دوسية النيرد في الفيزياء

الوحدة الرابعة: تطبيقات على قوانين نيوتن

- شرح متكامل ووافي للمادة بالتفصيل
- ملاحظات وتصاميم ورسومات توضيحية
- حل جميع التمارين والأسئلة الواردة في الكتاب المدرسي
- حل أسئلة الدروس وأسئلة كتاب دليل المعلم
- أسئلة إضافية وإثرائية نهاية كل موضوع
- حسب المنهاج الجديد

معاذ أمجد أبو يحيى

معاذ أمجد أبو يحيى: 0795360003

لطلب بطاقة أساس: 0799797880

يمكنكم متابعة شرح المادة
من خلال منصة أساس

فيديوهات شرح شاملة ومتكاملة لجميع مواضيع الكتاب المدرسي ودليل المعلم بأسلوب واضح ومنهجي.

دوسيات تعليمية احترافية تشمل شرحًا كاملًا للمادة، ورسومات توضيحية دقيقة، وأمثلة محلولة خطوة بخطوة.

حلول نموذجية لأسئلة مراجعة الدروس ومراجعة الوحدات.

أوراق عمل تدريبية مخصصة لكل درس لتعزيز الفهم والتطبيق.

تجارب عملية مصورة توضيحية المفاهيم الفيزيائية بأسلوب واقعي ومبسط.

اختبارات شاملة في نهاية كل وحدة دراسية وفق أسس تربوية دقيقة.

مجموعات متابعة تعليمية منظمة للتواصل المستمر مع الطلبة، ونشر الشروحات، والأوراق، والتنبيهات أولًا بأول.

للتواصل والاستفسار

0795360003

مقدمة الدوسية

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على خير معلم الناس الخير نبينا محمد وعلى آله وصحبة أجمعين ، أما بعد :

تأتي هذه الدوسية خدمة لأحبتنا الطلبة والمهتمين بدراسة ومراجعة مادة الفيزياء المنهاج الجديد للصف العاشر سواء من المعلمين أو الطلبة ، وهي مصدر دراسي إضافي لتبسيط الكتاب المدرسي فدائما يبقى الكتاب هو المصدر الأول للدراسة.

في هذه الدوسية قُمنا بترتيب طرح المواضيع والمحتوى والأفكار الواردة في الكتاب المدرسي وكتاب الأنشطة والتجارب وقمنا بإضافة ملاحظات وشروحات ورسومات توضيحية مُرفق معها مسائل إضافية وإثرائية وأيضا حل أسئلة الدروس وأسئلة فكر والواجبات الواردة في الكتاب المدرسي ودليل المعلم.

نسأل الله للجميع العلم النافع والعمل الصالح والتوفيق والسداد والإخلاص والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

أ.معاذ أمجد أبو يحيى

محتويات الدوسية

الوحدة الرابعة : تطبيقات على قوانين نيوتن

الدرس الأول : الوزن وقانون الجذب العام (الكوني)..... 4

حلول أسئلة الدرس الأول 10

الدرس الثاني : تطبيقات على القوى 14

حلول أسئلة الدرس الثاني 31

الدرس الثالث : القوة المركزية 33

حلول أسئلة الدرس الثالث 40

حلول أسئلة مراجعة الوحدة 46

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الوحدة الرابعة من مادة فيزياء الصف العاشر

تطبيقات على قوانين نيوتن

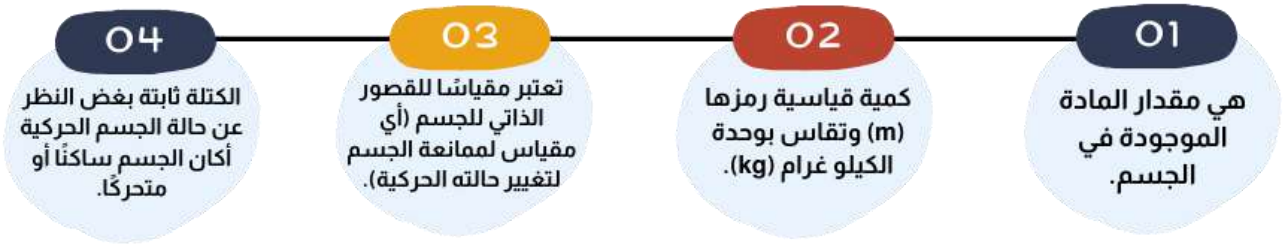
■ما تحتاجه قبل البداية:

☑ أساس رياضي جيد للعمليات الحسابية على الأعداد الصحيحة والعشرية والأسس والجذور.
☑ معرفة جيدة في مخطط الجسم الحر وتحديد القوى المؤثرة على الجسم.
☑ معرفة ممتازة في تحليل المتجهات وإيجاد محصلة المركبات الأفقية والعمودية.
☑ معرفة مفهوم الاتزان وحالات الاتزان.
☑ معرفة ممتازة في قانون نيوتن الأول والثاني في الحركة.

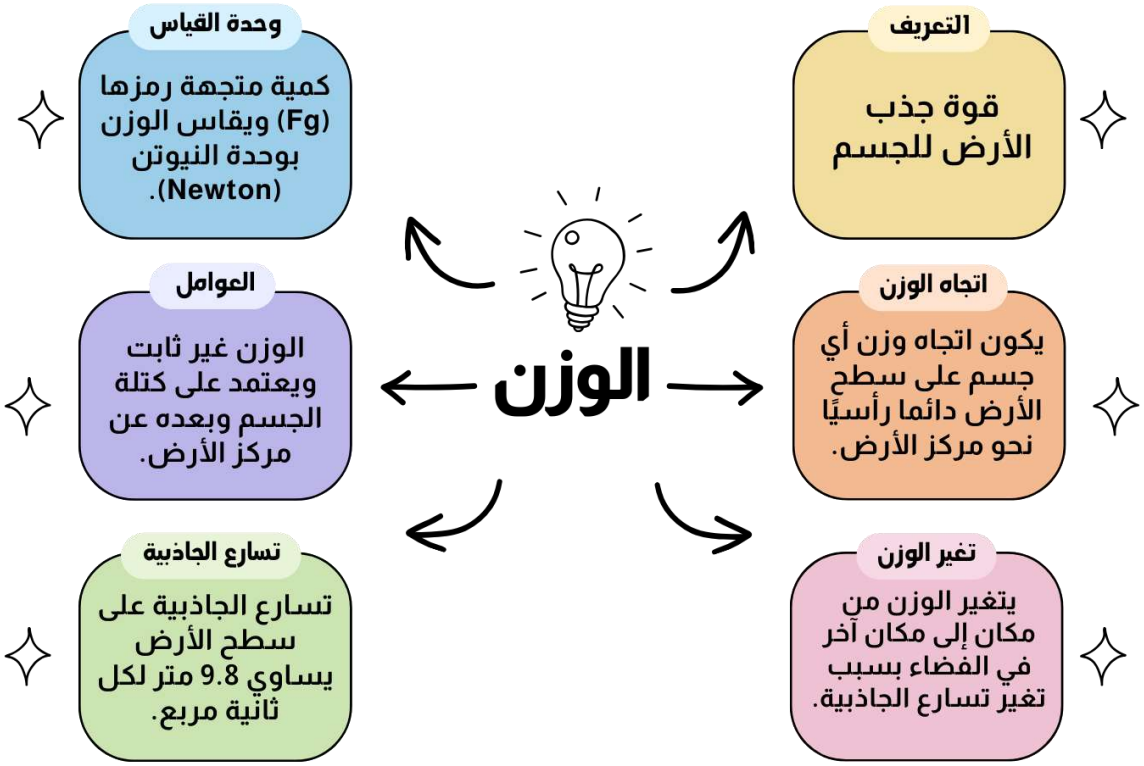
الوحدة الرابعة: تطبيقات على قوانين نيوتن

الدرس الأول: الوزن وقانون الجذب العام (الكوني)

✪ **الكتلة** : هي مقدار المادة الموجودة في الجسم.



✪ **الوزن**: قوة جذب الأرض للجسم.



يُعطى وزن الجسم الموجود على سطح كوكب الأرض بالعلاقة:

$$F_g = mg$$

g : تسارع السقوط الحر (تسارع الجاذبية الأرضية) ، m : كتلة الجسم

ملاحظات مهمة

- وزن الجسم على سطح القمر يساوي سُدس وزنه على سطح الأرض والسبب هو اختلاف مقدار تسارع الجاذبية على سطح القمر عن تسارع الجاذبية على سطح الأرض.
- مقدار تسارع الجاذبية الأرضية يساوي ($9.8\ m/s^2$) ويتم تقريبه إلى ($10\ m/s^2$) للتبسيط عند إجراء العمليات الحسابية وحل المسائل.

سؤال حبة تفاح كتلتها ($150\ g$) أحسب وزنها على سطح:

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

$F_g = mg \rightarrow F_g = 0.150 \times 10 = 1.5\ N$, نحو مركز كوكب الأرض

ب - القمر ، حيث تسارع السقوط الحر على سطحه ($g_M = 1.6\ m/s^2$) تقريبا.

$F_g = mg \rightarrow F_g = 0.150 \times 1.6 = 0.24\ N$, نحو مركز القمر

تمرين في السؤال السابق ، أحسب وزن التفاحة على سطح كل من :

أ - المريخ ، حيث ($g_{Mars} = 3.7\ m/s^2$).

$F_g = mg \rightarrow F_g = 0.150 \times 3.7 = 0.555\ N$, نحو مركز كوكب المريخ

ب - المشتري ، حيث ($g_{Jupiter} = 24.8\ m/s^2$).

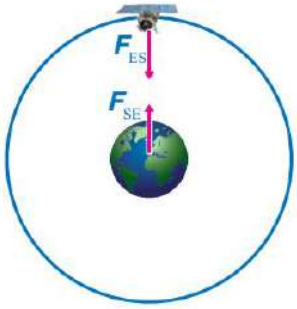
$F_g = mg \rightarrow F_g = 0.150 \times 24.8 = 3.72\ N$, نحو مركز كوكب المشتري

تدريب صندوق حديدي وزنه على سطح كوكب الأرض ($111\ N$) ،فكم تبلغ كتلته على سطح كوكب المريخ إذا علمت بأن تسارع الجاذبية على سطح المريخ ($3.7\ m/s^2$)؟

تدريب يبلغ وزن معاذ على سطح الأرض ($850\ N$) ، ووزن عز الدين على سطح كوكب المشتري ($2000\ N$) فأي منهما هو الأخف ؟ فسر إجابتك رياضيًا ..

علمًا بأن ($g_{Earth} = 10\ m/s^2$) و($g_{Jupiter} = 24.8\ m/s^2$).

قانون الجذب العام لنيوتن

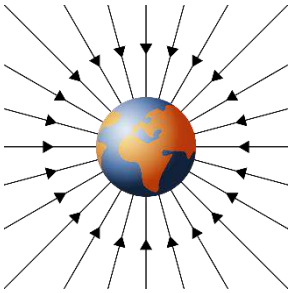


قوة الجاذبية

تجذب الأرض الأجسام الأخرى في اتجاه مركزها سواء كانت على سطحها أو على بعد منها بشرط أن تقع داخل مجال الجاذبية الأرضية.

قوة الفعل ورد الفعل

حسب قانون نيوتن الثالث فأن الأجسام الأخرى تجذب الأرض أيضا في اتجاه مراكزها بقوى مساوية لقوى جذب الأرض لها ولكن في الاتجاه المعاكس



سؤال وضح ما هو المقصود بمجال الجاذبية الأرضية ؟

المنطقة المحيطة بالأرض والتي تظهر فيها آثار قوة جذب الأرض للأجسام وتكون في اتجاه مركز الأرض دائما.

الملاحظات التي توصل لها العالم نيوتن

1. توصل نيوتن بعد دراسته إلى أن قوة التجاذب بين أي جسمين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلة كل من الجسمين عند ثبات المسافة بين مركزيهما
2. توصل نيوتن بعد دراسته إلى أن قوة التجاذب بين أي جسمين تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين مركزي الجسمين عند ثبات كتلتيهما
3. قوة التجاذب لا يقتصر وجودها على الأرض بل توجد بين جميع الأجسام في الكون
4. صاغ نيوتن كل دراسته في قانون سمي قانون الجذب العام (الكوني) لنيوتن

ملاحظات مهمة

✪ العلاقات التي توصل إليها نيوتن بعد دراسته لقوة التجاذب بين أي جسمين:

$$F \propto m_1 m_2 \quad , \quad F \propto \frac{1}{r^2}$$

سؤال ما هو نص قانون الجذب العام (الكوني) لنيوتن؟

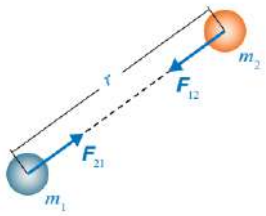
"كل جسمين في الكون يتجاذبان بقوة يتناسب مقدارها طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما".

✪ الصيغة الرياضية لقانون الجذب العام:

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

ثابت الجذب العام (الكوني) : G , المسافة بين مركزي الجسمين : r

ملاحظات مهمة



- يكون أثر القوة في اتجاه الخط الواصل بين مركزي الجسمين المتجاذبين.
- (G) هو ثابت التناسب (ثابت الجذب العام) ومقداره يساوي $(6.67 \times 10\ \mathrm{N.m^2/kg^2})$.
- قوة التجاذب الكتلي من أضعف أنواع القوى الأساسية.

سؤال اثبت أن وحدة ثابت الجذب العام هي $(\mathrm{N.m^2/kg^2})$.

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

سؤال وضح ما هي أهمية قوة التجاذب الكتلي؟

☑ من دونها نفقد التلامس مع سطح الأرض ونطفو في الفضاء.

☑ هي مسؤولة عن حركة القمر حول الأرض وعن حركة أجرام وكواكب مجموعتنا الشمسية حول الشمس.

☑ من خلالها نستطيع تفسير قوة التجاذب بين أي جسمين في الكون وتفسير حركة الأقمار حول الكواكب. ☑ من خلالها نستطيع تفسير ظاهرتي المد والجزر.

سؤال **ما هي القوى الأربع الأساسية في الكون ؟**

❶ قوى التجاذب الكتلي. ❷ القوى الكهرومغناطيسية.
❸ القوى النووية القوية. ❹ القوى النووية الضعيفة.

سؤال **إذا كانت كتلة مريم ($50\ kg$) وكتلة عائشة ($60\ kg$) والبعد بينهما ($50\ cm$) فاحسب مقدار:**

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

$$F_{MA} = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{(6.67\times10^{-11})\times50\times60}{(0.5)^2} = \frac{2.001\times10^{-7}}{(0.5)^2}$$

$$F_{MA} = 8.004\times10^{-7}\ \text{N}\ ,\ \text{في اتجاه مريم}$$

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

$$F_{AM} = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{(6.67\times10^{-11})\times50\times60}{(0.5)^2} = \frac{2.001\times10^{-7}}{(0.5)^2}$$

$$F_{AM} = 8.004\times10^{-7}\ \text{N}\ ,\ \text{في اتجاه عائشة}$$

☑ بمقارنة هذه القوة بقوة جذب الأرض لكل من الجسمين يتضح لنا مدى صغر القوة وسبب عدم شعورنا بها.

تمرينٌ **في المثال السابق، جد النسبة بين قوة جذب الأرض لكل من مريم وعائشة، وقوة جذبهما لبعضهما. ماذا تستنتج؟**

$$F_{gM} = mg = 50\times10 = 500\ \text{N}\ ,\ F_{gA} = mg = 60\times10 = 600\ \text{N}$$

$$F_{AM} = F_{MA} = 8.004\times10^{-7}\ \text{N}$$

☑ النسبة بين قوة جذب الأرض لمريم وقوة جذب عائشة لمريم:

$$\frac{F_{gM}}{F_{AM}} = \frac{500}{8.004\times10^{-7}} = 6.25\times10^{8}$$

☑ النسبة بين قوة جذب الأرض لعائشة وقوة جذب مريم لعائشة:

$$\frac{F_{gA}}{F_{MA}} = \frac{600}{8.004\times10^{-7}} = 7.50\times10^{8}$$

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

$r \rightarrow r \quad , \quad m_1 \rightarrow 2m_1 \quad , \quad m_2 \rightarrow 2m_2$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow \grave{F} = \frac{G2m_1 2m_2}{r^2} = \frac{4Gm_1m_2}{r^2} = 4\frac{Gm_1m_2}{r^2} = 4F$$

تتضاعف قوة التجاذب بينهما بمقدار أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية.

سؤال ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي عند مضاعفة المسافة بين مركزي جسمين مرتين ؟

$r \rightarrow 2r \quad , \quad m_1 \rightarrow m_1 \quad , \quad m_2 \rightarrow m_2$

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

تصبح قوة التجاذب بينهما ربع قيمتها الابتدائية.

تدريب ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي عند مضاعفة كتلة كل جسم للضعف وتقليل المسافة بين مركزي الجسمين لنصف ما كانت عليه؟

تدريب إذا كان مقدار قوة التجاذب الكتلي بين جسمين (83×10^{-6} N) والبعد بينهما (200 cm) فاحسب كتلة كل منهما، علمًا بأن كتلة الأول تساوي نصف كتلة الثاني.

يمكنكم الانضمام لمجموعاتنا على الواتس
من خلال التواصل مع الرقم: 0795360003

0795360003 | الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى

تسارع الجاذبية الأرضية

- يمكننا حساب مقدار تسارع الجاذبية الأرضية باستخدام قانون يتم إيجاده باستعمال قانون الجذب العام والقانون الثاني لنيوتن.
- يكون وزن الجسم على سطح الأرض أو بالقرب منه مساويًا لقوة التجاذب الكتلي بين كتلة الجسم وكتلة الأرض.

r_E (نصف قطر الأرض) $= 6.38 \times 10^6$ m , m_E (كتلة الأرض) $= 5.98 \times 10^{24}$ kg

سؤال **وضح كيف يمكننا حساب تسارع السقوط الحر على سطح كوكب الأرض باستخدام قانون الجذب العام والقانون الثاني لنيوتن؟**

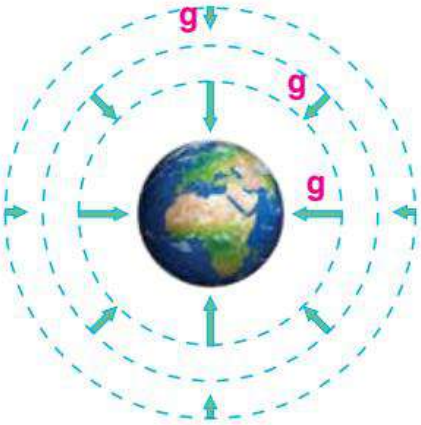
$$m_o g = \frac{G m_o m_E}{{r_E}^2} \rightarrow m_o g = \frac{G m_o m_E}{{r_E}^2} \rightarrow g = \frac{G m_E}{{r_E}^2}$$

$$g = \frac{(6.67\times10^{-11})\times5.98\times10^{24}}{(6.38\times10^{6})^2} \rightarrow g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

- نستخدم القانون الآتي لحساب تسارع السقوط الحر على سطح أي كوكب:

$$g = \frac{G m_p}{{r_p}^2}$$

m_p : كتلة الكوكب , r_p : نصف قطر الكوكب



01 يكون اتجاه تسارع السقوط الحر في اتجاه مركز الكوكب دائما

02 بزيادة البعد عن مركز الكوكب يقل مقدار تسارع السقوط الحر وبالتالي يتناقص وزن أي جسم عند ابتعاده عن سطح الكوكب

03 يوضح الشكل في الجانب الأيسر كيفية تغير تسارع السقوط الحر بتغير البعد عن سطح الأرض

04 تمثل الأسهم في الشكل تسارع السقوط الحر مقدارًا واتجاها حيث يقل مقداره بالابتعاد عن سطح الأرض

05 يكون مقدار تسارع السقوط الحر متساوي عند جميع النقاط التي لها البعد نفسه عن المركز

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

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

سؤال **علام يعتمد تسارع السقوط الحر على سطح أي كوكب؟**

❶ كتلة الكوكب ❷ نصف قطر الكوكب (بعد الجسم عن مركز الكوكب).

سؤال **علام يعتمد تسارع السقوط الحر لجسم لا يقع على سطح الكوكب؟**

❶ كتلة الكوكب ❷ بعد الجسم عن مركز الكوكب.

سؤال **إذا علمت أن كتلة القمر (7.35×10^{22} kg) تقريبا، ونصف قطره (1.738×10^{6} m) (1.738×10^{6} m) تقريبا، فاحسب مقدار :**

أ - تسارع السقوط الحر على سطح القمر.

r_M (نصف قطر القمر) = 1.738×10^{6} m , m_M (كتلة القمر) = 7.35×10^{22} kg

$$g = \frac{Gm_M}{{r_M}^2} \rightarrow g = \frac{(6.67\times10^{-11})\times7.35\times10^{22}}{(1.738\times10^{6})^2} \rightarrow g = 1.62 \text{ m/s}^2$$

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

r_A (نصف قطر الجرم) = $2 \times 1.738 \times 10^{6}$ m , m_A (كتلة الجرم) = 7.35×10^{22} kg

$$g = \frac{Gm_A}{{r_A}^2} \rightarrow g = \frac{(6.67\times10^{-11})\times7.35\times10^{22}}{(2\times1.738\times10^{6})^2} \rightarrow g = 0.41 \text{ m/s}^2$$

تمرين **كتلة جمان (70 kg) ، إذا علمت أن ($g = 10 \text{ m/s}^2$) ($g_{Moon} = 1.6 \text{ m/s}^2$) تقريبا ، فاحسب مقدار :**

أ - وزنها على سطح الأرض.

$F_g = mg = 70 \times 10 = 700$ N , في اتجاه مركز كوكب الأرض

ب - كتلتها على سطح القمر.

$m = 70\ \text{kg}$, الكتلة ثابتة لا تتغير

جـ - وزنها على سطح القمر.

$F_g = mg_{Moon} = 70 \times 1.6 = 112\ \text{N}$, في اتجاه مركز القمر

سؤال إضافي NERD **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 ($F= ma$) وبما أن ($F_1 = F_2$) لكن كتلة الأرض كبيرة جدًا مقارنة بكتلة الأجسام لذا فإن تسارعها يكون صغير جدًا جدًا .

سؤال إضافي NERD **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.

أفكّر: **عند مشاهدة رواد الفضاء في مركباتهم أو خارجها ألاحظ أنهم يطفون داخلها أو في الفضاء، حيث يكونون في حالة تسمى انعدام الوزن. فهل يعني انعدام الوزن انعدام قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة فيهم في موقع المركبة الفضائية؟**

مكوك الفضاء أو المركبة الفضائية تدور حول الأرض بارتفاع معين وهي ضمن مجال الجاذبية الأرضية لذلك فإن قوة الجاذبية الأرضية تؤثر فيهم (قوة مركزية) وهي تُسبب دورانهم حول الأرض) وبما أن مكوك الفضاء ورواد الفضاء يتسارعون بنفس مقدار التسارع في اتجاه مركز الأرض فإنه لا وجد قوى تلامس تؤثر فيهم وتشعرهم بقوة وزنهم لذا يشعرون أنهم في حالة انعدام وزن.

يمكنكم الانضمام لمجموعاتنا على الواتس
من خلال التواصل مع الرقم: 0795360003

0795360003 | الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى

حل أسئلة مراجعة الدرس الأول من الوحدة الرابعة

سؤال 1 **ما المقصود بالوزن؟ وعلام تعتمد قوة التجاذب الكتلي بين أي جسمين؟ وعلام يعتمد تسارع الجاذبية الأرضية؟**

☑ قوة جذب الكوكب للجسم وهو كمية متجهة يقاس بوحدة النيوتن وهو غير ثابت ويتغير بتغير تسارع السقوط الحر.
☑ تعتمد قوة التجاذب الكتلي على كتلة كل من الجسمين المسافة بين مركزي الجسمين.
☑ يعتمد تسارع الجاذبية الأرضية على كتلة كوكب الأرض ونصف قطره.

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

أ - المسافة بين مركزيهما.

$$r \rightarrow 2r \quad , \quad m_1 \rightarrow m_1 \quad , \quad m_2 \rightarrow m_2$$

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

تصبح قوة التجاذب بينهما ربع قيمتها الابتدائية.

ب - كتلة الجسم الأول.

$$r \rightarrow r \quad , \quad m_1 \rightarrow 2m_1 \quad , \quad m_2 \rightarrow m_2$$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow \grave{F} = \frac{G2m_1m_2}{r^2} = \frac{2}{1}\frac{Gm_1m_2}{r^2} = 2F$$

تصبح قوة التجاذب بينهما ضعف قيمتها الابتدائية.

جـ - كتلتي الجسمين معًا.

$$r \rightarrow r \quad , \quad m_1 \rightarrow 2m_1 \quad , \quad m_2 \rightarrow 2m_2$$

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \rightarrow \grave{F} = \frac{G2m_12m_2}{r^2} = \frac{4}{1}\frac{Gm_1m_2}{r^2} = 4F$$

تصبح قوة التجاذب بينهما أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية.

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

$$g = \frac{Gm}{r^2} \rightarrow \grave{g} = \frac{G(2m)}{r^2} \rightarrow \grave{g} = 2 \times \frac{Gm}{r^2} \rightarrow \grave{g} = 2g$$

سـؤال 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: $\sqrt{2}r_E$

$$g = \frac{Gm_E}{r^2} \rightarrow \grave{g} = \frac{Gm_E}{(\sqrt{2}r)^2} \rightarrow \grave{g} = \frac{Gm_E}{2r^2} = \frac{1}{2}\frac{Gm_E}{r^2} \rightarrow \grave{g} = \frac{1}{2}g$$

بعد الجسم عن مركز الكوكب $\rightarrow \sqrt{2}r_E = \sqrt{2}\,(6.38 \times 10^6) = 9.02 \times 10^6\ \text{m}$

بعد الجسم عن سطح الكوكب $\rightarrow 9.02 \times 10^6 - 6.38 \times 10^6 = 2.64 \times 10^6\ \text{m}$

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

كلام هند غير صحيح، الكتلة والوزن لا يعبران عن الكمية الفيزيائية نفسها.

الكتلة مقدار المادة الموجودة في الجسم وهي كمية قياسية رمزها (m) وتقاس بوحدة الكيلو غرام (kg) وهي ثابتة بغض النظر عن حالة الجسم الحركية أكان الجسم ساكنًا أو متحركًا.

الوزن قوة جذب الأرض للجسم وهي كمية متجهة رمزها (W) أو (F_g) وتقاس بوحدة النيوتن (Newton) ويكون اتجاه وزن أي جسم على سطح الأرض دائما رأسيًا نحو مركز الأرض.

والوزن غير ثابت ويعتمد على كتلة الجسم وبعده عن مركز الأرض ويتغير الوزن من مكان إلى مكان آخر في الفضاء.

سـؤال 6 **أن 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 إن كتلة القمر تساوي سدس كتلة الأرض في حال كان نصف قطر القمر والأرض متساويان.

الوحدة الرابعة: تطبيقات على قوانين نيوتن

الدرس الثاني: تطبيقات على القوى

قوة الشد

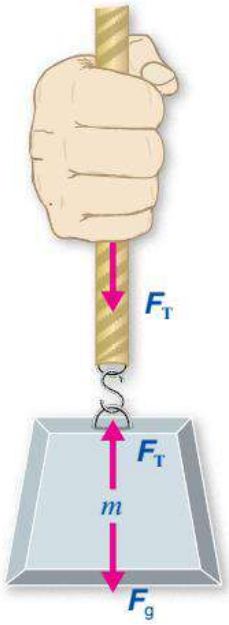
1

قوة الشد

هي قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل. رمزها (FT) وتقاس بوحدة النيوتن (N).

2

تؤثر في اتجاه طول الخيط أو الحبل أو السلك بعيدًا عن مركز الجسم ولتبسيط حل المسائل التي تتضمن خيوطا وحبالا وأسلاكًا يتم إهمال كتلة الخيط ونفترض أنها غير قابلة للاستطالة



3

تكون قوتا الشد المؤثرتان في طرفي الحبل أو السلك متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه. و تكون قوى الشد متساوية في جميع أجزاء الحبل أو الخيط أو السلك (عند إهمال كتلته).

4

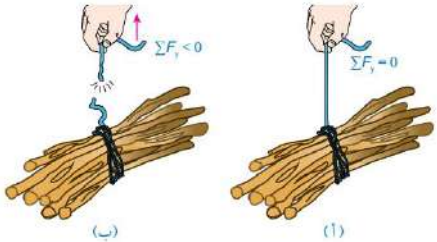
تكون قوة الشد في الخيط مساوية لوزن الجسم عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفر (الجسم ساكن أو متحرك بسرعة ثابتة).

5

تؤثر يد الشخص بقوة إلى الأعلى في الجزء الذي يمسكه في حين يؤثر هذا الجزء من يده بقوة شد إلى الأسفل. ويؤثر جزء الحبل المتصل بالثقل بقوة شد إلى الأعلى في حين يؤثر الثقل في هذا الجزء من الحبل بوزنه إلى الأسفل.

؟ سؤال 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.



مراجعة بسيطة

☑ يمكن كتابة القانون الثاني لنيوتن في الصورة الآتية:

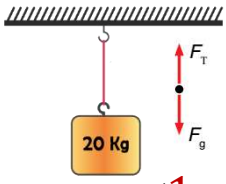
$$\sum F = ma \quad , \quad \sum F_x = ma_x \quad , \quad \sum F_y = ma_y$$

☑ إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في الجسم صفرًا فإن تسارعه يكون صفرًا وعندئذ يكون الجسم ساكنًا أو متحركًا بسرعة ثابتة مقدارًا واتجاهًا أي يكون متزنًا.

$$\sum F = ma \quad , \quad a = 0$$

☑ عند أكبر قوة شد يتحملها الحبل يتحرك الجسم بأكبر تسارع قبل أن ينقطع.

سؤال صندوق خشبي كتلته ($20\ \text{kg}$) معلق بحبل في الهواء كما هو موضح في الشكل، إذا علمت أن الصندوق في حالة سكون ، فاحسب مقدار ما يأتي :



أ - قوة الشد المؤثرة في الحبل.

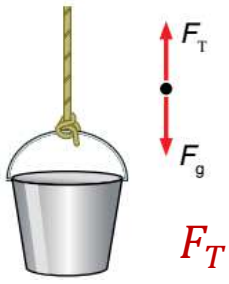
$$F_T - F_g = 0 \rightarrow F_T = F_g = mg = 20 \times 10 = 200\ \text{N}$$

ب - قوة الشد في الحبل إذا تحرك الصندوق إلى أعلى بتسارع مقداره ($1\ \text{m/s}^2$).

$$F_T - F_g = ma \rightarrow F_T = F_g + ma = mg + ma = 200 + 20 \times 1$$

$$F_T = 220\ \text{N}$$

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



أ - قوة الشد المؤثرة في الحبل.

$$F_T - F_g = 0 \rightarrow F_T = F_g = mg = 10 \times 10 = 100\ \text{N}$$

ب - قوة الشد في الحبل إذا تحرك الدلو إلى أعلى بتسارع مقداره ($2\ \text{m/s}^2$).

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

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

$$F_{\text{Tmax}} - F_g = ma_{max} \rightarrow 150 - 100 = 10 \times a_{max}$$

$$a_{max} = 5\ \text{m/s}^2$$

تمرين يستخدم عبد الله دلو ماء مربوط بحبل لرفع الماء من بئر، إذا كانت كتلة الدلو وهو مملوء بالماء ($15\ kg$) ومقدار أكبر قوة شد يتحملها الحبل قبل أن ينقطع ($180\ N$) والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، فاحسب مقدار:

أ - قوة الشد في الحبل إذا سحب عبدالله الدلو إلى أعلى بتسارع مقداره ($1.5\ m/s^2$).

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

ب - أكبر تسارع يمكن أن يُسحب به الدلو قبل أن ينقطع الحبل (a_{max}).

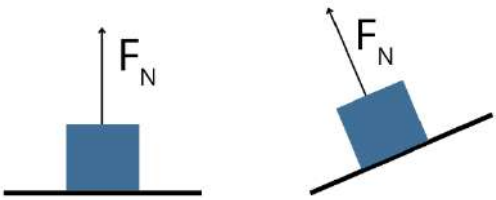
$$F_{Tmax} - F_g = ma_{max} \rightarrow 180 - 150 = 15 \times a_{max}$$

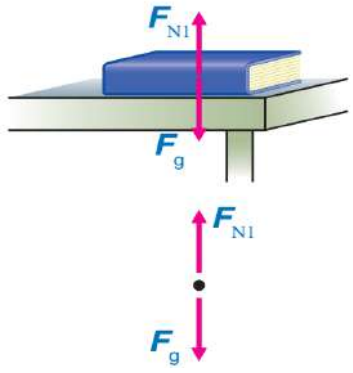
$$a_{max} = 2\ m/s^2$$

القوة العمودية

قوة التلامس التي يؤثر بها جسم في جسم آخر ملامس له.

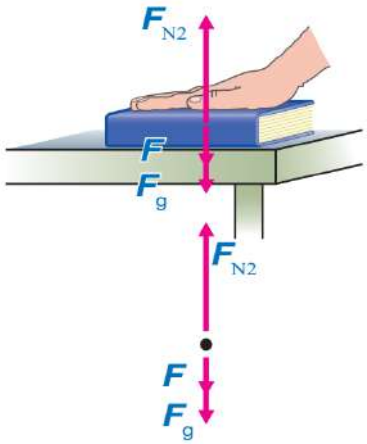
- رمزها (F_N) وتقاس بوحدة النيوتن (N).
- تكون دائما عمودية على السطح وتتجه بعيدا عنه.





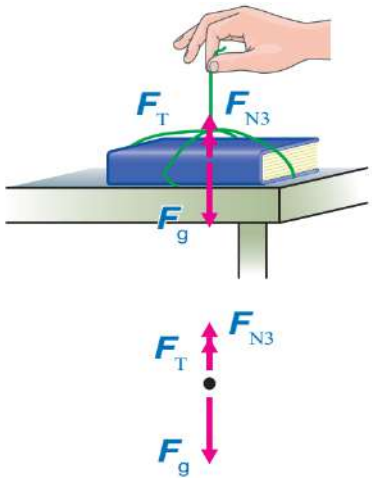
يتزن الكتاب على السطح الأفقي تحت تأثير قوتين متعاكستين هما وزنه وقوته العمودية وحسب قانون نيوتن الثاني يتبين أنها متساويتان

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



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).

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



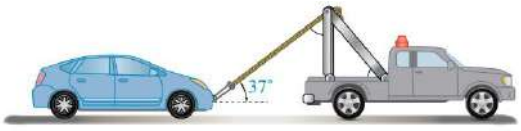
القوة العمودية المؤثرة في الكتاب أقل من وزنه حيث يتأثر الكتاب بقوتين إلى الأعلى هما القوة العمودية وقوة الشد في الخيط بينما يؤثر الكتاب بوزنه بقوة إلى الأسفل.

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

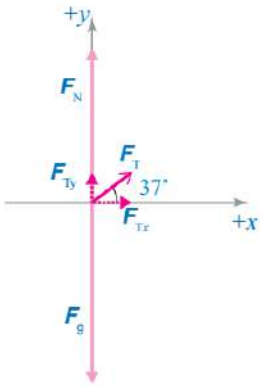
سؤال **هل القوة العمودية المؤثرة في الجسم تساوي دائما وزنه؟ فسر إجابتك..**

لا ليس دائما، من الممكن أن يكون الجسم موضوع بشكل مائل على سطح عندئذ تكون القوة العمودية لا تساوي الوزن وإنما مساوية لمركبة الوزن العمودية كما سنشرح لكم في الموضوع القادم.

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



أ - المركبتين الأفقية والعمودية لقوة الشد في الحبل.



$$F_{Tx} = F_T \cos(\theta) = 2000 \times \cos(37^o) = 1600\ N$$
$$F_{Ty} = F_T \sin(\theta) = 2000 \times \sin(37^o) = 1200\ N$$

ب - القوة العمودية المؤثرة في السيارة.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N + F_{Ty} - F_g = 0$$
$$F_N + 1200 - 9000 = 0 \rightarrow F_N = 7800\ N$$
$$F_N = 7800\ N\ , +y$$

جـ - تسارع السيارة.

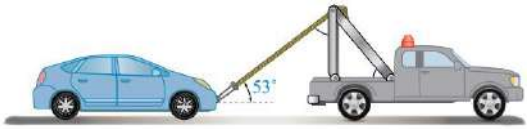
$$\sum F_x = ma_x \rightarrow F_{Tx} = ma_x \rightarrow 1600 = 900 \times a_x$$
$$a_x = 1600 \div 900 = 1.78\ m/s^2, +x$$

سؤال إضافي **في السؤال السابق لو كانت الرافعة تسحب السيارة نحو اليسار فاحسب مقدار تسارع السيارة ؟**

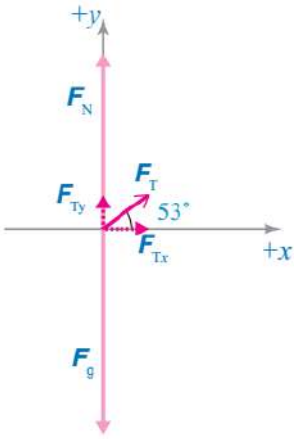
$$\sum F_x = ma_x \rightarrow F_{Tx} = ma_x$$
$$\rightarrow -1600 = 900 \times a_x$$
$$a_x = -1600 \div 900$$
$$a_x = -1.78\ m/s^2 = 1.78\ m/s^2, -x$$

تمرين **أعد حل المثال السابق إذا أصبحت زاوية ميلان الحبل بالنسبة للأفقي (53^o)**

إذا علمت أن ($\sin 53^o = 0.8$) **و** ($\cos 53^o = 0.6$) **و** ($g = 10\ m/s^2$) **فاحسب :**



أ - المركبتين الأفقية والعمودية لقوة الشد في الحبل.



$$F_{Tx} = F_T \cos(\theta) = 2000 \times \cos(53^o) = 1200\ N$$
$$F_{Ty} = F_T \sin(\theta) = 2000 \times \sin(53^o) = 1600\ N$$

ب - القوة العمودية المؤثرة في السيارة.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N + F_{Ty} - F_g = 0$$
$$F_N + 1600 - 9000 = 0 \rightarrow F_N = 7400\ N$$
$$F_N = 7400\ N\ , +y$$

جـ - تسارع السيارة.

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

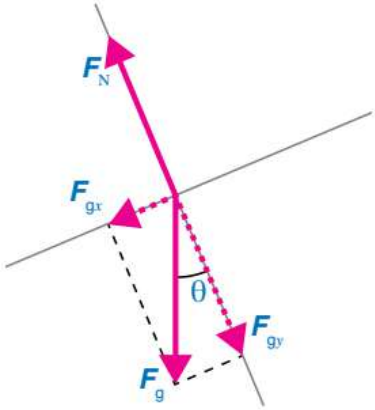
المستوى المائل

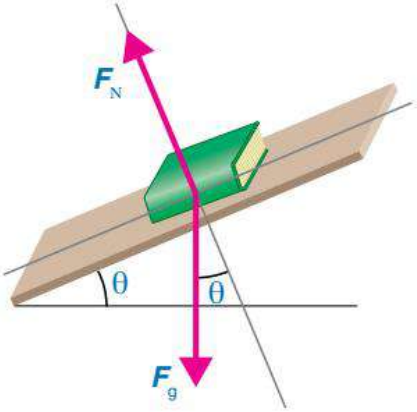
☑ عند وضع جسم على مستوى مائل فأن وزنه لا يؤثر عموديًا في سطح المستوى بل يصنع زاوية معه.

☑ نختار محاور الاسناد بحيث يكون المحور (x) في اتجاه يوازي سطح المستوى المائل ويكون المحور (y) عموديا عليه.

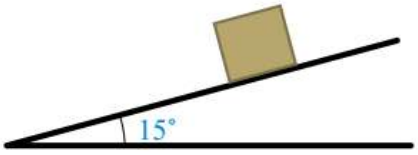
☑ يكون اتجاه (x+) مع اتجاه حركة الجسم دائما.

☑ الزاوية التي يصنعها المستوى المائل مع الأفقي تكون مساوية للزاوية التي يصنعها متجه الوزن مع محور (y) كما في الشكل.

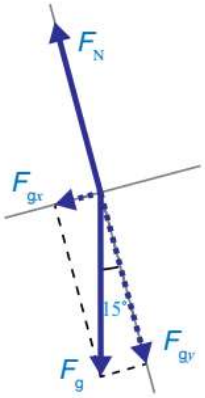




سؤال ينزلق صندوق كتلته ($4\ kg$) إلى أسفل مستوى مائل سطحه أملس يميل على الأفقي بزاوية (15^o) كما هو موضح في الشكل، إذا علمت أن ($\cos 15^o = 0.97$) و ($\sin 15^o = 0.26$) و ($g = 10\ m/s^2$) فاحسب مقدار :



أ - القوة العمودية المؤثرة في الصندوق.

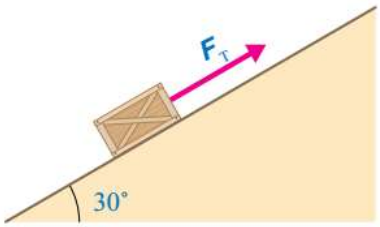


$$F_{gx} = F_g \sin(\theta) = 40 \times \sin(15^o) = 10.4\ N$$
$$F_{gy} = F_g \cos(\theta) = 40 \times \cos(15^o) = 38.8\ N$$
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} = 38.8\ N$$

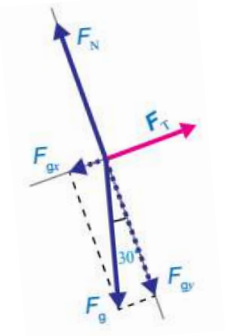
ب - تسارع الصندوق.

$$\sum F_x = ma_x \rightarrow F_{gx} = ma_x \rightarrow 10.4 = 4 \times a_x$$
$$a_x = 2.6\ m/s^2$$

تمرين يوضح الشكل صندوقًا كتلته ($20\ kg$) يُسحب بحبل غير قابل للاستطالة إلى أعلى مستوى مائل أملس بسرعة ثابتة. إذا كان الحبل موازيًا لسطح المستوى ، وزاوية ميلان المستوى على الأفقي (30^o) و ($\sin 30^o = 0.5$) و ($\cos 30^o = 0.87$) و ($g = 10\ m/s^2$) فاحسب مقدار:



أ - القوة العمودية المؤثرة في الصندوق.



$$F_{gx} = F_g \sin(\theta) = 200 \times \sin(30^o) = 100\ N$$
$$F_{gy} = F_g \cos(\theta) = 200 \times \cos(30^o) = 174\ N$$
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} = 174\ N$$

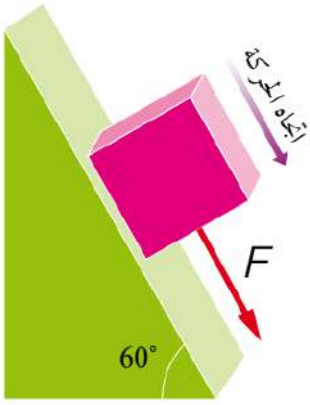
ب - قوة الشد المؤثرة في الصندوق.

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

نصيحة ذهبية

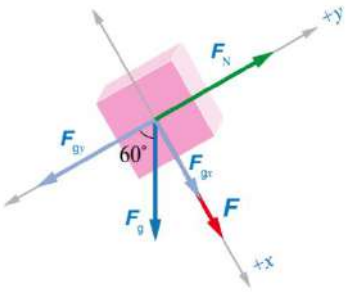
إذا كان طالب بالسؤال تحسب قوة؟ أفرط المحاور ودور على بنت الحلال

سؤال إضافي إذا أثرت قوة مقدارها ($90\ \mathrm{N}$) في صندوق كتلته ($15\ \mathrm{kg}$) يتحرك على مستوى أملس يميل عن الأفق بزاوية (60^o) كما في الشكل، فاحسب مقدار كلاً مما يلي:



أ - القوة العمودية المؤثرة في الصندوق.

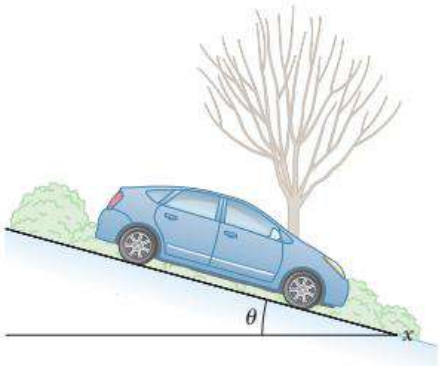
$$\mathrm{F}_{gx} = \mathrm{F}_g \sin(\theta) = 150 \times \sin(60^o) = 130\ \mathrm{N}$$
$$\mathrm{F}_{gy} = \mathrm{F}_g \cos(\theta) = 150 \times \cos(60^o) = 75\ \mathrm{N}$$
$$\sum \mathrm{F}_y = 0 \rightarrow \mathrm{F_N} - \mathrm{F}_{gy} = 0 \rightarrow \mathrm{F_N} = \mathrm{F}_{gy} = 75\ \mathrm{N}$$



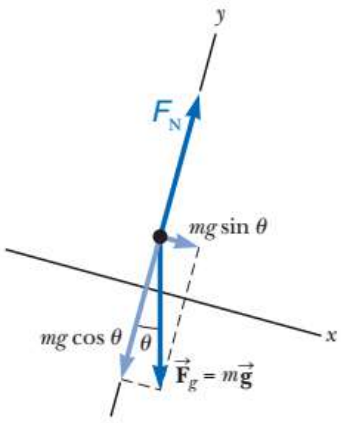
ب - تسارع الصندوق.

$$\sum \mathrm{F}_x = ma_x \rightarrow \mathrm{F} + \mathrm{F}_{gx} = ma_x$$
$$\rightarrow 90 + 130 = 15 \times a_x$$
$$a_x = 14.6\ m/s^2$$

سؤال إضافي سيارة كتلتها ($5 \times 10^5\ g$) تتحرك على مستوى مائل جليدي يميل عن الأفق بزاوية (θ) كما في الشكل، فما هي التي يميل بها المستوى المائل عن الأفق إذا علمت أن تسارع السيارة ($5\ \mathrm{m/s^2}$):



$$F_g = mg = (5 \times 10^5 \times 10^{-3}) \times 10$$
$$F_g = 5 \times 10^3 \mathrm{N}$$
$$\sum \mathrm{F}_x = ma_x \rightarrow mgsin(\theta) = ma_x$$
$$\rightarrow 10 \times sin\ (\theta) = 5 \rightarrow sin\ (\theta) = 0.5$$
$$\rightarrow \theta = 30^o$$



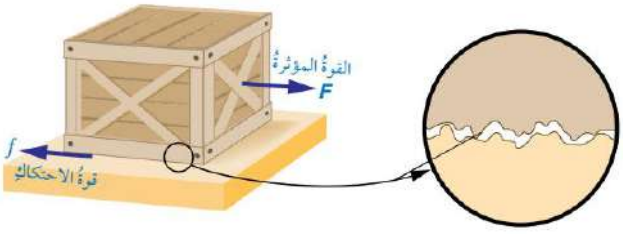
قوة الاحتكاك

قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض وتمانع حركتها.

- رمزها (f) وتقاس بوحدة النيوتن (N).
- تؤثر بشكل موازي لسطحي التلامس بين الجسمين.
- تنشأ بين سطحي الجسمين المتلامسين عند تحريك أو محاولة تحريك بعضهما فوق بعض.
- تكون دائما قوة الاحتكاك معاكسة لاتجاه القوة المؤثرة.

سؤال وضح ما هي آلية حدوث الاحتكاك؟

✓ عند التأثير بقوة في جسم ما لتحريكه على سطح أفقي خشن تنشأ قوة احتكاك بين سطحيهما المتلامسين نتيجة خشونتهما وتكون قوة الاحتكاك معاكسة لاتجاه القوة المؤثرة.

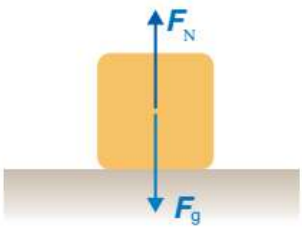


✓ لاحظ كما في الشكل أن الفحص الدقيق للسطحين المتلامسين يظهر أنهما خشنان حتى لو بدا أنهما أملسان عند لمسهما.

✓ لتحريك الصندوق يجب التأثير بقوة دفع أو سحب لرفع نتوءات سطح الصندوق فوق نتوءات السطح السفلي لكي يتخطاها من خلال الارتطام بها أو كسرها أو كليهما معا.

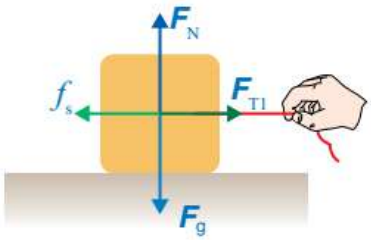
قوة الاحتكاك السكوني

قوة تمانع حركة جسمين ساكنين متلامسين عند محاولة تحريك بعضهما فوق بعض وتظهر كاستجابة لقوة أخرى تحاول تحريك الجسم الساكن.



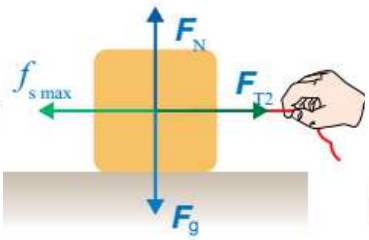
الصندوق ساكن ولا توجد قوة تحاول تحريكه لذلك لا توجد قوة احتكاك توثر فيه.

1



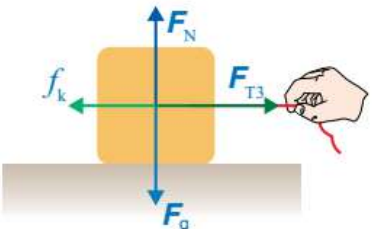
تؤثر قوة شد أفقية صغيرة في الصندوق جهة اليمين لكن الصندوق ساكن لا يتحرك أي أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفر وبالتالي تكون القوة المعاكسة لاتجاه قوة الشد ومساوية لها في المقدار هي قوة الاحتكاك السكوني ورمزها (f_s)

2



مع ازدياد مقدار قوة الشد يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني حتى تصل لقيمته العظمى عندها يكون الجسم على وشك الحركة تسمى هذه القوة بقوة الاحتكاك السكوني العظمى ورمزها (f_{smax})

3



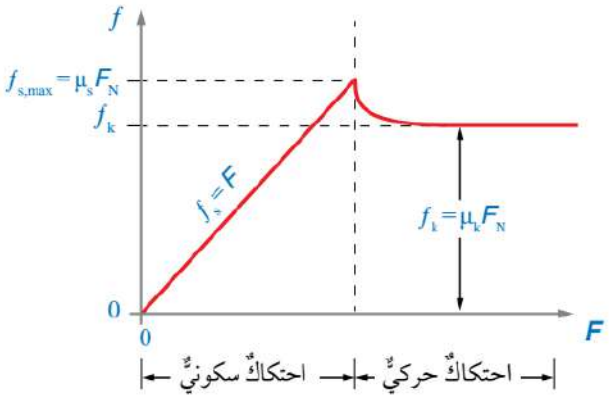
عندما يصبح مقدار القوة المؤثرة أكبر من (f_{smax}) يبدأ الجسم بالحركة وعندها تؤثر قوة الاحتكاك الحركي بدلًا من قوة الاحتكاك السكوني ورمز قوة الاحتكاك الحركي هو (f_k).

4

ملاحظات مهمة

- ✪ قوة الاحتكاك السكوني تكون موجودة فقط عندما يكون الجسم ساكنًا لا يتحرك.
- ✪ عندما يكون الجسم على وشك الحركة تصل قوة الاحتكاك السكوني إلى قيمتها العظمى وعندما يتحرك تصبح القوة المؤثرة هي قوة الاحتكاك الحركي وليست السكونية.
- ✪ قوة الاحتكاك الحركي أقل من قوة الاحتكاك السكوني العظمى.

منحنى (قوة الاحتكاك – القوة الأفقية المؤثرة)



- ➲ يبين الجزء الأول من المنحنى تأثير قوة الاحتكاك السكوني حيث يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني طرديا مع زيادة مقدار القوة الأفقية المؤثرة في الجسم حتى يصل إلى قيمته العظمى (f_{smax}).
- ➲ عند وصول قوة الاحتكاك السكوني إلى قيمتها العظمى تكون قوة الاحتكاك السكوني مساوية لمقدار القوة الأفقية المؤثرة في الجسم ومعاكسه لها في الاتجاه.
- ➲ عندما يصبح مقدار القوة الأفقية أكبر من القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكوني يبدأ الجسم في الحركة.
- ➲ عند بدء الجسم حركته تصبح القوة المؤثرة فيه هي قوة الاحتكاك الحركي بدلًا من قوة الاحتكاك السكوني.

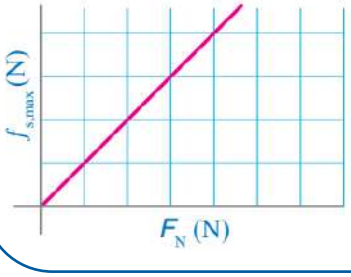
سؤال: ما هي العوامل التي تعتمد عليها قوة الاحتكاك السكوني؟

1. طبيعة السطحين المتلامسين (نوع مادتيهما).
2. مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم.

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

F_N : مقدار القوة العمودية ، μ_s : معامل الاحتكاك السكوني

ملاحظات مهمة



- ✪ يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني بزيادة مقدار القوة العمودية.
- ✪ يوضح الشكل التناسب الطردي بين قوة الاحتكاك السكوني العظمى والقوة العمودية.
- ✪ لا تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على مساحة السطح أو حجمه.

سؤال **وضح ما هو المقصود بمعامل الاحتكاك السكوني؟**

نسبة مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى إلى مقدار القوة العمودية.

سؤال **ما هي وحدة قياس معامل الاحتكاك السكوني؟**

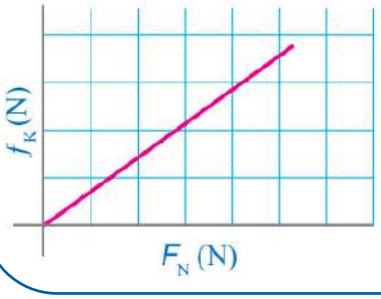
ليس له وحدة قياس، لأنه عبارة عن نسبة.

قوة الاحتكاك الحركي

قوة الاحتكاك المؤثرة في الجسم في أثناء حركته وتؤثر في سطحي جسمين عندما يتحرك أحدهما بالنسبة إلى الآخر.

- رمزها (f_k) وتقاس بوحدة النيوتن (N).
- مقدار قوة الاحتكاك الحركي أقل من مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى.

ملاحظات مهمة



- ✪ يزداد مقدار قوة الاحتكاك الحركي بزيادة مقدار القوة العمودية.
- ✪ يوضح الشكل التناسب الطردي بين قوة الاحتكاك الحركي العظمى والقوة العمودية.
- ✪ لا تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على مساحة السطح أو حجمه

سؤال **ما هي العوامل التي تعتمد عليها قوة الاحتكاك الحركي ؟**

1. طبيعة السطحين المتلامسين (نوع مادتيهما).
2. مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم.

$$f_k = \mu_k F_N$$

F_N : مقدار القوة العمودية ، μ_k : معامل الاحتكاك الحركي

سؤال **وضح ما هو المقصود بمعامل الاحتكاك السكوني؟**

نسبة مقدار قوة الاحتكاك الحركي إلى مقدار القوة العمودية.

سؤال **ما هي وحدة قياس معامل الاحتكاك السكوني؟**

ليس له وحدة قياس، لأنه عبارة عن نسبة.

✪ يبين الجدول الآتي معاملات الاحتكاك السكونية ومعاملات الاحتكاك الحركية التقريبية لسطوح مختلفة.

الجدول (1): القيمُ التقريبيةُ لبعضِ معاملاتِ الاحتكاكِ

نوعا السطحين المتلامسين	معامل الاحتكاك السكونيّ μ_s	معامل الاحتكاك الحركيّ μ_k
فولاذٌ فوقَ فولاذٍ (جافٌّ)	0.8	0.6
فولاذٌ فوقَ فولاذٍ (معَ الزيتِ)	0.15	0.05
مطاطٌ فوقَ خرسانةٍ جافةٍ	1.0	0.8
مطاطٌ فوقَ خرسانةٍ مُبللةٍ	0.5 – 0.7	0.3 – 0.5
مطاطٌ فوقَ ثلجٍ	0.3	0.2
خشبٌ فوقَ خشبٍ	0.5	0.3
خشبٌ مشمَّعٌ (waxed wood) فوقَ ثلجٍ	0.14	0.1
فلزٌّ فوقَ خشبٍ	0.5	0.3
جليدٌ فوقَ جليدٍ	0.1	0.03
زجاجٌ فوقَ زجاجٍ	0.9	0.4
فولاذٌ فوقَ جليدٍ	0.4	0.02
الحذاءُ فوقَ الخشبِ	0.9	0.7
الحذاءُ فوقَ الجليدِ	0.1	0.05
مفاصلُ العظامِ بوجودِ السائلِ الزلاليّ	0.016	0.015

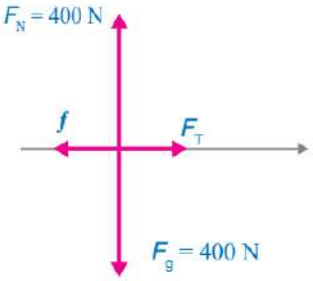
؟ سؤال علل لماذا يكون تحريك مكعب خشبي على سطح طاولة خشبي أسهل من تحريكه على سطح من الخرسانة؟ وانزلاق إطارات السيارة على الطريق المغطى بالثلج أسهل بكثير منه على طريق جاف؟

لأن معامل الاحتكاك الحركي بين المكعب الخشبي وسطح الطاولة الخشبية يكون أقل وبالتالي قوة الاحتكاك تكون أقل وهذا يعني أن الجسم يتحرك بكل سهولة
ونفس الشيء لإطار السيارة والثلج فمعامل الاحتكاك الحركي بين الطريق المغطى بالثلج وإطار السيارة قليل مما يقلل من قوة الاحتكاك ويزيد سهولة الحركة.

- 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 ($f_{s,max}$) فأن الجسم يكون في حالة سكون.

سؤال وضع صندوق كتلته ($40\ kg$) 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 ($10\ m/s^2$) ، وبإهمال كتلة الزلاجة فاحسب مقدار :

أ - أقل قوة يلزم التأثير بها في الزلاجة بحيث تكون على وشك الحركة.



$m = 40\ kg$, $\mu_s = 0.15$, $\mu_k = 0.10$, $g = 10\ m/s^2$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = 400\ N$$

$$f_{s,max} = \mu_s \times F_N = 0.15 \times 400 = 60\ N$$

ب - القوة اللازم التأثير بها في الزلاجة لتتحرك بسرعة متجهة ثابتة.

حتى تتحرك الزلاجة بسرعة متجهة ثابتة يجب أن يكون مقدار (F_T) مساوي لمقدار (f_k)

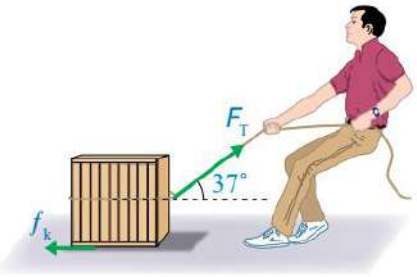
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_T - f_k = 0 \rightarrow F_T = f_k = \mu_k \times F_N = 0.10 \times 400$$

$$F_T = f_k = 40\ N$$

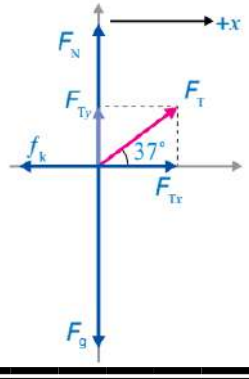
جـ - تسارع الزلاجة إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيها ($20\ N$).

$$\sum F_x = ma \rightarrow 20 = 40 \times a \rightarrow a = 0.5\ m/s^2$$

سؤال يُسحب صندوق كتلته ($50\ kg$) على أرضية أفقية خشنة بحبل يصنع زاوية (37^o) على الأفقي، أنظر الشكل. إذا كان مقدار قوة الشد في الحبل ($200\ N$) وتسارع الصندوق بمقدار ($1.3\ m/s^2$)، والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$)، و ($\sin(37^o) = 0.6$) و ($\cos(37^o) = 0.8$)، فاحسب مقدار:



أ - قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق.



$m = 40\ kg$, $F_T = 200\ N$, $a = 1.3\ m/s^2$, $g = 10\ m/s^2$

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

$$F_{Tx} = F_T \cos(\theta) = 200 \times \cos(37^o) = 160\ N$$

$$F_{Ty} = F_T \sin(\theta) = 150 \times \sin(37^o) = 120\ N$$

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

$$\rightarrow 160 - f_k = 50 \times 1.3 = 65 \rightarrow f_k = 95\ N$$

تؤثر قوة الاحتكاك الحركي في عكس اتجاه حركة الصندوق

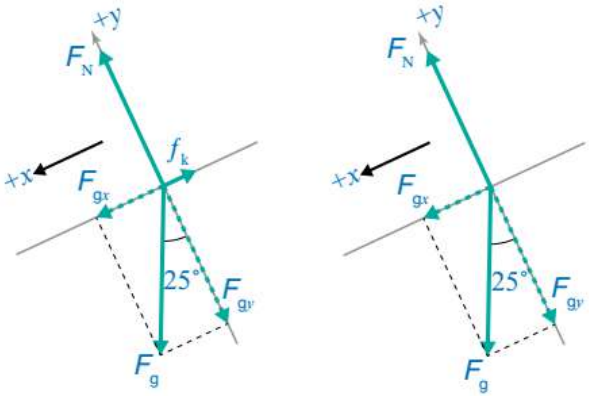
ب - معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والأرضية.

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

$$F_N = 500 - 120 = 380\ N$$

$$f_k = \mu_k \times F_N \rightarrow 95 = \mu_k \times 380 \rightarrow \mu_k = 0.25$$

سؤال يتزلج رياضي على منحدر ثلجي يميل على الأفقي بزاوية (25^o) ، كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أن كتلة الرياضي ($50\ kg$) وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ، و ($\sin(25^o) = 0.42$) و ($\cos(25^o) = 0.91$) ، فاحسب مقدار تسارعه في الحالتين الآتيتين:



أ - إذا كان المنحدر الثلجي أملس.

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

$$F_{gx} = F_g \sin(\theta)$$

$$F_{gx} = 500 \times \sin(25^o) = 210\ N$$

$$F_{gy} = F_g \cos(\theta)$$

$$F_{gy} = 500 \times \cos(25^o) = 455\ N$$

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

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

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

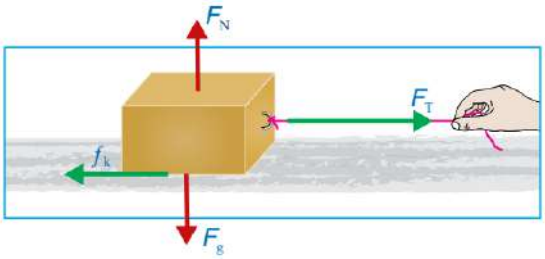
$$f_k = \mu_k \times F_N = 0.10 \times 455 = 45.5\ N$$

$$\sum F_x = ma \rightarrow F_{gx} - f_k = ma \rightarrow 210 - 45.5 = 50 \times a$$

$$164.5 = 50 \times a \rightarrow a = 3.3\ m/s^2$$

نلاحظ أن مقدار تسارع المتزلج الرياضي أكبر في حالة المنحدر الأملس

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



أ - قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق.

$$\text{F}_g = mg = 50 \times 10 = 500\ \text{N}$$
$$\sum \text{F}_y = 0 \rightarrow \text{F}_\text{N} - \text{F}_g = 0$$
$$\rightarrow \text{F}_\text{N} = \text{F}_g = 500\ \text{N}$$
$$f_k = \mu_k \times \text{F}_\text{N} = 0.3 \times 500 = 150\ \text{N}, -x$$

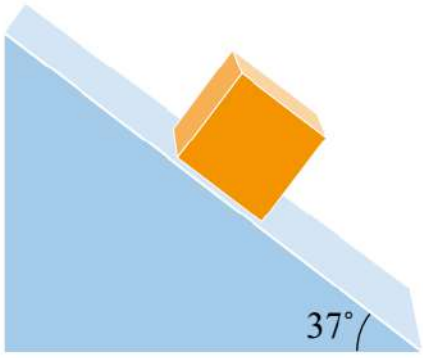
ب - القوة المحصلة المؤثرة في الصندوق.

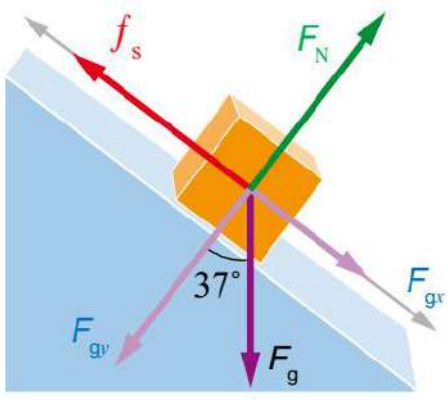
$$\sum \text{F}_x = \text{F}_T - f_k = 200 - 150 = 50\ \text{N}, +x$$

جـ - تسارع الصندوق.

$$\sum \text{F}_x = ma \rightarrow 50 = 50a \rightarrow a = 1\ \text{m/s}^2$$

سؤال إضافي وضع مكعب كتلته ($4\ \text{kg}$) على سطح مستوي يميل عن الأفق بزاوية (37^o)، كما في الشكل، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين المكعب والسطح يساوي (0.8) ، فبين أن المكعب في حالة اتزان سكوني ، ثم احسب قوة الاحتكاك مع السطح.

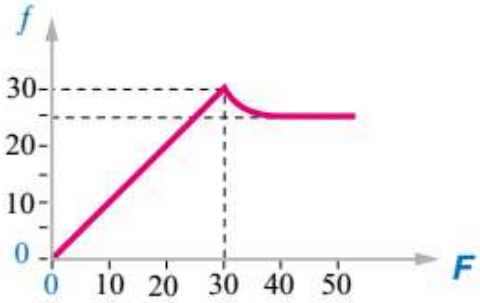




$$\text{F}_g = mg = 4 \times 10 = 40\ \text{N}$$
$$\text{F}_{gx} = \text{F}_g \sin(\theta) = 40 \times \sin(37^o) = 24\ \text{N}$$
$$\text{F}_{gy} = \text{F}_g \cos(\theta) = 40 \times \cos(37^o) = 32\ \text{N}$$
$$\sum \text{F}_x = 0 \rightarrow \text{F}_{gx} - f_s = 0 \rightarrow \text{F}_{gx} = f_s = 24\ \text{N}$$
$$\sum \text{F}_y = 0 \rightarrow \text{F}_\text{N} - \text{F}_{gy} = 0 \rightarrow \text{F}_\text{N} = \text{F}_{gy} = 32\ \text{N}$$
$$f_{s,max} = \mu_s \times \text{F}_\text{N} = 0.8 \times 32 = 25.6\ \text{N}$$
$$\rightarrow f_s = 24\ \text{N} < f_{s,max} = 25.6\ \text{N}$$

بما أن قوة الاحتكاك السكونية المؤثرة في الجسم أصغر من قوة الاحتكاك السكوني العظمى فأن الجسم ساكن لا يتحرك.

سؤال إضافي صندوق كتلته ($25\ \text{kg}$) موضوع على أرض أفقية تؤثر فيه قوة أفقية يتزايد مقدارها تدريجيًا والشكل يوضح تغير قوة الاحتكاك بين سطح الصندوق والأرض بتغير القوة المؤثرة، اعتمادًا على الشكل جد ما يأتي:



أ - معامل الاحتكاك السكوني بين الأرض والصندوق.

$$f_{s,max} = 30\ \text{N}\ ,\ f_k = 25\ \text{N}$$
$$\sum \text{F}_y = 0 \rightarrow \text{F}_\text{N} - \text{F}_g = 0 \rightarrow \text{F}_\text{N} = \text{F}_g = 250\ \text{N}$$
$$f_{s,max} = \mu_s \times \text{F}_\text{N} \rightarrow 30 = \mu_s \times 250$$
$$\mu_s = 0.12\ \text{N}$$

ب - معامل الاحتكاك الحركي بين الأرض والصندوق.

$$f_k = \mu_k \times \text{F}_\text{N} \rightarrow 25 = \mu_k \times 250 \rightarrow \mu_k = 0.10$$

جـ - تسارع الصندوق إذا كانت القوة المؤثرة ($40\ \text{N}$).

$$\sum \text{F}_x = ma \rightarrow \text{F} - f_k = ma \rightarrow 40 - 25 = 25 \times a$$
$$15 = 25 \times a \rightarrow a = 0.6\ \text{m/s}^2$$

سؤال إضافي يبدأ جسم كتلته ($2\ \text{kg}$) بالانزلاق من السكون على سطح مائل ، ويقطع مسافة ($0.8\ \text{m}$) خلال ($0.5\ \text{s}$) ، فما هو مقدار القوة المحصلة التي تؤثر في الجسم في أثناء انزلاقه على السطح المائل؟

$$d = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow 0.8 = 0 \times 250 + 0.5 \times a \times (0.5)^2$$
$$\rightarrow a = 6.4\text{m/s}^2$$
$$\sum \text{F} = ma = 2 \times 6.4 = 12.8\ \text{N}$$

سؤال وضح لماذا تزداد حالات انزلاق المركبات على الطرق في فصل الشتاء ؟

يكون معامل الاحتكاك السكوني والحركي بين إطار السيارة المصنوع من المطاط وسطح الطريق في الشتاء قليل جدًا مما يقلل قوة الاحتكاك ويزيد من سهولة انزلاق إطارات السيارة على الطريق ويجعل قيادة السيارة والسيطرة عليها وتوجيهها صعبًا.

أتحقّقُ: إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك بين الخرسانة ونعل الحذاء المصنوع من المطاط أكبر منه بين الخرسانة والنعل المصنوع من الجلد. فأي الحذاءين تختار للماشي في يوم ماطر؟

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

أفكّرُ: عادة تُلف جنازير حول إطارات السيارات وخاصة سيارات الدفاع المدني في العواصف الثلجية. بناءً على ما تعلمته من هذا الدرس ما الهدف من وضع هذه الجنازير حول إطارات السيارات؟ فسر إجابتك..

السبب هو لتقليل فرصة انزلاق إطارات السيارة في الشتاء حيث معامل الاحتكاك بين الجنازير والطريق أكبر من معامل الاحتكاك بين إطار السيارات المصنوع من المطاط والطريق مما يزيد قوة الاحتكاك.

سؤال إضافي NERD: تقود سلمى سيارة كتلتها (1.8×10^3 kg) بسرعة (90 km/h) شمالاً على طريق أفقي مستقيم في طقس ماطر. وعندما أقبلت على إشارة ضوئية أضاءت باللون الأحمر فضغطت سلمى على المكابح بقوة مما أدى إلى انزلاق إطارات السيارة على سطح الطريق. إذا كان بعد مقدمة السيارة عن الإشارة لحظة الضغط على المكابح (60 m) ومعامل الاحتكاك الحركي بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.40) وتسارع السقوط الحر (10 m/s^2) فأجيب عما يأتي:

أ- احسب مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في السيارة.

$$F_g = mg = 1.8 \times 10^3 \times 10 = 1.8 \times 10^4 \text{ N}$$
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = 1.8 \times 10^4 \text{ N}$$
$$f_k = \mu_k \times F_N = 0.40 \times 1.8 \times 10^4 = 0.72 \times 10^4 \text{ N}$$

ب- احسب مقدار تسارع السيارة.

$$\sum F_x = ma \rightarrow F - f_k = ma \rightarrow 0 - 0.72 \times 10^4 = 1.8 \times 10^4 \times a$$
$$-0.72 = 1.8 \times a \rightarrow a = 4 \text{ m/s}^2$$

جـ- هل تتوقف السيارة عند الإشارة تمامًا أم قبلها أم بعدها؟ وضح الحسابات المستخدمة.

؟ سؤال أعطِ أمثلة على تطبيقات وأنشطة نحتاج لوجود قوة الاحتكاك فيها؟

حركة المركبات والكتابة على الورق والسبورة وإشعال أعواد الثقاب.

؟ سؤال وضح ما هي أهمية قوة الاحتكاك السكونية في المشي والحركة؟

قوة الاحتكاك السكوني تساعدنا على المشي وتغيير اتجاه حركتنا فعند دفع القدم إلى الأمام في اتجاه الحركة تمنع انزلاقها نحو الخلف.

؟ سؤال ما هي الآثار السلبية لقوى الاحتكاك؟

تسبب تآكل بعض المنتجات التي نستخدمها في حياتنا مثل الأحذية والملابس وتسبب تآكل بطانة مكابح المركبات.

تعيق انزلاق الأجسام فوق بعضها البعض مما يسبب تباطؤها وبالتالي يتطلب التأثير بقوة أكبر لتحريكها والمحافظة على استمرارية حركتها.

؟ سؤال كيف يتم تخفيف أثر قوة الاحتكاك والتقليل منها؟

باستخدام العجلات والتزييت والتشحيم.

يمكنكم الانضمام لمجموعاتنا على الواتس
من خلال التواصل مع الرقم: 0795360003

0795360003 | الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى

سؤال **ما هي المفاصل؟**

المناطق التي تجمع أثنين أو أكثر من العظام في جسم الإنسان.

سؤال **علل تكون قوى الاحتكاك بين العظام في منطقة المفصل قليلة جدًا ؟**

لأن منطقة المفصل مغطاة بغضاريف بالإضافة لوجود غشاء زلالي يفرز مائعا لزجا يسمى بالسائل الزلالي داخل المفصل.

سؤال **ما هي فائدة السائل الزلالي؟**

هو بمنزلة مادة التشحيم حيث يقوم بتقليل الاحتكاك وحماية العظام من التآكل.

سؤال **أعط أمثلة على مواد لزجة في جسم الإنسان تقلل من قوى الاحتكاك ؟**

يساعد إفراز اللعاب في عملية البلع إذ يقلل من احتكاك المواد الغذائية مع جدران البلعوم والمريء كما يساعد وجود المخاط اللزج بين أعضاء الجسم على حرية حركتها نسبة إلى بعضها في أثناء حركة الإنسان.

يمكنكم الانضمام لمجموعاتنا على الواتس
من خلال التواصل مع الرقم: 0795360003

0795360003 | الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى

حل أسئلة مراجعة الدرس الثاني من الوحدة الرابعة

سؤال 1 **ما المقصود بكل من: قوة الشد، القوة العمودية، قوة الاحتكاك؟ وهل وجود الاحتكاك إيجابي أم سلبي؟ أفسر إجابتك..**

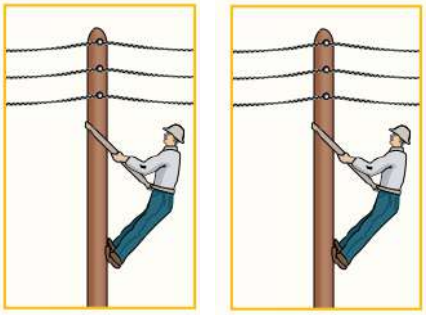
☑ قوة الشد: هي قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل.

☑ القوة العمودية: قوة التلامس التي يؤثر بها جسم في جسم آخر ملامس له.

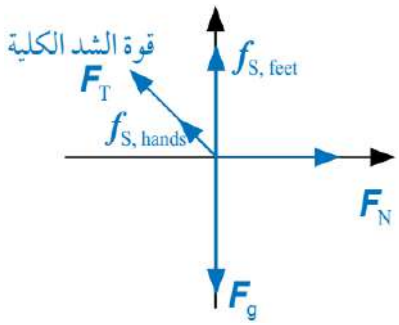
☑ قوة الاحتكاك: قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض وتمانع حركتها.

☑ لقوة الاحتكاك إيجابيات وسلبيات عدة فهي ضرورية للكتابة على الورق وإشعال أعواد الثقاب والمشي وحركة المركبات لكنها تكون سبب في تآكل بعض المنتجات التي نستخدمها في حياتنا اليومية وتعيق انزلاق الأجسام فوق بعضها البعض.

سؤال 2 **يوضح الشكل المجاور تسلق عامل صيانة في شركة الكهرباء لعمود كهرباء ، إذ ينتعل حذاء بمواصفات خاصة وأيضا يستخدم حزامًا أحد طرفيه ملتف حول خصره وطرفه الآخر ملتف حول العمود.**



أ - أرسم مخطط الجسم الحر لعامل الصيانة مسميًا القوى المؤثرة فيه.



ب - فسر هل يعتمد هذا العامل في صعوده العمود على قوة الاحتكاك السكوني أم الحركة؟ مفسرًا إجابتك..

يعتمد على قوة الاحتكاك السكوني وهي تساعده في الصعود وعدم الانزلاق.

جـ - حدد موقعين في الشكل تؤثر فيهما قوة الاحتكاك في العامل، ووضح أهميتهما.

تؤثر قوة الاحتكاك السكوني عند موقع تلامس قدمي عامل الصيانة مع العمود لتمنع انزلاق قدميه وتؤثر أيضا عند نقطة تلامس يدي العامل مع الحبل وتساعده في سحب الحبل وتغيير موقع الحبل على العمود ليتمكن من الصعود وتؤثر عند نقطة التفاف الحبل حبل العمود وتمنع الحبل من الانزلاق إلى الأسفل.

سـؤال 3 يبين الشكل المجاور ميزانًا نابضيًا معلقًا في نهايته ثقل (m) كتلته ($10\ \text{kg}$). إذا علمت أن ($g = 10\ \text{m/s}^2$) فجد قراءة الميزان في الحالات الآتية:

أ - إذا كان الثقل ساكنًا.

$$\sum \mathrm{F} = \mathrm{F_T} - \mathrm{F}_g = 0 \rightarrow \mathrm{F_T} = \mathrm{F}_g = mg = 10 \times 10 = 100\ \mathrm{N}$$

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

$$\sum \mathrm{F} = \mathrm{F_T} - \mathrm{F}_g = 0 \rightarrow \mathrm{F_T} = \mathrm{F}_g = mg = 10 \times 10 = 100\ \mathrm{N}$$

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

$$\sum \mathrm{F} = \mathrm{F_T} - \mathrm{F}_g = ma \rightarrow \mathrm{F_T} = \mathrm{F}_g + ma = mg + ma$$
$$\sum \mathrm{F} = 10 \times 10 + 10 \times (+1) = 110\ \mathrm{N}$$

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

$$\sum \mathrm{F} = \mathrm{F}_g - \mathrm{F_T} = ma \rightarrow \mathrm{F_T} = \mathrm{F}_g - ma = mg - ma$$
$$\sum \mathrm{F} = 10 \times 10 - 10 \times (-1) = 90\ \mathrm{N}$$

سـؤال 4 صندوق كتلته ($30\ \text{kg}$). احسب مقدار القوة العمودية المؤثرة فيه عندما يكون مستقرًا على:

أ - سطح افقي.

$$\sum \mathrm{F}_y = 0 \rightarrow \mathrm{F_N} - \mathrm{F}_g = 0 \rightarrow \mathrm{F_N} = \mathrm{F}_g = 30 \times 10 = 300\ \mathrm{N}$$

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

$$\mathrm{F}_{gy} = \mathrm{F}_g \cos(\theta) \rightarrow \mathrm{F}_{gy} = 300 \times \cos(20^o)$$
$$\mathrm{F}_{gy} = 300 \times 0.93 = 282\ \mathrm{N}$$
$$\sum \mathrm{F}_y = 0 \rightarrow \mathrm{F_N} - \mathrm{F}_{gy} = 0 \rightarrow \mathrm{F_N} = \mathrm{F}_{gy} = 282\ \mathrm{N}$$

سـؤال 5 **في أثناء دراستي وزميلتي شيماء لموضوع قوى الاحتكاك، قالت: (إن زيادة عرض إطار السيارة يزيد من قوة الاحتكاك المؤثرة فيها ، لذا ينبغي على السائقين استخدام إطارات أقل عرضًا لتقليل احتكاكها بالطريق). ناقش قول شيماء بناءً على ما تعلمته في هذا الدرس.**

لا تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على مساحة السطحين المتلامسين أو حجمه بل تعتمد على مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم وطبيعة السطحين المتلامسين (نوع مادة كل منهما).

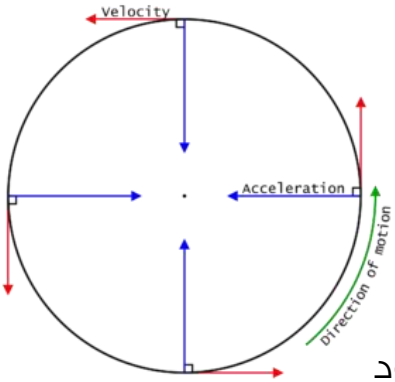
يمكنكم الانضمام لمجموعاتنا على الواتس
من خلال التواصل مع الرقم: 0795360003

0795360003 | الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى

الوحدة الرابعة: تطبيقات على قوانين نيوتن

الدرس الثالث: القوة المركزية

⊙ **الحركة الدائرية المنتظمة:** حركة جسم أو جسيم بسرعة ثابتة المقدار في مسار دائري نصف قطره (r) حول محور دوران.

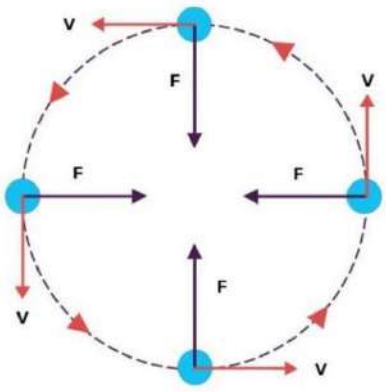


- متجه السرعة المماسية عند أي نقطة على المسار يكون مماسيًا للمسار عن النقطة نفسها ومتعامد مع متجه الموقع الخاص به.
- حسب قانون نيوتن الأول يتحرك الجسم في مسار مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيه قوة محصلة لكن إذا كان المسار غير مستقيم فذلك يعني أنه يتأثر بقوة محصلة.
- تغير السرعة يدل على وجود تسارع ووجود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

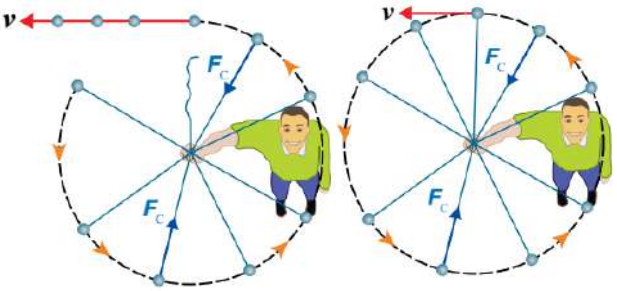
القوة المركزية

القوة المحصلة التي تؤثر في جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة وتكون نحو مركز مساره الدائري وتسبب تغيرًا في اتجاه السرعة مع بقاء مقدارها ثابتًا.

- رمزها (F_c) وتقاس بوحدة النيوتن (N).



- حتى يتحرك الجسم حركه دائريه منتظمة يستلزم ذلك التأثير فيه بقوه ثابته وباتجاه متعامد مع اتجاه حركة الجسم (سرعته المماسية) أي باتجاه مركز الدائرة التي يدور فيها الجسم.
- حسب قانون نيوتن الثاني فأن هذه القوة سوف تكسب الجسم تسارع باتجاهها أي باتجاه مركز الدائرة لذلك فأن هذه القوة تسمى القوة المركزية والتسارع الناشئ عنها يسمى بالتسارع المركزي.



سؤال كرة مربوطة بخيط تتحرك في حركة دائرية وضح كيف سيتكون اتجاه حركتها لحظة انقطاع الخيط.

ستتحرك في مسار مستقيم مماسيا للمسار الدائري عند نقطة الانقطاع كما في الشكل.

أتحقّقُ: ما القوة المركزية؟ وهل القوة المركزية تعتبر نوع جديد من القوى؟

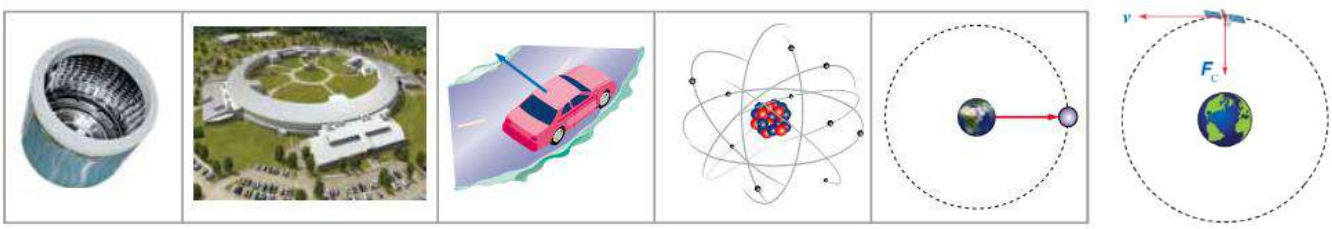
القوة المركزية قوة محصلة تؤثر في جسم فتجعله يتحرك حركة دائرية ويكون اتجاهها نحو مركز مساره الدائري تسبب تغيرًا في سرعته المتجهة وتكسبه تسارعًا مركزيًا.
وهي ليست نوع جديد من القوى بل هي صفة لأية قوة تؤثر في جسم فتجبره على الحركة في مسار دائري ويمكن أن تكون القوة المركزية قوة شد أو جذب أو احتكاك أو ....

سؤال ما هو الفرق بين الحركة الدائرية والحركة الدورانية؟

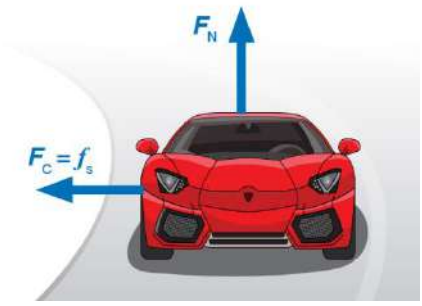
الفرق في محور الدوران أو مركز الدوران ففي الحركة الدورانية محور الدوران يكون موجود داخل الجسم وفي الحركة الدائرية محور الدوران موجود خارج الجسم.

ملاحظات مهمة

- القوة المركزية ليست نوع جديد من القوى بل هي صفة لأية قوة تؤثر في جسم فتجبره على الحركة في مسار دائري..
- أصل القوة المركزية ومنشأها يعتمد على حالة النظام الواقعة قيد الدراسة.
- يمكن أن تكون القوة المركزية:
  - قوة شد في خيط تؤثر في الكرة المربوطة به لتدور في مسار دائري.
  - قوة جذب كتلة تؤثر بها الأرض في القمر فيدور القمر حولها.
  - قوة جذب كهربائي تؤثر بها النواة في الإلكترون فيدور الإلكترون حولها.
  - قوة احتكاك سكوني بين سطحي جسمين كما هو حال سيارة تدور حول دوار.
  - قوة مغناطيسية يؤثر بها مجال مغناطيسي منتظم في جسيم مشحون.
  - قوة عمودية يؤثر بها السطح الداخلي لأسطوانة دوارة على جسم بداخلها فيدور معها كما في الغسالة.



سؤال برأيك لماذا لا تنزلق سيارة السباق الموضحة في الشكل خارج المنعطف خلال مسار السباق؟



بسبب القوة المركزية التي تمنع حصول ذلك وهي قوة جانبية منشؤها قوة الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق تؤثر نحو مركز الدائرة التي يعد المنعطف جزءاً منها.

حساب السرعة المماسية والتسارع المركزي والقوة المركزية

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

الزمن الدوري : T , نصف قطر المسار الدائري : r , السرعة المماسية : v

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

$$F_C = ma_c = m\frac{v^2}{r}$$

نصف القطر : r , السرعة المماسية : v , كتلة الجسم : m , التسارع المركزي : a_c

أتحقّقُ: علام يعتمد مقدار القوة المركزية اللازم التأثير بها في جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة؟

1. نصف قطر المسار الدائري عند ثبات مقدار السرعة المماسية.
2. مربع مقدار السرعة المماسية عند ثبات نصف قطر المسار الدائري.

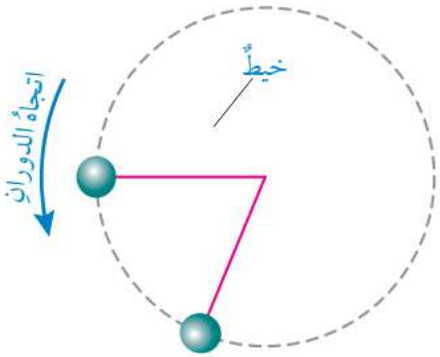
ملاحظات مهمة

- مقدار القوة المركزية ثابت في الحركة الدائرية المنتظمة واتجاهها عمودي على متجه السرعة المماسية.
- 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.
- يكون هناك حدود للسرعة المماسية (حد أقصى) لا يمكن تجاوزه وإلا فإن الجسم سيخرج عن المسار الدائري.

سؤال هل يُعد الجسم الذي يدور في مسار دائري منتظم متزنًا؟ فسر إجابتك..

لا، لأنه يتأثر بقوة تسمى القوة المركزية اتجاهها نحو المركز محصلتها لا تساوي صفرًا..

سؤال كرة كتلتها ($50\ g$)، مربوطة في نهاية خيط طوله ($100\ cm$) ، تتحرك حركة دائرية منتظمة في مسار دائري أفقي ، كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أن الزمن الدوري للكرة ($0.5\ s$) فاحسب مقدار :



أ - سرعتها المماسية.

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

ب - تسارعها المركزي.

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

جـ - القوة المركزية فيها.

$$F_c = ma_c = 0.05 \times 158.8 = 7.9\ \text{N}$$

د - قوة الشد في الخيط.

قوة الشد في الخيط هي نفسها القوة المركزية

$$F_T = F_c = 7.9\ \text{N}$$

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

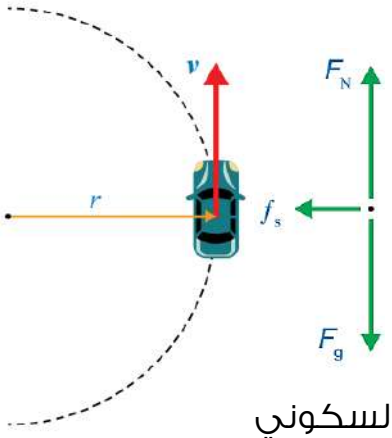
$$F_T = F_c = 10\ \text{N}$$

$$F_{T,max} = ma_{c,max} \rightarrow 10 = 0.05 \times a_{c,max} \rightarrow a_{c,max} = 200\ \text{m/s}^2$$

$$a_{c,max} = \frac{{v_{max}}^2}{r} \rightarrow 200 = \frac{{v_{max}}^2}{1} \rightarrow {v_{max}}^2 = 200$$

$$v_{max} = \sqrt{200}\ \text{m/s} = 14.1\ \text{m/s}$$

سؤال تتحرك سيارة كتلتها ($1.5 \times 10^3 \text{kg}$)، في مسار دائري نصف قطره ($50\ \text{m}$)، بسرعة ثابتة مقدارها ($15\ \text{m/s}$) كما هو موضح في الشكل ، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.8) ، وسطح الطريق أفقي ، فاحسب مقدار :



أ - التسارع المركزي للسيارة.

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

ب - القوة المركزية المؤثرة في السيارة.

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

جـ - أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة دون أن تنزلق.

لإيجاد مقدار أكبر سرعة يجب بالبداية حساب قوة الاحتكاك السكوني

$$F_g = mg = (1.5 \times 10^3)(10) = 1.5 \times 10^4\ \text{N}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = 1.5 \times 10^4\ \text{N}$$

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

$$f_{s,max} = F_c = 1.2 \times 10^4\ \text{N}$$

$$F_c = f_{s,max} \rightarrow \frac{mv_{max}^2}{r} = 1.2 \times 10^4 \rightarrow v_{max}^2 = \frac{r \times 1.2 \times 10^4}{m}$$

$$v_{max}^2 = \frac{50 \times 1.2 \times 10^4}{1.5 \times 10^3} = 400 \rightarrow v_{max} = 20\ \text{m/s}$$

تمرين سيارة كتلتها ($1.5 \times 10^3 \text{kg}$)، تتحرك في مسار دائري نصف قطره ($90\ \text{m}$)، بسرعة ثابتة مقدارها ($50\ \text{km/h}$)، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.6)، وسطح الطريق أفقي، فاحسب مقدار:

أ - القوة المركزية المؤثرة في السيارة.

$$v = 50\ km/h = 50 \times \frac{1000}{36} = 13.9\ \text{m/s}$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(13.9)^2}{90} = 2.14\ \text{m/s}^2$$

$$F_c = ma_c = 1.5 \times 10^3 \times 2.14 = 3.22 \times 10^3\ \text{N}$$

ب - أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة على هذا الطريق دون أن تنزلق.

لإيجاد مقدار أكبر سرعة يجب بالبداية حساب قوة الاحتكاك السكوني العظمى.

$$F_g = mg = (1.5 \times 10^3)(10) = 1.5 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = 1.5 \times 10^4 \text{ N}$$

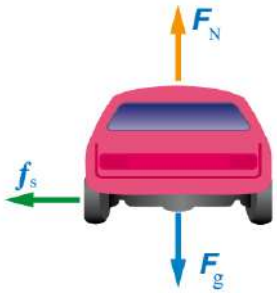
$$f_{s,max} = \mu_s \times F_N = 0.6 \times 1.5 \times 10^4 = 0.9 \times 10^4 \text{ N} = 9 \times 10^3 \text{ N}$$

$$f_{s,max} = F_c = 9 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_c = f_{s,max} \rightarrow \frac{m v_{max}^2}{r} = 9 \times 10^3 \rightarrow v_{max}^2 = \frac{r \times F_c}{m} = \frac{90 \times 9 \times 10^3}{1.5 \times 10^3}$$

$$v_{max}^2 = 540 \rightarrow v_{max} = 23.2 \text{ m/s}$$

سؤال إضافي **تسير سيارة على طريق أفقي بسرعة (14 m/s)، إذا انعطفت السيارة لتسير في مسار دائري نصف قطره (50 m) ما أقل قيمة لمعامل الاحتكاك السكوني بين عجلات السيارة والطريق التي تضمن عدم خروج السيارة عن المسار الدائري؟**



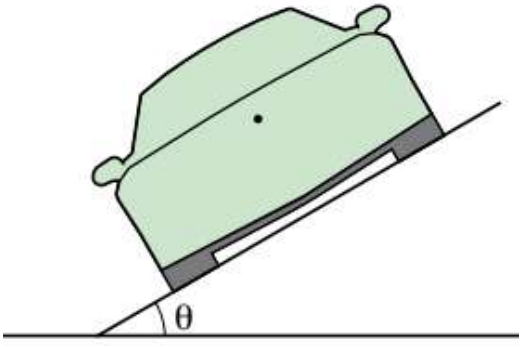
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_N - F_g = 0 \rightarrow F_N = F_g = mg$$

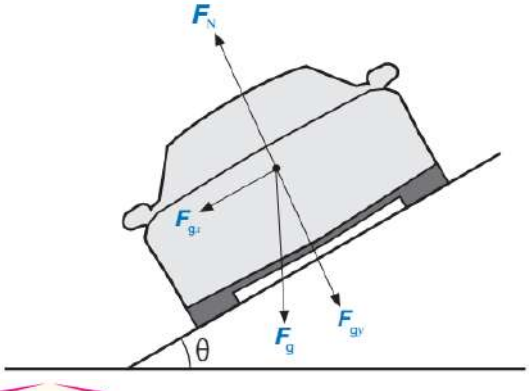
$$F_c = f_{s,max} \rightarrow \frac{mv^2}{r} = \mu_s \times F_N \rightarrow \frac{mv^2}{r} = \mu_s \times mg$$

$$\frac{v^2}{r} = \mu_s \times g \rightarrow \mu_s = \frac{v^2}{rg} = \frac{(14)^2}{50 \times 10} = 0.4$$

أقل قيمة لمعامل الاحتكاك تضمن بقاء السيارة في المسار الدائري $\mu_s = 50$

سؤال إضافي **تُصمم المنعطفات الدائرية بحيث تميل بزاوية عن الأفق كما في الشكل، ارسم مخطط الجسم الحر لسيارة تتحرك بسرعة (v) وبين عليه القوى المؤثرة في السيارة ثم حدد القوة المركزية؟**





أُفكِّرُ: عندما يجلس شخص في سيارة تتحرك خلال منعطف حاد فإنه يشعر أنه توجد قوة تدفعه إلى خارج المنعطف نحو باب السيارة حيث يسميها بعض الأشخاص قوة طاردة مركزية وعندما تدور كرة مربوطة بنهاية خيط في مسار دائري أفقي تشعر أنه توجد قوة تؤثر فيها خارج المسار. هل هذه القوة حقيقية أمن قوة وهمية؟ فسر إجابتك..

لا يوجد قوة تدفع أجسامنا إلى خارج المنعطف والقوة الطاردة المركزية قوة غير حقيقية وهي قوة وهمية لا وجود لها.

وسبب الشعور بوجود قوة تدفع أجسامنا يمكن تفسيره حسب قانون نيوتن الأول قانون القصور الذاتي فعندما تنعطف السيارة جهة اليسار مثلًا فإن أجسامنا تميل إلى الاستمرار في الحركة بسرعة ثابتة في خط مستقيم نتيجة قصورها الذاتي فتقترب أجسامنا من الجدار الداخلي لباب السيارة حتى تلامسه فتؤثر فيه بقوة (فعل) فيؤثر فينا الباب بقوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه (رد فعل) فيدفعنا نحو مركز دائرة المنعطف فنبقى في حركة دائرية.

حل أسئلة مراجعة الدرس الثالث من الوحدة الرابعة

سؤال 1 **ما المقصود بالقوة المركزية وهل هي نوع جديد من القوى؟ فسر إجابتك..**

القوة المركزية قوة محصلة تؤثر في جسم فتجعله يتحرك حركة دائرية ويكون اتجاهها نحو مركز مساره الدائري تسبب تغيرًا في سرعته المتجهة وتكسبه تسارعًا مركزيًا.
وهي ليست نوع جديد من القوى بل هي صفة لأية قوة تؤثر في جسم فتجبره على الحركة في مسار دائري ويمكن أن تكون القوة المركزية قوة شد أو جذب أو احتكاك أو ...

سؤال 2 **متوسط نصف قطر مدار القمر حول الأرض (3.8×10^8 m) تقريبا، وسرعته المماسية المتوسطة (1×10^3 m/s) وكتلته (7.3×10^{22} kg) تقريبا.**

أ - أحسب زمنه الدوري في مداره.

$$v = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow 1 \times 10^3 = \frac{2(3.14)(3.8\times10^8)}{T} \rightarrow T = 2.39 \times 10^6 \text{ s}$$

ب - أحسب مقدار تسارعه المركزي.

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(1\times10^3)^2}{3.8\times10^8} = \frac{1\times10^6}{3.8\times10^8} \rightarrow a_c = 2.64 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

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

منشأ القوة المركزية المؤثرة في القمر هي قوة التجاذب الكتلي بين الأرض والقمر.

د - احسب مقدار القوة المركزية المؤثرة فيه.

$$F_c = ma_c = 7.3 \times 10^{22} \times 2.64 \times 10^{-3} = 1.927 \times 10^{20} \text{ N}$$

سؤال 3 **سيارة كتلتها (1.1×10^3 kg) تتحرك بسرعة (12 m/s) في منعطف نصف قطره (25 m).**

أ - أحسب مقدار التسارع المركزي للسيارة.

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

ب - أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة في السيارة.

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

جـ - ما منشأ القوة المركزية المؤثرة في السيارة؟

منشأ القوة المركزية قوة جانبية منشؤها قوة الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق تؤثر نحو مركز الدائرة التي يعد المنعطف جزءاً منها.

د - احسب مقدار أكبر سرعة مماسية يمكن أن تتحرك بها السيارة في هذا المنعطف، إذا كان مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة نحو مركز المنعطف ($8\ \text{kN}$).

$$F_c = f_{s,max} = 8\ \text{kN} = 8 \times 10^3\ \text{N} = 8000\ \text{N}$$

$$F_c = f_{s,max} \rightarrow \frac{m{v_{max}}^2}{r} = 8000 \rightarrow {v_{max}}^2 = \frac{r \times f_{s,max}}{m} = \frac{25 \times 8000}{1.1 \times 10^3}$$

$${v_{max}}^2 = 181.81 \rightarrow v_{max} = 13.5\ \text{m/s}$$

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

أ - السرعة المماسية للقمر.

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

بعد القمر الصناعي عن مركز الأرض = $2.1 \times 10^3\ \text{km} + 6.38 \times 10^3\ \text{km} = 8.48 \times 10^3\ \text{km}$

$$T = 2\ h + 9\ min = 129\ min = 129 \times 60\ s = 7740\ s$$

$$r = 6.38 \times 10^3\ \text{km} + 2.1 \times 10^3\ \text{km} = 8.48 \times 10^3\ \text{km}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2(3.14)(8.48 \times 10^6)}{7740} \rightarrow v = 6.88 \times 10^3\ \text{m/s}$$

ب - القوة المركزية المؤثرة في القمر .

$$F_c = m\frac{v^2}{r} = (5.5 \times 10^2)\left(\frac{(6.88 \times 10^3)^2}{8.48 \times 10^6}\right) = 3.07 \times 10^3\ \text{N}$$

سـؤال 5 في أثناء دراستي وزميلتي فاتن لموضوع القوة المركزية قالت " يجب على سائق سيارة السباق التي تتحرك على طريق أفقي لمنعطف - زيادة سرعة السيارة- لزيادة مقدار القوة المركزية المؤثرة فيها، وبالتالي المحافظة على استقرارها وعدم انزلاقها" ناقش صحة قول فاتن.

قول فاتن غير دقيق علميًا 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.