الوحدة الرابعة : تطبيقات على قوانين نيوتن للحركة

الدرس الأول : الوزن وقانون الجذب العام

الكتلة (m) : مقدار المادة الموجودة في جسم

- كمية فيزيائية ← كمية قياسية (لاتتغير)
- تقاس بوحدة ← كغ (kg) / غرم (g)

الوزن (F) : قوة جذب الأرض للجسم

- كمية فيزيائية ← كمية متجهة (تتغير) (رأسيا نحو المركز)
- تقاس بوحدة ← نيوتن (N) / كغ.م /ث^2 (Kg.m/s2)

قانون (1) : قوة وزن الجسم $F_g = mg$

- ❖ يقاس الوزن والكتلة من خلال جهاز الميزان النابضي

الشكل (1):ميزانٌ نابضيٌّ مُدرَّجٌ لقياس الكتلة والوزن معًا.

تعتمد قوة وزن الجسم على :

1- الكتلة (m) 2- تسارع السقوط الحر (g)

سؤال : وضح الفرق بين الكتلة والوزن :

الكتلة	الوزن
كمية قياسية رمزها m.	كمية متجهة رمزها F_g.
كمية فيزيائية أساسية وحدة قياسها kg.	كمية فيزيائية مشتقة وحدة قياسها N.
يجري قياسها بالموازين العادية: الميزان ذي الكفتين، الميزان ثلاثي الأذرع،	يجري قياسه بالميزان النابضي (الزنبركي).
لا يمكن أن تكون صفرًا.	يمكن أن يكون صفرًا؛ عندما يكون الجسم في الفضاء بعيدًا عن أي كوكب أو جرم.

أحمد العزازمة أسيل حسن

حبةُ تفاحٍ كتلتُها (150 g)، أحسبُ وزنَها على سطحِ:

أ . الأرضِ، حيثُ تسارعُ السقوطِ الحرِّ على سطحِها $g = 10\ m/s^2$ تقريبًا.

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

ب. القمرِ، حيثُ تسارعُ السقوطِ الحرِّ على سطحِهِ $g_M = 1.6\ m/s^2$ تقريبًا.

$$F_{gM} = mg_M$$
$$= 0.15 \times 1.6 = 0.24\ N$$

ج. احسب وزن التفاحة على سطح المريخ حيث $g=3.7m/s^2$

$$F_{gMars} = mg_{Mars} = 0.15 \times 3.7 = 0.56\ N$$

د. احسب وزن التفاحة على سطح المشتري حيث $g=24.8m/s^2$

$$F_{gJupiter} = mg_{Jupiter} = 0.15 \times 24.8 = 3.7\ N$$

مثال (2) :

صندوق وزنه على سطح القمر (16 N). احسب كتلته ووزنه على سطح الأرض، حيث تسارع السقوط الحر على سطحها $g = 10\ m/s^2$ تقريبًا. علمًا بأن تسارع السقوط الحر على سطح القمر $g_M = 1.6\ m/s^2$ تقريبًا.

$$m = \frac{F_g}{g_M}$$
$$= \frac{16}{1.6}$$
$$= 10\ kg$$

كتلة الجسم ثابتة، ولا تتغير من مكان إلى آخر على سطح الأرض، أو من جرم إلى آخر.

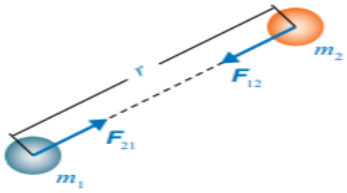
وزن الصندوق على سطح الأرض:

$$F_g = mg = 10 \times 10 = 100\ N$$

أحمد العزازمة أسيل حسن

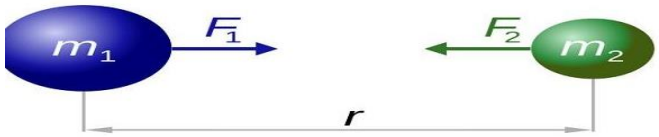
قانون الجذب العام : كل جسمين بالكون يتجاذبان بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما

قانون (2) : الجذب العام الكوني ⟵ $F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$



- كتلة الجسم الأول m1
- كتلة الجسم الثاني m2
- مربع المسافة بينهما r^2
- ثابت الجذب العام $G = 6.67 \times 10^{-11}$

ملاحظة :



حسب قانون نيوتن الثالث

القوة التي تؤثر في الجسم الأول نسبة الى الثاني مساوية في المقدار معاكسة في الأتجاه (قوة متبادلة)

$$F_1 = F_2 = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

سؤال (1) : علل على الرغم من ان قوة الجذب الكتلي من اضعف انواع القوة الا ان لها اهمية كبيرة في حياتنا :

✓ **لانها تعمل على عدم فقدان التلامس مع سطح الأرض الذي قد يؤدي الى ان نطفو في الفضاء**

سؤال (2) : علل قوة الجذب الكتلي تفسر حركة الأقمار حول الكواكب ظاهرة المد والجزر

✓ **لانها مسؤلة عن حركة القمر حول الأرض وعن حركة الكواكب في المجموعة الشمسية**

سؤال (3) : كيف تتغير قوة التجاذب الكتلي بين جسمين m1و m2 و المسافة بين مركزيهما r عند مضاعفة مايلي :

أ- **المسافة بين مركزيهما : تقل قوة التجاذب الى الربع .** $F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$

ب- **كتلة الجسم الأول : تتضاعف القوة مرتين .**

ج- **كتلتي الجسمين معا :تتضاعف القوة أربع مرات .**

مثال :

إذا كانتْ كتلةُ مريمَ (50 kg)، وكتلةُ عائشةَ (60 kg)، والبعدُ بينهُما (50 cm)، فأحسبُ مقدارَ:

أ . القوةِ التي تؤثرُ بها مريمُ في عائشةَ (F_{MA})، وأُحدِّدُ اتجاهَها.

ب . القوةِ التي تؤثرُ بها عائشةُ في مريمَ (F_{AM})، وأُحدِّدُ اتجاهَها.

أحمد العزازمة أسيل حس

$$F_{MA} = \frac{Gm_M m_A}{r^2}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 50 \times 60}{(0.5)^2} = \frac{2.001 \times 10^{-7}}{(0.5)^2}$$

$$= 8.004 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

وتكونُ هذهِ القوةَ في اتجاهِ مريمَ؛ حيثُ إنّها قوةُ تجاذبٍ دائمًا.

ب . بحسبِ القانونِ الثالثِ لنيوتن، تكونُ قوةُ التجاذبِ الكتليِّ التي تؤثرُ بها عائشةُ في مريمَ مساويةً في المقدارِ للقوةِ التي تؤثرُ بها مريمُ في عائشةَ، ومعاكسةً لها في الاتجاهِ، أيْ أنَّ:

مثال :سيارتان A، وB، كتلتاهما: $(2 \times 10^3\ \text{kg})$، و $(3 \times 10^3\ \text{kg})$، والبعد بين مركزيهما (50 m). احسب مقدار واتجاه:

أ . القوة التي تؤثر بها السيارة A في السيارة B، (F_{AB}).

ب. القوة التي تؤثر بها السيارة B في السيارة A، (F_{BA}).

أ.

$$F_{AB} = \frac{Gm_A m_B}{r^2}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^3 \times 3 \times 10^3}{(50)^2}$$

$$= 1.6 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

ب. بناءا على قانون نيوتن الثالث ستكون مساوي في المقدار ومعاكسة بالاتجاه

$$F_{BA} = 1.6 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

تمرينٌ

أستنتجُ: في المثالِ السابقِ أجدُ النسبةَ بينَ قوةِ جذبِ الأرضِ لكلٍّ منْ مريمَ وعائشةَ، وقوةِ جذبهما لبعضهما. ماذا أستنتجُ؟

قوة جذب الارض لمريم :

$$F_{MA} = F_{AM} = 8.004 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

$$\frac{F_{gM}}{F_{AM}} = \frac{50 \times 10}{8.004 \times 10^{-7}} = 6.25 \times 10^8$$

قوة جذب الأرض لمريم تساوي 6.25×10^8 ضعف قوة جذب عائشة لها.

النسبة بين قوة جذب الأر

$$F_{MA} = F_{AM} = 8.004 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

$$\frac{F_{gA}}{F_{MA}} = \frac{60 \times 10}{8.004 \times 10^{-7}} = 7.50 \times 10^8$$

قوة جذب الأرض لعائشة تساوي 7.50×10^8 ضعف قوة جذب مريم لها.

تسارع السقوط الحر للأرض بإختلاف الموقع (r)

1- اثبات قيمة مقدار تسارع الجاذبية الأرضية باستخدام :

أ- قانون نيوتن الثاني : $\sum F = ma = mg$

ب- قوة التجاذب الكتلي : $F = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$

وزن الجسم عند سطح الأرض = قوة التجاذب الكتلي بين كتلة الجسم وكتلة الأرض

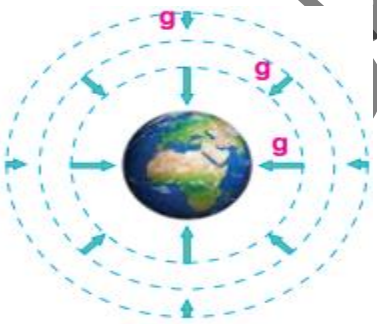
$$mg = \frac{Gmm_E}{r_E^2} \longleftarrow mg = \frac{Gm_E}{r_E^2} \longleftarrow g = \frac{Gm_E}{r_E^2}$$

❖ بتعويض بكتلة الأرض ونصف قطرها وثابت الجذب العام تصبح المعادلة

❖ لحساب تسارع السقوط الحر للأرض عن اي موقع يبعد مسافة (r)

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

$$g = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{(6.38 \times 10^6)^2} = 9.80\ \text{m/s}^2$$



❖ ملاحظات مهمة :

1- يكون اتجاه تسارع السقوط الحر في اتجاه مركز الأرض
2- كلما زاد البعد عن مركز الأرض يقل مقدار التسارع (العلاقة عكسية)
3- يتناقص وزن اي جسم في اثناء ابتعاده عن سطح الأرض
4- يتغير تسارع السقوط الحر بتغير البعد عن سطح الأرض (r)

مثال (3) : إذا علمتُ أنَّ كتلةَ القمرَ (7.35×10^{22} kg) تقريبًا، ونصفَ قطرهِ (1.738×10^6 m) تقريبًا، فأحسبُ مقدارَ:

أ . تسارعِ السقوطِ الحرِّ على سطحِ القمرِ.

ب . تسارعِ السقوطِ الحرِّ على سطحِ جِرمٍ، كتلتهُ تساوي كتلةَ القمرِ، ونصفُ قطرهِ يساوي ضعفيْ نصفِ قطرِ القمرِ.

أ . نستخدمُ معادلةَ حسابِ تسارعِ السقوطِ الحرِّ الآتيةَ:

$$g_M = \frac{Gm_M}{r_M^2}$$

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

ب . نستخدمُ معادلةَ حسابِ تسارعِ السقوطِ الحرِّ الآتيةِ:

$$g_A = \frac{Gm_A}{r_A^2}$$

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

تمرينٌ

كتلةُ جُمانَ 70 kg، إذا علمتُ أنَّ $g = 10 \text{ m/s}^2$ و $g_{Moon} = 1.6 \text{ m/s}^2$، تقريبًا، فأحسبُ مقدارَ:

أ . وزنِها على سطحِ الأرضِ.

$$F_g = mg$$

$$= 70 \times 10 = 700 \text{ N}$$

ب . كتلتِها على سطحِ القمرِ.

الكتلة ثابتة لا تتغير من مكان إلى آخر.

$$m_M = m_E = m = 70 \text{ kg}$$

جـ . وزنِها على سطحِ القمرِ.

$$F_{gM} = mg_M$$

$$= 70 \times 1.6 = 112 \text{ N}$$

حلول اسئلة الدرس الأول ص17

1. الفكرةُ الرئيسةُ: ما المقصودُ بالوزنِ؟ وعلامَ تعتمدُ قوةُ التجاذبِ الكتليِّ بينَ أيِّ جسميْنِ؟ وعلامَ يعتمدُ تسارعُ الجاذبيةِ الأرضيةِ؟

- **الوزن كمية متجهة يقاس بوحدة(N) بحسب النظام الدولي للوحدات، وهو غير ثابت، ويتغير بتغير تسارع السقوط الحر**
- **تعتمد قوة التجاذب الكتلي بين أي جسمين على كتلتيهما حيث تتناسب طردي مع حاصل ضربهما كما تعتمد على مربع المسافة بين مركزيهما وتتناسب عكسيا**
- **يعتمد تسارع الجاذبية على ثابت الجذب العام وكتلة لارض (مقادير ثابتة)وبعد النقطة عن مركز الارض (تتناسب عكسيا)**

2. أُحلّلُ: كيفَ تتغيرُ قوةُ التجاذبِ الكتليِّ بينَ جسميْنِ: m_1 وَ m_2، المسافةُ بينَ مركزيْهما r، عندَ مضاعفةِ كلٍّ ممّا يأتي مرّتينِ:

أ. المسافةِ بينَ مركزيْهما ب. كتلةِ الجسم الأولِ جـ. كتلتيْ الجسميْنِ معًا

أ. تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما ربع قيمتها الابتدائية.

ب. تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما ضعف قيمتها الابتدائية.

جـ. تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية.

3. أتوقعُ: لو أصبحتْ كتلةُ الأرضِ ضعفَيْ ما هيَ عليْهِ، منْ دونِ تغيُّرِ نصفِ قطرِها، فماذا يحدثُ لمقدارِ تسارعِ السقوطِ الحرِّ (g) قربَ سطحِها؟

يتناسب تسارع السقوط الحر طرديا مع كتلة الارض لذا فإنه عند مضاعفة كتلتها يتضاعف مقدار تسارع السقوط الحر على سطحها، مع عدم تغير نصف قطرها

4. أستخدمُ المتغيراتِ: على أيِّ ارتفاعٍ منْ سطحِ الأرضِ يكونُ مقدارُ تسارعِ الجاذبيةِ الأرضيةِ مساويًا لنصفِ مقدارهِ على سطحِ الأرضِ؟

$$r = r_E + R$$

$$\frac{Gm_E}{r^2} = \frac{1}{2}\frac{Gm_E}{r_E^2}$$

$$r^2 = 2r_E^2 = 2(6.38 \times 10^6)^2 = 8.14 \times 10^{13}$$

$$r = 9.02 \times 10^6 \text{ m} = r_E + R$$

$$R = r - r_E = 2.64 \times 10^6 \text{ m}$$

5. أُصدرُ حُكمًا: في أثناءِ دراستي وزميلتي هندَ لهذا الدرسِ، قالتْ: "إنَّ مفهومَيْ الكتلةِ والوزنِ مترادفانِ، وهُما يُعبِّرانِ عنِ الكميةِ الفيزيائيةِ نفسِها". أناقشُ صحةَ قولِ هندَ.

خطأ ليسا مترادفين

- الكتلة : كمية قياسية تقاس بوحدة (Kg) – قيمتها ثابتة لاتتغير
- الوزن : كمية متجهة تقاس بوحدة (N) – غير ثابتة (تتغير بتغير تسارع السقوط الحر)

6. التفكيرُ الناقدُ: إنَّ تسارعَ الجاذبيةِ على سطحِ القمرِ يساوي $\frac{1}{6}$ تسارعِ الجاذبيةِ على سطحِ الأرضِ تقريبًا. هل يمكنُني استنتاجُ أنَّ كتلةَ القمرِ تساوي $\frac{1}{6}$ كتلةِ الأرضِ؟ أوضِّحُ إجابتي.

لا لان تسارع الجاذبية يتناسب طرديا مع الكتلة وعكسيا مع مربع المسافة

فلو كان الارض والقمر نصف القطر نفسه لامكن استنتاج ان كتلة القمر تساوي 6/1 كتلة الارض

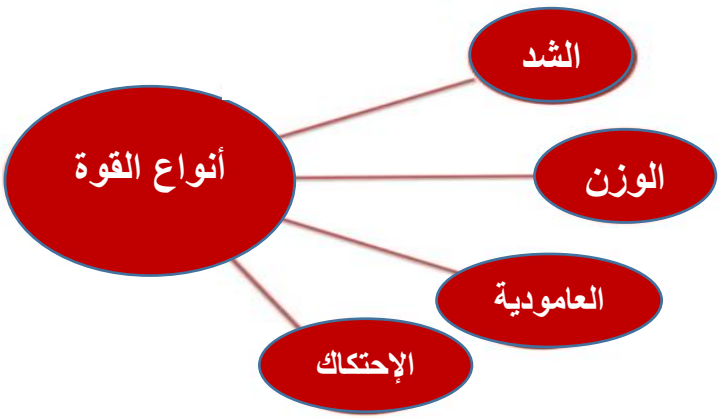
لكن نصف قطر القمر اقل من لارض

الدرس الثاني : تطبيقات على القوة

متى تكون محصلة القوة المؤثرة تساوي صفر :

أ- اذا كان الجسم ساكن

ب- متحرك بسرعة متجهة ثابتة



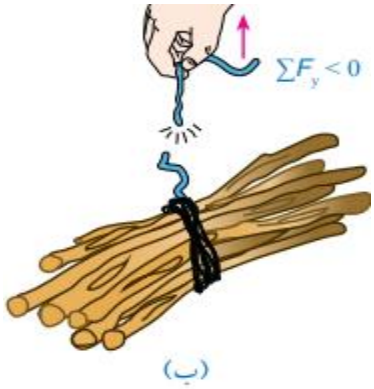
❖ ماذا نقصد بالاتزان الديناميكي (الاتزان السكوني):

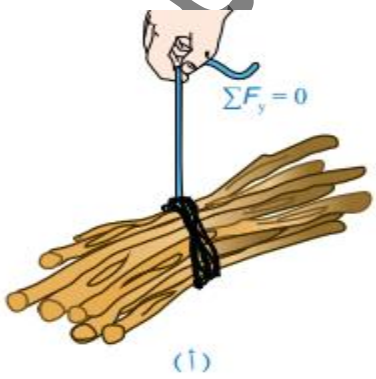
✓ اي ان القوة المحصلة تساوي صفر

اولا : قوة الشد

- قوة الشد : هي قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو حبل
- رمزها الفيزيائي :F_T
- الوحدة الفيزيائية : نيوتن

مثال (1) : حدد انواع القوة في الشكل ثم جد محصلة القوة





قوة الشد في الخيط مساوية لوزن حزمة الحطب

محصلة القوة تساوي صفر

$F_g = F_T$

قوة الشد في الخيط أكبر لوزن حزمة الحطب

محصلة القوة لاتساوي صفر

لايعتبر اتزان ديناميكي

$F_g < F_T$

الاتزان الديناميكي (الاتزان السكوني): اي ان القوة المحصلة تساوي صفر($F_T = F_g$) **كما في الشكل**

سؤال (1) : ما العلاقة بين قوة الشد في أجزاء الحبل المختلفة؟

تكون قوى الشد متساوية في جميع أجزاء الخيط

دلوُ ماءٍ كتلته وكتلةُ الماءِ الذي يحويهِ (10 kg)، مُعلّقٌ بحبلٍ في الهواءِ، كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (10). إذا كانَ مقدارُ أكبرِ قوةِ شدٍّ ($F_{T,max}$) يتحملُها الحبلُ قبلَ أنْ ينقطعَ (150 N)، و $g = 10\ m/s^2$، والدلوُ في حالةِ سكونٍ، فأحسبُ مقدارَ ما يأتي:

أ . قوةُ الشدِّ المؤثرةُ في الحبلِ.

ب. قوةُ الشدِّ في الحبلِ إذا تحركَ الدلوُ إلى أعلى بتسارعٍ مقدارُهُ $2\ m/s^2$.

جـ. أكبرُ تسارعٍ يُمكنُ أنْ يتحركَ بهِ الدلوُ قبلَ أنْ ينقطعَ الحبلُ (a_{max}).

أ . نطبقُ القانونَ الثانيَ لنيوتن على الدلوِ في اتجاهِ المحورِ y؛ لحسابِ مقدارِ قوةِ الشدِّ.

$$F_T - F_g = ma = 0$$

$$F_T = F_g = mg = 10 \times 10 = 100 \text{ N}$$

ب . نطبقُ القانونَ الثانيَ لنيوتن على الدلوِ في اتجاهِ المحورِ y؛ لحسابِ مقدارِ قوةِ الشدِّ.

$$F_T - F_g = ma$$

$$F_T = F_g + ma$$

$$= 100 + 10 \times 2 = 120 \text{ N}$$

جـ . نطبقُ القانونَ الثانيَ لنيوتن على الدلوِ في اتجاهِ المحورِ y؛ لإيجادِ مقدارِ أكبرِ تسارعٍ يُمكنُ أنْ يتحركَ بهِ الدلوُ.

$$F_{Tmax} - F_g = ma_{max}$$

$$a_{max} = \frac{F_{Tmax} - F_g}{m}$$

$$= \frac{150 - 100}{10} = 5 \text{ m/s}^2$$

يستخدمُ عبُد اللهِ دلوَ ماءٍ مربوطًا بحبلٍ لرفعِ الماءِ منْ بئرٍ. إذا كانتْ كتلةُ الدلوِ وهوَ مملوءٌ بالماءِ (15 kg)، ومقدارُ أكبرِ قوةِ شدٍّ يتحمَّلُها الحبلُ قبلَ أنْ ينقطعَ (180 N)، والحبلُ مهملُ الكتلةِ، وغيرُ قابلٍ للاستطالةِ، فأحسبُ مقدارَ:

أ . قوةِ الشدِّ في الحبلِ إذا سحبَ عبدُ اللهِ الدلوَ إلى أعلى بتسارعٍ مقدارُهُ 1.5 m/s^2 .

ب. أكبرِ تسارعٍ يُمكنُ أنْ يُسحبَ بهِ الدلوُ قبلَ أنْ ينقطعَ الحبلُ.

أ.

$$\sum F_y = ma$$

$$F_T - F_g = ma$$

$$F_T = F_g + ma = mg + ma = 15 \times 10 + 15 \times 1.5$$

$$= 150 + 15 \times 1.5$$

$$= 172.5 \text{ N}$$

ب.

$$F_{Tmax} - F_g = ma_{max}$$

$$a_{max} = \frac{F_{T,max} - F_g}{m}$$

$$= \frac{180 - 150}{15}$$

$$= 2 \text{ m/s}^2$$

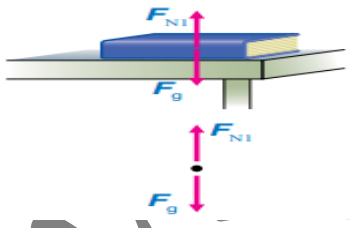
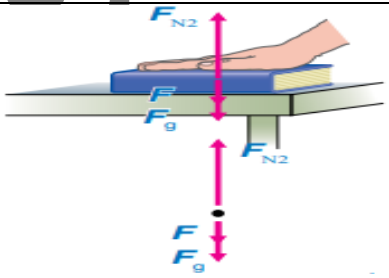
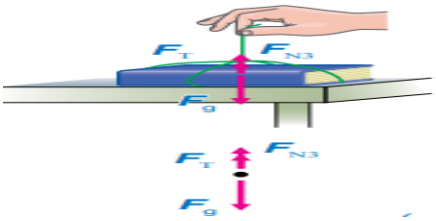
1- القوة العامودية (F_N): قوة تلامس يؤثر بها جسم في جسم أخر ملامس

الاتجاه

عامودية على مستوى التلامس

مثال (توضيحي) :

ملاحظة : يعتبر الكتاب في حالة اتزان اي ان محصلة القوة العامودية صفر (في الحالات الثلاث)

الحالة (1) : القوة العامودية = قوة الوزن		$\sum F_y = 0$ $F_{N1} - F_g = 0$	**محصلة القوة صفر ليس هناك اتجاه (اتزان ديناميكي)**
الحالة (2) : القوة العامودية > قوة الوزن		$F = F_{N2} - F_g$ • $F = ma = 0$ $F_{N2} - (F + F_g) = ma = 0$ $F_{N2} = F + F_g$	**محصلة القوة باتجاه الأعلى (شمالا)**
الحالة (3) : القوة العامودية > قوة الوزن		$F = F_T + F_{N3} - F_g$ $F = ma = 0$ $F_{N3} = F_g - F_T$	**محصلة القوة باتجاه القوة الأعلى على فرض ان مجموع قوة الشد والقوة العامودية اعلى من قوة الوزن**

سؤال (1): هل القوة العامودية تساوي دائما قوة الوزن :

✓ لا تساوي دائما قوة الوزن لانه قد يكون هنالك مركبات ناتجة من قوة أخرى

سؤل (2) : الوحدة الفيزيائية للقوة العامودية :

✓ نيوتن (N) وهي كمية متجهة

أحمد العزازمة أسيل حسن

مثال (1) : تسحبُ رافعة سيارةَ كتلتَها (900 kg) منَ السكونِ على طريقٍ افقيٍّ املسَ بقوةٍ شدَ مقدارُها (2000 N) بحبلٍ يميلُ على الأفقيِّ بزاويةِ (37°)، كما هوَ موضَّحٌ في الشكلِ (12).

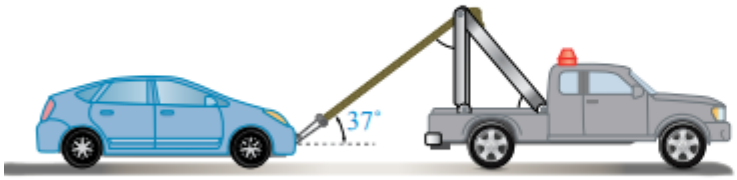
إذا علمتُ أنَّ الحبلَ مهملُ الكتلةِ، وغيرُ قابلٍ للاستطالةِ، و $\cos 37^\circ = 0.8$ ،$\sin 37^\circ = 0.6$ ،$g = 10\ m/s^2$،

فأحسبُ مقدارَ:

أ . المركبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ لقوةِ الشدِّ في الحبلِ.

ب. القوةِ العموديةِ المؤثرةِ في السيارةِ.

جـ. تسارعِ السيارةِ.



الشكلُ (12): رافعةٌ تسحبُ سيارةً على طريقٍ أفقيٍّ.

أ.

$$F_{Tx} = F_T \cos\theta = 2000 \cos 37^\circ = 2000 \times 0.8 = 1600\ N$$

$$F_{Ty} = F_T \sin\theta = 2000 \sin 37^\circ = 2000 \times 0.6 = 1200\ N$$

ب . لا توجدُ حركةٌ في اتجاهِ المحورِ الرأسيِّ؛ لذا تكونُ القوةُ المحصلةُ في اتجاهِهِ صفرًا.

$$\sum F_y = 0$$
$$F_{Ty} + F_N - F_g = 0$$
$$F_N = F_g - F_{Ty}$$

$$F_N = mg - 1200$$
$$= (900)(10) - 1200$$
$$= 9000 - 1200 = 7800\ N$$
$$F_N = 7800\ N, +y$$

جـ.

$$\sum F_x = ma_x = F_{Tx}$$
$$ma_x = 1600\ N$$
$$a_x = \frac{1600}{900} = 1.78\ m/s^2$$
$$a_x = 1.78\ m/s^2, +x$$

المستوى المائل

حركة الجسم على السطح المائل :

نرسم محور (x) منطبقا على السطح المائل ونرسم المحور (y) عموديا عليه

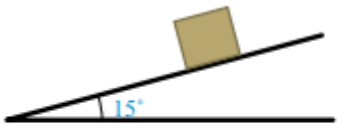
$\sum F_x = ma_x$ ← الحركة ستكون على السطح المائل محور (x) (محصلة القوة لاتساوي صفر

$\sum F_y = 0.$ ← الجسم سيكون ساكن على محور (y) (القوة محصلة تساوي صفر)

يتم تحليل القوة الغير منطبقة على المحاور مثل قوة الوزن

ينزلقَ صندوقٌ كتلتهُ (4 kg) إلى أسفلِ مستوًى مائلٍ أملسَ يميلُ على الأفقيِّ بزاويةِ (15°)، كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (14). إذا علمتُ أنَّ: $\cos 15^\circ = 0.97$، $\sin 15^\circ = 0.26$، $g = 10\ m/s^2$، فأحسبُ مقدارَ:

أ . القوةِ العموديةِ المؤثرةِ في الصندوقِ.



الشكل (14): صندوقٌ على مستوًى مائلٍ أملسَ.

ملاحظة هامة : يتم تحليل القوة الغير منطبقة على المحاور في البداية لتسهيل الحل :

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

أ . نطبّقُ القانونَ الثانيَ لنيوتن على الصندوقِ في اتجاهِ المحورِ y؛ لإيجادِ مقدارِ القوةِ العموديةِ المؤثرةِ فيهِ، مع مراعاةِ أنَّهُ لا توجدُ حركةٌ في اتجاهِ هذا المحورِ.

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

ب . ينزلقُ الصندوقُ إلى أسفلِ المستوى المائلِ، ولحسابِ مقدارِ تسارعِهِ نطبقُ القانونَ الثاني لنيوتن في اتجاهِ المحورِ x، وباعتبارِ أنَّ اتجاهَ الحركةِ هوَ الاتجاهُ الموجبُ.

$$\sum F_x = ma$$
$$F_{gx} = ma$$
$$a = \frac{F_{gx}}{m} = \frac{10.4}{4}$$
$$= 2.6\ m/s^2$$

****

يتزلج يوسف على منحدر ثلجي يميل على الأفقي بزاوية 37°. إذا علمت أن كتلة يوسف 60 kg، و $\cos 37^\circ = 0.8$ ، $\sin 37^\circ = 0.6$، $g = 10\ m/s^2$، وباعتبار المنحدر الثلجي أملس، فاحسب مقدار:

أ . القوة العمودية المؤثرة في يوسف.

ب. تسارع يوسف.

أحمد ١١
أسيل حسن

ملاحظة هامة : يتم تحليل القوة الغير منطبقة على المحاور في البداية لتسهيل الحل :

$$F_{gx} = F_g \sin\theta$$
$$= mg \sin 37^\circ$$
$$= 60 \times 10 \times 0.6$$
$$= 360 \text{ N}$$

$$F_{gy} = F_g \cos\theta$$
$$= mg \cos 37^\circ$$
$$= 480 \text{ N}$$

أ. نطبق قانون نيوتن الثاني مع مراعاة انه لايوجد حركة على محور (y)

$$F_N = F_{gy}$$
$$F_N = 480 \text{ N}$$

ب.نطبق قانون نيوتن الثاني :

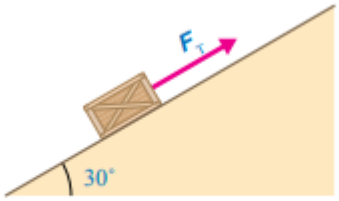
$$\sum F_x = ma$$
$$F_{gx} = ma$$
$$a = \frac{F_{gx}}{m}$$
$$= \frac{360}{60}$$
$$= 6 \text{ m/s}^2$$

تمرينٌ

يوضحُ الشكلُ (15) صندوقًا كتلتُهُ (20 kg)، يُسحبُ بحبلٍ غيرِ قابلٍ للاستطالةِ إلى أعلى مستوًى مائلٍ أملسَ بسرعةٍ ثابتةٍ. إذا كانَ الحبلُ موازيًا لسطحِ المستوى، وزاويةُ ميلانِ المستوى على الأفقيِّ (30°)، و $\cos 30^\circ = 0.87$ ،$\sin 30^\circ = 0.5$ ،$g = 10 \text{ m/s}^2$، فأحسبُ مقدارَ:

أ . القوةِ العموديةِ المؤثرةِ في الصندوقِ.

ب. قوةِ الشدِّ المؤثرةِ في الصندوقِ.



الشكلُ (15): صندوقٌ يُسحبُ بسرعةٍ متجهةٍ ثابتةٍ إلى أعلى مستوًى مائلٍ.

ملاحظة هامة : يتم تحليل القوة الغير منطبقة على المحاور في البداية لتسهيل الحل :

$$F_{gx} = F_g \sin\theta$$
$$= mg \sin 30^\circ$$
$$= 20 \times 10 \times 0.5$$
$$= 100 \text{ N}$$

$$F_{gy} = F_g \cos\theta$$
$$= mg \cos 30^\circ$$
$$= 20 \times 10 \times 0.87$$
$$= 174 \text{ N}$$

. نطبق قانون نيوتن الثاني مع مراعاة انه لايوجد حركة على محور (y)

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

ب.نطبق قانون نيوتن الثاني :

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

2- قوة الإحتكاك : هي قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة وتمانع حركتها

الأحتكاك السكوني (f_s)

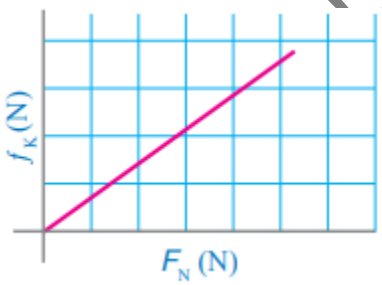
قوة تمانع حركة جسمين ساكنين متلامسين

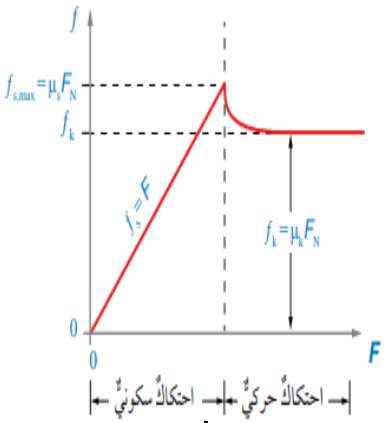
الأحتكاك السكوني العظمى
$f_{s.max}$

القوة الأفقية > قوة الأحتكاك

كلما زادت القوة الأفقية زاد مقدار قوة الأحتكاك السكوني

(العلاقة طردية)





الأحتكاك الحركى f_k

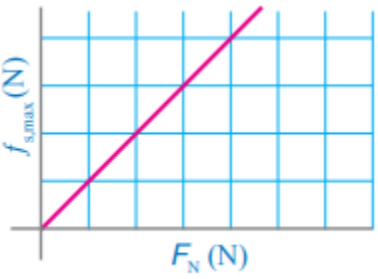
قوة الأحتكاك المؤثرة في جسم اثناء حركته

الأحتكاك الحركي العظمى
$f_{k.max}$

القوة الأفقية > قوة الأحتكاك

كلما زادت القوة الأفقية زاد مقدار قوة الأحتكاك الحركي بعد بداية الحركة

(العلاقة طردية)



$f_s > f_k$
$\mu_s > \mu_k$

$f_k = \mu_k F_N$

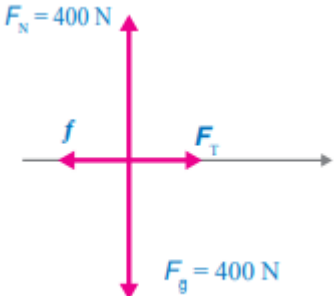
$f_{s,max} = \mu_s F_N$

مثال (1) : وُضِعَ صندوقٌ كتلتهُ (40 kg) على زلّاجةٍ لسحبهِ على أرضيةٍ أفقيةٍ مغطاةٍ بالثلج. إذا علمتَ أنّ قوةَ الشدّ المؤثرةَ في الزلاجةِ أفقيةٌ تمامًا، ومعاملَ الاحتكاكِ السكونيِّ بينَ الزلّاجةِ والثلجِ (0.15)، ومعاملَ الاحتكاكِ الحركيِّ بينهُما (0.10)، وتسارعَ السقوطِ الحرِّ ($10\ m/s^2$)،وبإهمالِ كتلةِ الزلاجةِ، فأحسبُ مقدارَ:

أ. أقلَّ قوة يلزم التأثير بها في الزلاّجةِ بحيثُ تكونُ على وشكِ الحركةِ.

ب. القوةِ اللازمِ التأثيرُ بها في الزلاّجةِ لتتحركَ بسرعةٍ متجهةٍ ثابتةٍ.

جـ. تسارعِ الزلاجةِ إذا كانتِ القوةُ المحصلةُ المؤثرةُ فيها (20 N).



ملاحظة : لتسهيل الحل يتم رسم مخطط توضيحي

أ.

$$\sum F_y = ma_y = 0$$
$$F_N - F_g = 0$$
$$F_N = F_g = mg = (40)(10) = 400\ \text{N}$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = (0.15)(400) = 60\ \text{N}$$

ب.

$$\sum F_x = F_T - f_k = 0$$
$$F_T = f_k = \mu_k F_N = (0.10)(400) = 40\ \text{N}$$

ج.

$$\sum F_x = ma$$
$$20 = 40 \times a$$
$$a = \frac{20}{40} = 0.5\ \text{m/s}^2$$

مثال (2) : خزانة كتلتها (40kg) تستقر على ارضية افقية خشنة اذا سحبت الخزانة بقوة افقية مقدارها (200N) ومعامل الإحتكاك الحركي بين الخزانة والارضية (0.4) وتسارع السقوط الحر (10m/s2) احسب مايلي :

أ . قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الخزانة.

ب. تسارع الخزانة.

جـ. القوة الأفقية اللازم تأثيرها في الخزانة لتتحرك بسرعة متجهة ثابتة.

أ. لحساب قوة الاحتكاك

$$f_k = \mu_k F_N$$
$$= \mu_k mg$$
$$= (0.40)(40)(10)$$
$$= 160\ \text{N}$$

أسيل حسن & العزازمة

ب. لحساب مقدار التسارع نطبق قانون نيوتن الثاني

$$\sum F_x = ma$$
$$F_{\text{Applied}} - f_k = ma$$
$$200 - 160 = 40 \times a$$
$$a = \frac{40}{40}$$
$$= 1 \text{ m/s}^2$$

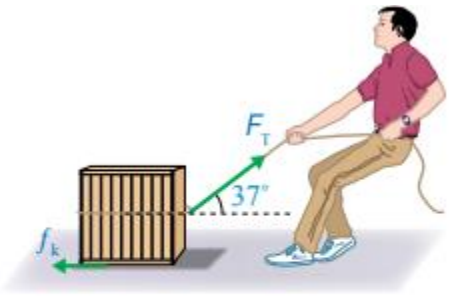
ج.

$$\sum F_x = F_{\text{Applied}} - f_k = 0$$
$$F_{\text{Applied}} = f_k$$
$$= 160 \text{ N}$$

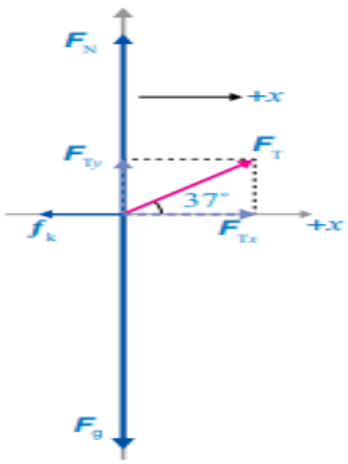
مثال (3) : يُسحبُ صندوقٌ كتلتهُ (50 kg) على أرضيةٍ أفقيةٍ خشنةٍ بحبل يَصنعُ زاويةَ (37°) على الأُفقيِّ، أنظرُ الشكلَ (21). إذا كانَ مقدارُ قوةِ الشدِّ في الحبلِ (200 N)، وتسارَعَ الصندوقِ بمقدارِ (1.3 m/s^2)، والحبلُ مهملُ الكتلـةِ وغيرُ قابلٍ للاستطالةِ، و $g = 10 \text{ m/s}^2$، $\sin 37^\circ = 0.6$، $\cos 37^\circ = 0.8$، فأحسبُ مقدارَ:

أ. قوةِ الاحتكاكِ الحركيِّ المؤثرةِ في الصندوقِ.

ب. معاملِ الاحتكاكِ الحركيِّ بينَ الصندوقِ والأرضيةِ.



الشكلُ (21): سحبُ صندوقٍ على أرضيةٍ أفقيةٍ خشنةٍ.



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

$$\sum F_x = ma$$
$$F_{Tx} - f_k = ma$$

$$f_k = F_{Tx} - ma$$
$$= 160 - (50)(1.3) = 160 - 65$$
$$= 95 \text{ N}$$

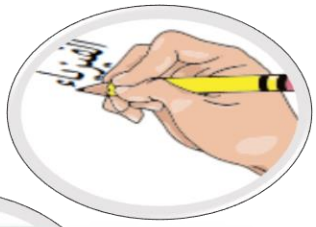
ب.

$$\sum F_y = 0$$
$$F_N + F_{Ty} - F_g = 0$$
$$F_N = F_g - F_{Ty} = 500 - 120$$
$$= 380\ \text{N}$$

$$f_k = \mu_k F_N$$

$$\mu_k = \frac{f_k}{F_N} = \frac{95}{380} = 0.25$$

ايجابيات قوة الإحتكاك



الكتاب على الورق

اشعال اعواد الثقاب

الحركة دون انزلاق

كلما زادت قوة الاحتكاك يقل الأنزلاق

سلبيات قوة الإحتكاك

تآكل المنتجات فى حياتنا اليومية

تعيق انزلاق الاجسام بعضها فوق بعض

أحمد العزازمة
أسيل حسن

يتم التقليل من قوة الاحتكاك بعدة طرق منها :

العجلات / التزيت والتشحيم

سؤال (1) : اذا علمت ان مقدارقوة الأحتكاك بين الخرسانة ونعل الحذاء المصنوع من المطاط أكبر منه بين الخرسانة والنعل المصنوع من الجلد ايهما يصلح للسير في يوم ماطر ؟

✓ نعل الحذاء المصنوع من المطاط لان قوة الاحتكاك عالية مما يقلل من خطر الإنزلاق

سؤال (2) : علل تحذير سائقين المركبات من خطر الإنزلاق عند سقوط الأمطار والثلوج

✓ بسبب تكون طبقة فاصلة بين اطار السيارة وسطح الطريق وهذا يقلل مقدار كل من معامل الاحتكاك السكوني والحركي

سؤال (3) : لماذا تكون قوة الاحتكاك في العظام في منطقة المفصل عند الانسان قليلة

أ- لان سطوح العظام في منطقة المفصل مغطاة بغضاريف

ب- بالاضافة الى وجود غشاء زلالي يفرز مائع لزج يسمى السائل الزلالي وهو بمثابة مادة التشحيم

سؤال (4) اهمية السائل الزلالي في جسم الانسان

أ- يقلل من الأحتاك في عظام الانسان

ب- يحمي العظام من التأكل

سؤال (5) اهمية اللعاب في جسم الانسان

أ-يساعد في عملية الهضم ب- يسهل انزلاق الطعام

ج- يقلل من احتكاك المواد الغذائية التي يجري تناولها مع جدران البلعوم والمريء

سؤال (6) اهمية المخاط اللزج في جسم الانسان

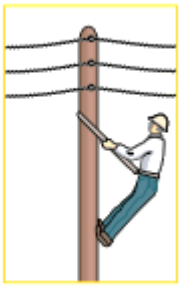
حل اسئلة الدرس ص41

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما المقصودُ بكلٍّ منْ: قوةِ الشدِّ، القوةِ العموديةِ، قوةِ الاحتكاكِ؟ وهلْ وجودُ الاحتكاكِ إيجابيٌّ أمْ سلبيٌّ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

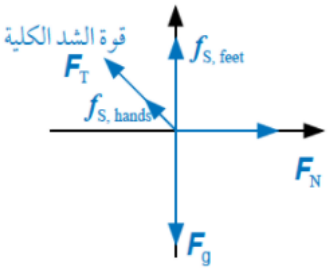
- **قوة الشد: قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل، رمزها FT ، وتؤثر في اتجاه طول الخيط أو الحبل أو السلك، وتكون متساوية في جميع أجزاء الحبل وتساوي قوة الشد عند طرفيه عند إهمال كتلته.**
- **القوة العمودية: قوة تلامس تنشأ بين الأجسام عند تلامسها فقط، وتقاس بوحدة(N) بحسب النظام الدولي للوحدات.**
- **قوة الإحتكاك: قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض، وتمانع حركتها، وتؤثر بشكل مواز لسطحي التلامس بين الجسمين، وتنشأ هذه القوة بين سطحي الجسمين المتلامسين عند تحريك أو محاولة تحريك بعضهما فوق بعض.**

وجود قوة االحتكاك قد يكون سلبيا أو إيجابيا، فهنالك حالات نحتاج فيها إلى قوة الإحتكاك مثل مكابح السيارة، وحالات أخرى لا نحتاج فيها إلى قوة الإحتكاك كالإحتكاك بين أجزاء محرك السيارة.

2. **أحلِّلُ وأستنتجُ:** يوضّحُ الشكلُ المجاورُ تسلّقَ عاملِ صيانةٍ في شركةِ الكهرباءِ لعمودِ كهرباءَ؛ إذْ يتعلُ حذاءً بمواصفاتٍ خاصةٍ، وأيضًا يستخدمُ حزامًا أحدُ طرفيْهِ ملتفٌّ حولَ خصرِهِ، وطرفهُ الآخرُ ملتفٌّ حولَ العمودِ.



أ. أرسمُ مخططَ الجسمِ الحرِّ لعاملِ الصيانةِ، مسمّيًا القوى المؤثرةَ فيهِ.



ب. **أفسِّرُ:** هلْ يعتمدُ هذا العاملُ في صعودِهِ العمودَ على قوةِ الاحتكاكِ السكونيِّ أمِ الحركيِّ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

يعتمد العامل في صعوده على قوة الاحتكاك السكوني؛ حيث تساعد هذه القوة العامل في الصعود وعدم الانزلاق.

أحمد العزازمة

جـ. أحددُ موقعيْنِ في الشكلِ تؤثرِ فيهِما قوةُ الاحتكاكِ في العاملِ، وأوضِّحُ أهميتَهُما.

تؤثر قوة الاحتكاك السكوني عند موقع تلامس قدمي عامل الصيانة مع العمود، وتمنع انزلاق قدميه. وتؤثر أيضاً قوة احتكاك سكوني عند نقطة تلامس يدي العامل مع الحبل، وتساعده في سحب الحبل وتغيير موقع الحبل على العمود ليتمكن من الصعود. كما تؤثر قوة احتكاك سكوني عند نقطة التفاف الحبل حول العمود، وتمنع الحبل من الانزلاق إلى الأسفل.

السؤال الثالث:

أطبق: يبين الشكل المجاور ميزاناً نابضياً معلقاً في نهايته ثقل (m)، كتلته (10 kg). إذا علمت أن $g = 10\ m/s^2$ ، فأجد قراءة الميزان في الحالات الآتية:

أ- إذا كان الثقل ساكناً.

قراءة الميزان تساوي قوة الشد في الخيط المتصل بالثقل، لذا نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y ؛ لحساب مقدار قوة الشد، مع مراعاة أن الثقل ساكن.

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

ب- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أعلى بسرعة متجهة ثابتة.

قراءة الميزان تساوي قوة الشد في الخيط المتصل بالثقل، وبما أن الثقل والميزان تحركا إلى أعلى بسرعة متجهة ثابتة، لذا تكون القوة المحصلة المؤثرة فيهما صفراً، وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y ؛ لحساب مقدار قوة الشدّ.

$$F_T - F_g = ma = 0$$
$$F_T = F_g = 100\ \text{N}$$

ج- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أعلى بتسارع مقداره ($1\ \text{m/s}^2$).

نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y ؛ لحساب مقدار قوة الشد (قراءة الميزان).

$$F_T - F_g = ma$$
$$F_T = F_g + ma$$
$$= 100 + 10 \times 1$$
$$= 110\ \text{N}$$

د- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أسفل بتسارع مقداره ($1\ \text{m/s}^2$).

نطبق القانون الثاني على الدلو في اتجاه المحور (-y)؛ لحساب مقدار قوة الشد (قراءة الميزان)، باعتبار القوى المؤثرة في اتجاه الحركة موجبة، والمؤثرة بعكس اتجاه الحركة سالبة.

$$F_g - F_T = ma$$
$$F_T = F_g - ma$$
$$= 100 - 10 \times 1$$
$$= 90\ \text{N}$$

السؤال الرابع:

أحسب: صندوق كتلته (30 kg). أحسب مقدار القوة العمودية المؤثرة فيه عندما يكون مستقراً على:

أ- سطح أفقي.

$$F_N - F_g = ma = 0$$
$$F_N = F_g = mg$$
$$= 30 \times 10 = 300\ N$$

ب- مستوى مائل يميل عن الأفق بزاوية (20^0).

$$F_N - F_g \cos\theta = ma = 0$$
$$F_N = F_g \cos\theta = (300)\cos 20^\circ$$
$$= (300)(0.94)$$
$$= 282\ N$$

السؤال الخامس:

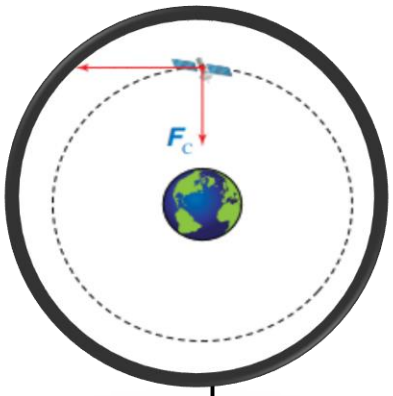
التفكير الناقد: في أثناء دراستي وزميلتي شيماء لموضوع قوى الاحتكاك، قالت: "إنّ زيادة عرض إطار السيارة يزيد من قوة الاحتكاك المؤثرة فيها؛ لذا ينبغي على السائقين استخدام إطارات أقل عرضاً؛ لتقليل احتكاكها بالطريق". أناقش صحة قول شيماء بناءً على ما تعلمته في هذا الدرس.

تعتمد قوة الاحتكاك بين سطحين متلامسين على معامل الاحتكاك بينهما، وعلى القوة العمودية التي يؤثر بها كل منهما في الآخر. لذا، فإن زيادة عرض إطار السيارة أو تقليله لا يؤثر في مقدار قوة الاحتكاك التي تؤثر بها الطريق في الإطار، فقوة الاحتكاك لا تعتمد على مساحة السطحين المتلامسين.

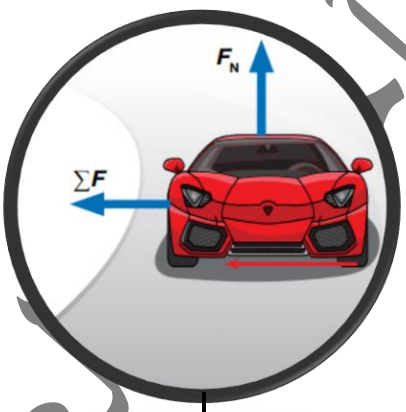
حسن

الدرس الثالث :القوة المركزية والحركة الدائرية المنتظمة

- **القوة المركزية : القوة المحصلة المؤثرة عاموديا على متجهة السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري**
- **امثلة على القوة المركزية**



1- دوران القمر الصناعي حول الارض
2- انطلاق السيارة في مسار دائري



القوة المركزية هي قوة التجاذب الكتلي وتؤثر عموديا على اتجاه سرعة القمر

القوة المركزية هي قوة الاحتكاك السكوني وتؤثر نحو مركز المسار الدائري عموديا على اتجاه سرعة السيارة

إثبات قانون القوة المركزية بناءا على قانون نيوتن الثاني :

$$F = m\,a \quad ....(1)$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad ....(2)$$

طول محيط الدائرة / الزمن الدورى $\longrightarrow$ $v = \frac{2\pi r}{T}$

بالتعويض من (2) فى (1)

$$F_c = \frac{m\,v^2}{r}$$

حيث π مقدار ثابت و r نصف قطر المسار الدائرى

تعتمد القوة المركزية على :

1- نصف قطر (r) المسار الدائري يزداد مقدار القوة المركزية(F) بنقصان نصف قطر المسار الدائري (علاقة عكسية)
2- مربع السرعة (v^2) المماسية يزداد مقدار القوة المركزية (F) بزيادة السرعة المماسية (العلاقة طردية)

كرةً كتلتُها (50 g) مربوطة في نهايةِ خيطٍ طولهُ (100 cm)،

سؤال (1):

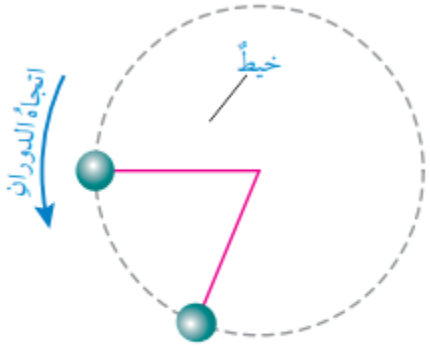
تتحركُ حركةً دائريةً منتظمةً في مسارٍ دائريٍّ أفقيٍّ، كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (32). فإذا علمتُ أنَّ الزمنَ الدوريَّ للكرةِ (0.5 s)، فأحسبُ مقدارَ:

أ . سرعتِها المماسيةِ.

ب . تسارعِها المركزيِّ.

جـ. القوةِ المركزيةِ فيها.

د . قوةِ الشدِّ في الخيطِ.



الشكلُ (32): منظرٌ علويٌّ لكرةٍ مربوطةٍ في نهايةِ خيطٍ.

أ . لإيجادِ مقدارِ السرعةِ المماسيةِ نستخدمُ العلاقةَ الآتيةَ، علمًا بأنَّ طولَ المسارِ الدائريَ يساوي $(2\pi r)$:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$= \frac{2(3.14)(1)}{0.5} = 12.6 \text{ m/s}$$

ب . لإيجادِ مقدارِ التسارعِ المركزيِّ نستخدمُ العلاقةَ الآتيةَ:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{(12.6)^2}{1} = 158.8 \text{ m/s}^2$$

جـ . لإيجادِ مقدارِ القوةِ المركزيةِ نستخدمُ العلاقةَ الآتيةَ:

$$F_c = m\, a_c$$

$$= (0.05)(158.8)$$

$$= 7.9 \text{ N}$$

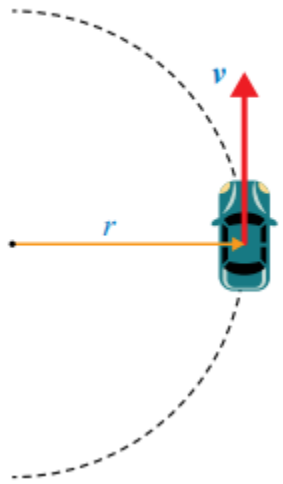
د . قوةُ الشدِّ في الخيطِ هي نفسُها القوةُ المركزيةُ:

سؤال (2) تتحركُ سيارةٌ كتلتُها $(1.5 \times 10^3 \text{ kg})$ في مسارٍ دائريٍّ نصفُ قطرِهِ (50 m) بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها (15 m/s)، كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (33). إذا كانَ معاملُ الاحتكاكِ السكونيِّ بينَ إطاراتِ السيارةِ وسطحِ الطريقِ (0.8)، وسطحُ الطريقِ أفقيٌّ، فأحسبُ مقدارَ:

أ . التسارعِ المركزيِّ للسيارةِ.

ب . القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ في السيارةِ.

جـ. أكبرِ سرعةٍ يمكنُ أنْ تتحركَ بها السيارةُ دونَ أنْ تنزلقَ.



أ . لإيجادِ مقدارِ التسارعِ المركزيِّ للسيارةِ؛ نستخدمُ العلاقةَ الآتيةَ:

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

ب . لإيجادِ مقدارِ القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ في السيارةِ؛ نستخدمُ العلاقةَ الآتيةَ:

$$F_C = ma_C = (1.5 \times 10^3)(4.5)$$
$$= 6.75 \times 10^3 \text{ N}$$

ج.

$$\sum F_y = ma_y = 0$$
$$F_N - F_g = 0$$
$$F_N = F_g = mg = (1.5 \times 10^3)(10)$$
$$= 1.5 \times 10^4 \text{ N}$$

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

$$F_C = f_{s,max}$$
$$\frac{mv_{max}^2}{r} = 1.2 \times 10^4$$
$$v_{max}^2 = \frac{r \times 1.2 \times 10^4}{m} = \frac{(50)(1.2 \times 10^4)}{1.5 \times 10^3} = 400$$
$$v_{max} = 20 \text{ m/s}$$

تمرينٌ

1. في المثالِ 10، أحسبُ مقدارَ أكبرِ سرعةٍ مماسيةٍ يُمكنُ أنْ تتحركَ بها الكرةُ إذا علمتُ أنَّ مقدارَ أكبرِ قوةِ شدٍّ يتحملُها الخيطُ قبلَ أنْ ينقطعَ تُساوي (10 N).

❖ **ملاحظة : تساوي القوة المركزية باكبر قوة شد يتحملها الخيط قبل ان ينقطع**

$$F_T = F_C = 7.9 \text{ N}$$
$$m\frac{v_{max}^2}{r} = 7.9$$
$$v_{max}^2 = \frac{1 \times 7.9}{0.05}$$
$$= 158$$
$$v = 12.6 \text{ m/s}$$

2. سيارةٌ كتلتُها $(1.5 \times 10^3 \text{ kg})$، تتحركُ في مسارٍ دائريٍّ نصفُ قطرِهِ (90 m) بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها (50 km/h). إذا كانَ معاملُ الاحتكاكِ السكونيِّ بينَ إطاراتِ السيارةِ وسطحِ الطريقِ (0.6)، وسطحُ الطريقِ أفقيٌّ، فأحسبُ مقدارَ:

أ. القوةِ المركزيةِ المؤثرةِ في السيارةِ.

ب. أكبرِ سرعةٍ يمكنُ أنْ تتحركَ بها السيارةُ على هذا الطريقِ دونَ أنْ تنزلقَ.

$$v = \frac{(50)(1000)}{(3600)} = 13.9 \text{ m/s}$$

$$F_C = ma_C$$
$$= m\ \frac{v^2}{r}$$
$$= (1.5 \times 10^3)\ \frac{(13.9)^2}{90} = 3.22 \times 10^3 \text{ N}$$

ب. ستتحرك السيارة في المسار الدائري بأكبر سرعة عندما تكون قوة الإحتكاك السكوين العظمى المؤثرة فيها مساوية حاصل ضرب كتلتها في تسارعها المركزي.

$$F_N = mg = (1.5 \times 10^3 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)$$
$$= 1.5 \times 10^4 \text{ N}$$

$$F_C = f_{s,max}$$

$$\frac{mv^2}{r} = \mu_s F_N$$

$$\frac{mv^2}{r} = (0.6)(1.5 \times 10^4 \text{ N}) = 9 \times 10^3 \text{ N}$$

$$v^2 = \frac{r(9 \times 10^3)}{m} = \frac{(90)(9 \times 10^3)}{1.5 \times 10^3} = 540$$

$$v = 23.2 \text{ m/s}$$

حلول اسئلة الدرس الثالث

السؤال الأول:

الفكرة الرئيسة: ما المقصود بالقوة المركزية؟ وهل هي نوع جديد من القوى؟ أفسر إجابتي.

القوة المركزية هي القوة المحصلة التي تؤثر في جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة نحو مركز مساره الدائري، ورمزها (F_C)، تسبب تغيراً في اتجاه سرعته، أي تكسبه تسارعاً مركزياً.

وهي ليست نوعاً جديداً من القوى؛ وإنما هي اسم يطلق على القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك فى مسار دائرى.

السؤال الثاني:

أستخدم المتغيرات: متوسط نصف قطر مدار القمر حول الأرض (3.8×10^8 m) تقريباً، وسرعته المماسية المتوسطة (1.0×10^3 m/s)، وكتلته (7.3×10^{22} kg) تقريباً.

أ- أحسب زمنه الدوري في مداره.

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$= \frac{2(3.14)(3.8 \times 10^8)}{(1.0 \times 10^3)}$$

$$= 2.39 \times 10^6 \text{ s}$$

ب- أحسب مقدار تسارعه المركزي.

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{(1.0 \times 10^3)^2}{3.8 \times 10^8}$$

$$= 2.64 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

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

قوة التجاذب الكتلي بين الأرض والقمر.

د- أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة فيه.

$$F_c = m\, a_c$$

$$= (7.3 \times 10^{22})(2.64 \times 10^{-3})$$

$$= 1.927 \times 10^{20} \text{ N}$$

السؤال الثالث:

أستخدم المتغيرات: سيارة كتلتها (1.1×10^3 kg)، تتحرك بسرعة (12 m/s)، في منعطف نصف قطره (25 m).

أ- أحسب مقدار التسارع المركزي للسيارة.

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(12)^2}{25} = \frac{144}{25}$$
$$= 5.8 \text{ m/s}^2$$

ب- أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة في السيارة.

$$F_c = ma_c = (1.1 \times 10^3)(5.8)$$
$$= 6.38 \times 10^3 \text{ N}$$

ج- ما منشأ القوة المركزية المؤثرة في السيارة؟

قوة الاحتكاك السكوني الجانبية بين إطارات السيارة وسطح الطريق.

د- أحسب مقدار أكبر سرعة مماسية يمكن أن تتحرك بها السيارة في هذا المنعطف؛ إذا كان مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة نحو مركز المنعطف (8 kN).

$$F_c = f_{s,max}$$
$$\frac{m v_{max}^2}{r} = 8 \times 10^3$$
$$v_{max}^2 = \frac{r \times 8 \times 10^3}{m}$$
$$= \frac{(25)(8 \times 10^3)}{(1.1 \times 10^3)} = 181.81$$
$$v_{max} = 13.5 \text{ m/s}$$

السؤال الرابع:

أحسب: قمر صناعي كتلته (5.5×10^2 kg)، يدور حول الأرض على ارتفاع (2.1×10^3 km) من سطح الأرض. إذا كان الزمن الدوري للقمر ساعتين وتسع دقائق، ونصف قطر الأرض (6.38×10^3 km)، فاحسب مقدار:

أ- السرعة المماسية للقمر.

$$T = 129 \times 60 = 7740 \text{ s}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$= \frac{2(3.14)(2.1 \times 10^6 + 6.38 \times 10^6)}{7740}$$

$$= 6.88 \times 10^3 \text{ m/s}$$

ب- القوة المركزية المؤثرة في القمر.

$$F_c = m\, a_c = m \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{(5.5 \times 10^2)(6.88 \times 10^3)^2}{2.1 \times 10^6 + 6.38 \times 10^6}$$

$$= 3.07 \times 10^3 \text{ N}$$

السؤال الخامس:

أصدر حكماً: 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". أناقش صحة قول فاتن.

قول زميلتي فاتن غير دقيق علمياً؛ لأن 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.

حسن