذا علمت أن كتلتها ($60kg$) :

$$F_{gJ} = mg_J = 60 \times 24.8 = 1488N$$

8- يجلس راكب على كرسي أفعوانية معلق بسلسلة مهملة الكتلة متصلة بقرص دوار، كما هو موضح في الشكل المجاور. إذا علمت أن الأفعوانية تتحرك حركة دائرية منتظمة، وكتلة الراكب والكرسي($95kg$) ، ونصف قطر المسار الدائري الذي يتحرك به الراكب والكرسي($4.5m$) وتصنع السلسلة زاوية ($20°$) بالنسبة إلى الرأسي، فأحسب مقدار:



أ- قوة الشد في السلسلة :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{Ty} - F_g = 0 \rightarrow F_{Ty} = F_g \rightarrow F_{Ty} = mg$$

$$F_T \cos 20 = mg \rightarrow F_T = \frac{mg}{\cos 20} = \frac{95 \times 10}{0.9} = 1055.5N$$

ب- السرعة المماسية للراكب على الكرسي :

$$F_{Tx} = F_c \rightarrow F_T \sin 20 = \frac{mv^2}{r} \rightarrow 1055.5 \times 0.34 = \frac{95v^2}{4.5}$$

$$358.87 \times 4.5 = 95v^2 \rightarrow 1614.9 = 95v^2 \rightarrow v^2 = \frac{1614.9}{95}$$

$$v^2 = 16.9 \rightarrow v = \sqrt{16.9} = 4.1m/s$$

9- قمر صناعي كتلته ($135kg$) يدور في مدار منخفض حول الأرض على ارتفاع ($250km$) من سطحها . إذا كان الزمن الدوري له ($90min$) ، وبافتراض أن مساره دائري ، فأجيب عما يأتي :

أ- إحسب مقدار السرعة المماسية للقمر الصناعي في مداره :

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(r_E + R)}{T} = \frac{2 \times 3.14(6.38 \times 10^6 + 0.250 \times 10^3)}{90 \times 60}$$

$$v = 7.7 \times 10^3 m/s$$

ب- إحسب مقدار التسارع المركزي للقمر الصناعي :

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(7.7 \times 10^3)^2}{6.63 \times 10^6} = 9\, m/s^2$$

ج- إحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة فيه :

$$F_c = ma_c = 135 \times 9 = 1215N$$

د- أصف منشأ القوة المركزية المؤثرة في القمر الصناعي :

* منشأ القوة المركزية للقمر الصناعي هي قوة التجاذب بين كتلة القمر الصناعي وكتلة الأرض .

10- في إحدى الألعاب الرياضية يدوّرُ لاعب مطرقة كتلتها ($7.26kg$) متصلة بإحدى نهايتي سلسلة طولها($1.21m$) في مسار دائري أفقي كما هو موضح في الشكل المجاور. واللاعبُ الفائز هو الذي يرميها إلى أبعد مسافة ممكنة. فإذا دارَ لاعب حول نفسه وهو ممسك بالطرف الحرّ للسلسلة على بُعدِ ($0.64m$) من محور دورانهِ، وأكمل دورةً كاملة خلال($0.55s$)، وبافتراض أنَّ اللاعب حرك السلسلة والمطرقة في مسار دائري أفقي في أثناء دورانه، فأحسبُ مقدار:

أ- السرعة المماسية للمطرقة :

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times (1.21 + 0.64)}{0.55} = 21.1\, m/s$$

ب- القوة المركزية المؤثرة في المطرقة قبيل انطلاقها :

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{7.26 \times (21.1)^2}{1.85} = 1747.1N$$

11- تتحرك سيارة كتلتها ($9 \times 10^2 kg$) في مسار دائري نصف قطره ($70m$)بسرعة ثابتة مقدارًا. إذا كانَ معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.70)، والقوة المركزية المؤثرة فيها ($2.5 \times 10^3 N$) وسطح الطريق أفقي، فأحسبُ مقدار :

أ- التسارع المركزي للسيارة :

$$F_c = ma_c \rightarrow a_c = \frac{F_c}{m} = \frac{2.5 \times 10^3}{9 \times 10^2} = 2.78\, m/s^2$$

ب- السرعة المماسية للسيارة :

$$a_c = \frac{v^2}{r} \rightarrow v^2 = a_c r = 2.78 \times 70 = 194.6 \rightarrow v = \sqrt{194.6} = 13.95 m/s$$

ج- أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة على هذا الطريق دون أن تنزلق :

$$F_c = f_{s,max} \rightarrow \frac{mv^2}{r} = \mu_s F_N \rightarrow \frac{mv^2}{r} = \mu_s mg \rightarrow v^2 = r\mu_s g$$

$$v^2 = 70 \times 0.7 \times 10 = 490 \rightarrow v = \sqrt{490} = 22.14 m/s$$

12- يُبين الشكل المجاور لعبة الحصان الدوار دوامة الخيل (carousel) ,في إحدى مدن الألعاب؛ حيثَ تتحرك حركة دائرية منتظمة حول محور دوران. فإذا ركب طفل كتلته ($30kg$) أحد الأحصنة الموجودة على اللعبة وكان بعده عن محور الدورانِ ($3m$) والحصان يتم دورةً كاملةً كلّ ($20s$) فأحسب مقدار كل من:

أ – السرعة المماسية للطفل :

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 3}{20} = 0.94 m/s$$

ب- القوة المركزية المؤثرة في الطفل :

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{30 \times 0.94^2}{3} = 8.84N$$

ج- السرعة المماسية للطفل عندما يجلس على حصان أخر يبعد عن محور الدوران ($4m$) :

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 4}{20} = 1.26 m/s$$

13- حلقت في أحد العروض الجوية إحدى طائرات سلاح الجو الملكي الأردني كتلتها ($1.2 \times 10^3 kg$) في مسار دائري أفقي نصف قطره ($1km$) ، بحيثُ أتمت الطائرة دورتين خلال ($1min$) أجيب عما يأتي:

أ- أحسب مقدار سرعتها المماسية :

عدد الدورات : $n \rightarrow T = \frac{t}{n} = \frac{60}{2} = 30s$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 1 \times 10^3}{30} = 0.2093 \times 10^3 = 209.3\, m/s$$

ب- أحسب مقدار تسارعها المركزي :

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(209.3)^2}{1 \times 10^3} = \frac{(209.3)^2}{1000} = 43.9 m/s^2$$

ج- أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة في الطيار، إذا علمت أن كتلته ($70kg$) :

$$F_c = ma_c = 70 \times 43.9 = 3073N$$

د- مقدار التسارع المركزي المؤثر في الطيارة بتسارع سقوط الحر على سطح الأرض ، ماذا أستنتج :

$$\frac{a_c}{g} = \frac{43.9}{10} = 4.4$$

- أي أن التسارع المؤثر في الطيار نتيجة حركته الدائرية يساوي (4.4) أضعاف تسارع السقوط الحر على سطح الأرض.