بوصلة الفيزياء
لشرح مادة الفيزياء - للصف العاشر
الوحدة الرابعة
4
تطبيقات على قوانين نيوتن
إعداد وتنسيق
الاستاذ: حمزة أبو صعيليك

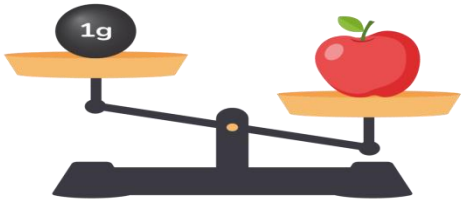
الدرس الأول

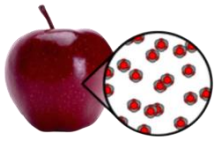
الوزن وقانون الجذب العام (الكوني)

❖ نستخدم في حياتنا اليومية كلمتي "الكتلة" و"الوزن" بشكل مترادف لكنهما في الحقيقة مفهومان مختلفان تمامًا ولهذا من المهم توضيح الفرق بينهما لفهمهما بشكل صحيح

الكتلة

الكتلة : هي مقدار المادة الموجودة في الجسم





الكتلة

- كمّية قياسية (لها مقدار فقط)
- رمز الكتلة m
- وحدة قياس الكتلة kg
- تُعد الكتلة مقياساً للقصور الذاتي للجسم

فسر تُعد الكتلة مقياساً للقصور الذاتي للجسم

↩ أي مقياساً لممانعة الجسم لأي تغير في حالته الحركية

كتلة الجسم تبقى **ثابتة**

- سواء كان الجسم ثابتاً أم متحركاً بسرعة أقل بكثير من سرعة الضوء
- تبقى الكتلة ثابتة عند قياسها من مواقع مختلفة على سطح الأرض أو على أي كوكب آخر

الوزن

الوزن : هو قوة جذب الأرض للجسم

قوة الوزن

الوزن

كمّية مُتجهة (لها مقدار واتجاه)	رمز قوة الوزن F_g	وحدة قياس الوزن $newton$	يكون اتجاه وزن أي جسم على سطح الأرض دائماً رأسياً نحو مركز الأرض

■ **يعتمد وزن أي جسم عند موقع معين على سطح الأرض على:**

❶ كتلة الجسم (ثابتة)

❷ بُعد الجسم عن سطح الأرض

- يتغير وزن الجسم من مكان إلى آخر في الفضاء, ومن جرم إلى آخر
- فمثلاً: وزن جسم على سطح القمر يساوي سُدس وزنه على سطح الأرض

فسر وزن جسم على سطح القمر يساوي سُدس وزنه على سطح الأرض

↩ بسبب تغير مقدار تسارع الجاذبية

(مقدار جاذبية الأرض أكبر ستة مرات من جاذبية القمر)

$g_{earth} = 9.8\ m\backslash s^2$

$g_{Moon} = 1.6\ m\backslash s^2$

سؤال قارن بين الكتلة والوزن

المقارنة	الكتلة	الوزن
التعريف	مقدار المادة الموجودة في الجسم رمزها m	قوة جذب الأرض للجسم رمزها F_g
قياسية | مُتجهة	قياسية	مُتجهة
وحدة القياس	m	kg
ثابتة | متغيرة	ثابتة	متغيرة

سؤال قارن بين الكتلة والوزن أيهما ثابت وأيهما متغير بالنسبة إلى الجسم الواحد ؟

- كتلة الجسم كمّية فيزيائية ثابتة. وأما وزنة كمّية فيزيائية متغيرة اعتماداً على موقعه
- فوزن الجسم على سطح الأرض يتخلف عنه على سطح القمر

سؤال هل يمكن التحويل بين الكتلة والوزن؟وضح اجابتك

- نعم , وزن جسم في موقع ما يساوي كتلته مضروبة في تسارع السقوط الحر في ذلك الموقع $F_g = mg$

سؤال هل يمكن أن تساوي الكتلة صفراً ؟

- لا يمكن أن تكون الكتلة صفراً لأن الكتلة هي مقدار ما تحتويه الجسم من مادة

(الكتلة تساوي صفراً يعني بأنه لا يوجد مادة أصلاً)

سؤال هل يمكن أن يساوي الوزن صفراً ؟

- نعم يمكن ، عندما يكون الجسم في الفضاء بعيداً عن أي كوكب أو جرم

- **يوجد علاقة بين وزن الجسم F_g وكتلته m بالقرب من سطح الأرض ويُعطى وزن الجسم بالعلاقة التالية**

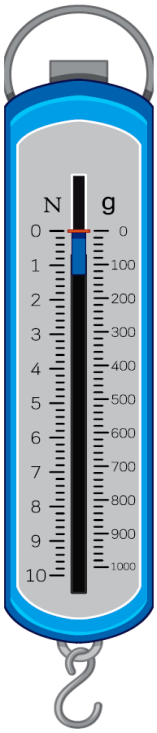
$$F_g = mg$$

$\mathbf{F_g}$: قوة الوزن
$\mathbf{g}$: تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي $10\ m\backslash s^2$
$\boldsymbol{m}$: كتلة الجسم

ملاحظة

$\boldsymbol{g}$
يُمثل تسارع السقوط الحر أو (تسارع الجاذبية الأرضية) ويساوي $9.8\ m\backslash s^2$ تقريباً
ويُقرب إلى $10\ m\backslash s^2$ للتبسيط عند اجراء العمليات الحسابية

يتم تدريج بعض الموازين بحيث تقيس الكتلة والوزن لتسهيل التحويل بين الكتلة والوزن



ميزان نابض مُدرَّج لقياس الكتلة والوزن معاً

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

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

ب. القمر، حيث تسارع السقوط الحر على سطحه $g_M = 1.6\ m\backslash s^2$ تقريباً

ج. المريخ، حيث تسارع السقوط الحر على سطحه $g_{Mars} = 3.7\ m\backslash s^2$ تقريباً

د. المشتري، حيث تسارع السقوط الحر على سطحه $g_{Jupiter} = 24.8\ m\backslash s^2$ تقريباً

نحول

$150\ g$ **إلى** $0.15\ kg$

$F_g = m\ g$

$F_g = 0.15 \times 10$

$F_g = 1.5\ N$

$F_{g_M} = m\ g_M$

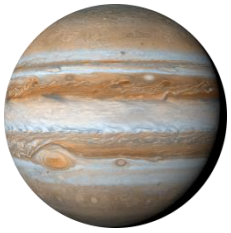
$F_{g_M} = 0.15 \times 1.6$

$F_{g_M} = 0.24\ N$

$F_{g_{Mars}} = m\ g_{Mars}$

$F_{g_{Mars}} = 0.15 \times 3.7$

$F_{g_{Mars}} = 0.56\ N$



$F_{g_{Jupiter}} = m\ g_{Jupiter}$

$F_{g_{Jupiter}} = 0.15 \times 24.8$

$F_{g_{Jupiter}} = 3.7\ N$

(يكون اتجاه الوزن باتجاه مراكز الكواكب)

سؤال صندوق وزنه على سطح القمر $(16\ N)$ أحسب كتلته ووزنه على سطح الأرض حيث تسارع السقوط الحر على سطحها يساوي $g = 10\ m\backslash s^2$ تقريباً علماً بأن تسارع السقوط الحر على سطح القمر $g_M = 1.6\ m\backslash s^2$

- يمكن حساب كتلة الصندوق من خلال العلاقة التالية $F_{gM} = m\ g_M$
- نجعل الكتلة m موضوعاً للقانون $m = \frac{F_g}{g_M} = \frac{16}{1.6} = 10\ kg$
- كتلة الصندوق تساوي $m = 10\ kg$
- كتلة الجسم ثابتة ولا تتغير من مكان إلى آخر على سطح الأرض أو من جرم إلى آخر

(كتلة الصندوق على سطح القمر هي نفسها تساوي كتلة الصندوق على سطح الأرض)

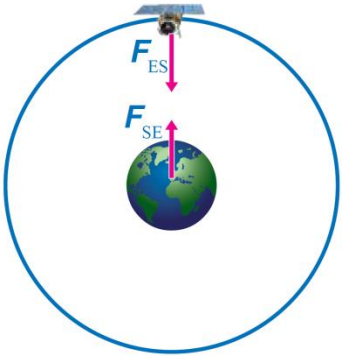
- يمكن حساب وزن الصندوق على سطح الأرض من خلال العلاقة التالية: $F_g = mg$
- وزن الصندوق على سطح الأرض يساوي: $F_g = 10 \times 10 = 100\ N$

قانون الجذب العام لنيوتن

- كل جسمين في الكون يجذب أحدهما الآخر بقوة تُسمى **التجاذب الكتلي**
- تجذب الأرض الأجسام الأخرى في اتجاه مركزها سواء كانت على سطحها أو على بُعد منها
- تُعد قوة الجاذبية الأرضية **قوة مجال** تؤثر في الأجسام عن بُعد

مجال الجاذبية الأرضية : المنطقة المحيطة بالأرض التي تظهر فيها آثار قوة جذب الأرض للأجسام وتكون في اتجاه مركز الأرض دائماً

- وبحسب القانون الثالث لنيوتن فأن الأجسام الأخرى تجذب الأرض أيضاً في اتجاه مراكزها بقوة مساوية لقوى جذب الأرض لها ، لكن في اتجاه معاكس



- تجذب الأرض (E) القمر الصناعي (S) بقوة (F_{ES}) في اتجاه مركزها
- ويجذب القمر الصناعي الأرض في اتجاه مركزهُ بقوة مساوية لقوة جذب الأرض له في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه (F_{SE})

سؤال ما العلاقة بين قوة جذب الأرض للقمر الصناعي وقوة جذب القمر الصناعي للأرض

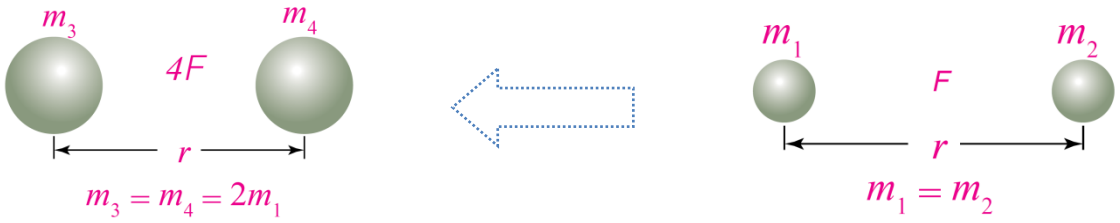
↩ حسب القانون الثالث لنيوتن تكون قوة جذب الأرض للقمر الصناعي مساوية في المقدار لقوة جذب القمر الصناعي للأرض ومعاكسة لها في الاتجاه

سؤال ما نوع القوة بين القمر الصناعي والأرض

↩ قوة تجاذب كتلي

■ **توصل نيوتن إلى أن قوة التجاذب بين أي جسمين تتناسب:**

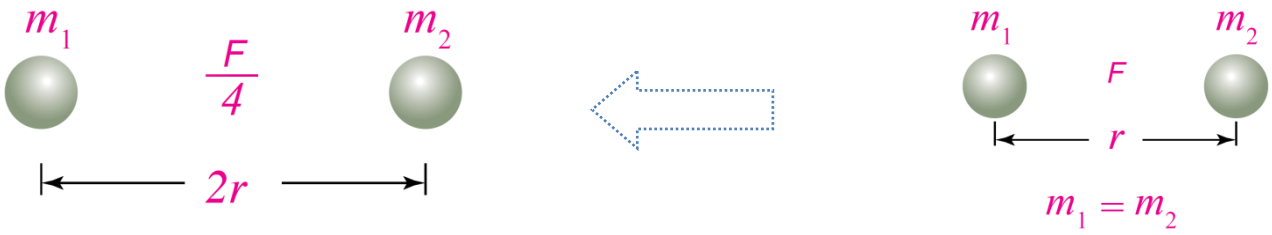
❶ **طردياً مع حاصل ضرب كتلتي الجسمين عند ثبات المسافة بين مركزيهما** $F \propto m_1 m_2$



⬅ فمثلاً، عند مضاعفة كتلتي جسمين مرتين تتضاعف قوة التجاذب بينهما بمقدار أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية

---

❷ **عكسياً مع مربع المسافة بين مركزي الجسمين عند ثبات كتلتيهما** $F \propto \frac{1}{r^2}$



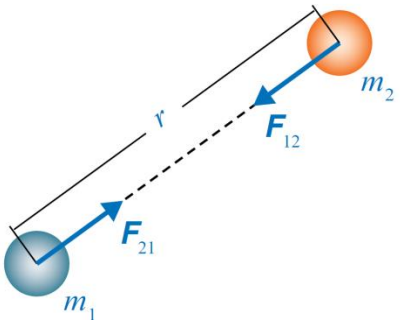
⬅ فمثلاً، عند مضاعفة المسافة بين مركزي جسمين مرتين تصبح قوة التجاذب بينهما ربع قيمتها الابتدائية $\frac{1}{4}F$

* وتوصل نيوتن إلى أن قوة التجاذب لا يقتصر وجودها على الأرض بل توجد في جميع الأجسام في الكون

* وقام نيوتن بصياغة ما سبق في قانون سُمي قانون الجذب العام (الكوني) لنيوتن

قانون الجذب العام (الكوني) لنيوتن

ينص **قانون الجذب العام (الكوني) لنيوتن** على أن : "كل جسمين في الكون يتجاذبان بقوة يتناسب مقدارها طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما"



- تؤثر هذه القوة في اتجاه الخط الواصل بين مركزي الجسمين المتجاذبين

- يُعبَّر عن قانون الجذب العام رياضياً كما يأتي:

$$F = \frac{G\, m_1\, m_2}{r^2}$$

m_2, m_1: كتلتا الجسمين المتجاذبين
r: المسافة بين مركز الجسمين
m: ثابت الجذب العام (الكوني)

ملاحظة

G

هو ثابت التناسب, ويُسمى ثابت الجذب العام (الكوني) وبحسب النظام الدولي للوحدات فأن مقار الثابت G يساوي: $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m\backslash kg^2$

سؤال في الشكل السابق ماذا يحدث لمقدار كل من القوتي F_{12} ، F_{21} عند مضاعفة مقدار m_2 فقط

↩ عند مضاعفة مقدار m_2 يتضاعف مقدار كل من القوتين F_{12} ، F_{21} أيضاً بحيث تبقى القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه

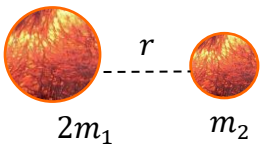
سؤال على ماذا تعتمد قوة التجاذب الكتلي بين أي جسمين في الكون؟

❶ كتلة الجسمين (تتناسب القوة طردياً مع حاصل ضرب كتلتي الجسمين)

❷ المسافة بين مركز الجسمين (تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين مركز الجسمين)

سؤال ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي بين جسمين عند مضاعفة كتلة إحداهما فقط مع بقاء المسافة بين مركزيهما ثابتة

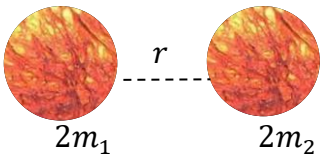
↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما ضعفي قيمتها الابتدائية $2F$



$$F = \frac{G\ (2\ m_1\ )(m_2)}{r^2} = 2F$$

سؤال ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي بين جسمين عند مضاعفة كتلتيهما مع بقاء المسافة بين مركزيهما ثابتة

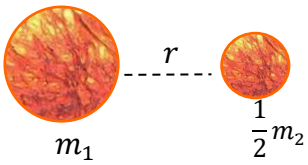
↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية $4F$



$$F = \frac{G(2m_1)(2m_2)}{r^2} = 4F$$

سؤال ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي بين جسمين عندما تقل كتلة إحداهما فقط إلى النصف مع بقاء المسافة بين مركزيهما ثابتة

↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما نصف قيمتها الابتدائية $\frac{1}{2}\ F$



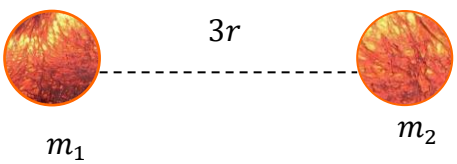
$$F = \frac{G(m_1)\left(\frac{1}{2}m_2\right)}{r^2} = \frac{1}{2}F$$

سؤال استنتج نوع العلاقة بين قوة التجاذب الكتلي بين جسمين ومقدار كتلة كل منهما

↩ علاقة خطية طرديه مع كتلة كل منهما فعند مضاعفة إحدى الكتلتين يتضاعف مقدار قوة التجاذب الكتلي بينهما بالمقدار نفسه

سؤال ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي بين جسمين عند مضاعفة المسافة بين مركزيهما ثلاث مرات مع بقاء كتلتيهما ثابتة

↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما تُسع قيمتها الابتدائية $\frac{1}{9}\ F$

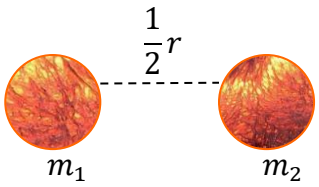


$$F = \frac{G(m_1)(m_2)}{(3r)^2} = \frac{1}{9}F$$

سؤال ماذا يحدث لقوة التجاذب الكتلي بين جسمين عندما تقل المسافة بين مركزيهما إلى النصف مع بقاء كتلتيهما ثابتة

↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية $4\ F$

$$F = \frac{G(m_1)(m_2)}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 4F$$



سؤال استنتج نوع العلاقة بين قوة التجاذب الكتلي بين جسمين والمسافة بين مركزيهما

↩ علاقة تربيع عكسي

سؤال ما هي وحدة قياس ثابت الجذب العام لنيوتن

↩ $N.m^2\backslash kg^2$

سؤال جسمان الأول كتلته (m) والثاني كتلته $(2m)$ إن مقدار قوة التجاذب الكتلي التي يؤثر بها الجسم الأول في الجسم الثاني يساوي: (اختر رمز الاجابة الصحيحة)

أ. مقدار القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني في الأول

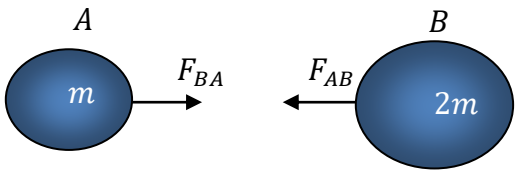
ب. ضعفي مقدار القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني في الأول

ج. نصف مقدار القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني في الأول

د. ربع مقدار القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني في الأول

الإجابة هي (أ)

حسب القانون الثالث لنيوتن فأن قوتي التجاذب الكتلي بين الجسمين متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه



- **القوة الأساسية في الكون**
  - قوة التجاذب الكتلي (الأضعف)
  - القوة الكهرومغناطيسية
  - القوة النووية الضعيفة
  - القوة النووية القوية (الأقوى)

- **على الرغم من أن قوة التجاذب الكتلي من أضعف أنواع القوة الأساسية إلى انها ذات أهمية كبيرة**

❖ **ما هي أهمية قوة التجاذب الكتلي؟**

① من دونها نفقد التلامس مع سطح الارض ونطفو في الفضاء

② هي المسئولة عن حركة القمر حول الأرض وحركة كواكب المجموعة الشمسية وأجرامها حول الشمس

③ تُفسر قوة التجاذب بين أي جسمين وتُفسر حركة الأقمار حول الكواكب

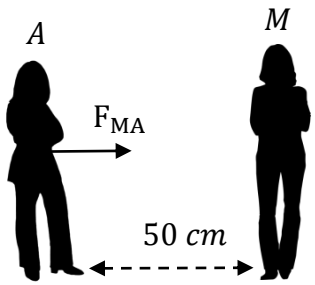
④ وتُفسر ظاهرتي المد والجزر

سؤال إذا كانت كتلة مريم ($50\ kg$) وكتلة عائشة ($60\ kg$) والبُعد بينهما ($50\ cm$) فأحسب مقدار:

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

← نرمز إلى مريم بالرمز (M) وإلى عائشة بالرمز (A)

- نستخدم قانون الجذب العام لنيوتن لحساب مقدار قوة التجاذب الكتلي التي تؤثر بها مريم في عائشة

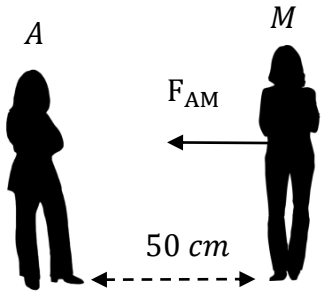


$$F_{\mathrm{MA}} = \frac{\mathrm{G\ m_M m_A}}{\mathrm{r^2}} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 50 \times 60}{(0.5)^2} = \frac{2.002 \times 10^{-7}}{(0.5)^2} = 8.004\ \mathrm{N}$$

← وتكون هذه القوة في اتجاه مريم، حيث انها قوة تجاذب دائماً

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

↩ حسب القانون الثالث نيوتن تكون قوة التجاذب الكتلي التي تؤثر بها عائشة في مريم مساوية في المقدار للقوة التي تؤثر بها مريم في عائشة ومعاكسة لها في الاتجاه

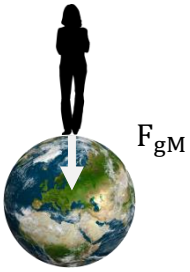


↩ أي أن $F_{AM} = 8.004 \times 10^{-7}\ N$

↩ وتكون هذه القوة في اتجاه عائشة

✲ وبمقارنة هذه القوة بقوة جذب الأرض لكل منهما يتضح لنا مدى صغر هذه القوة وسبب عدم شعورنا بها

سؤال في السؤال السابق أجد النسبة بين قوة جذب الأرض لكل من مريم وعائشة وقوة جذبهما لبعضهما. ماذا استنتج



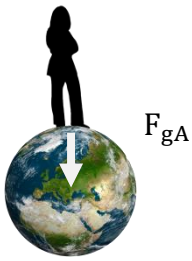
النسبة بين قوة جذب الأرض لمريم ، وقوة جذب عائشة لها تساوي: $\frac{F_{gM}}{F_{AM}} = \frac{\text{قوة جذب الأرض لمريم}}{\text{قوة جذب عائشة لمريم}}$

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

← (قوة جذب الأرض لمريم وعائشة هي نفسها قوة الوزن لهما $F_g = mg$)

↩ نحسب النسبة: $\frac{F_{gM}}{F_{AM}} = \frac{50 \times 10}{8.004 \times 10^{-7}} = 6.25 \times 10^{8} N$

↩ قوة جذب الأرض لمريم تساوي $6.25 \times 10^{8} N$ ضعف قوة جذب عائشة لها



النسبة بين قوة جذب الأرض لعائشة وقوة جذب مريم لها تساوي: $\frac{F_{gA}}{F_{MA}} = \frac{\text{قوة جذب الأرض لعائشة}}{\text{قوة جذب مريم لعائشة}}$

↩ نحسب النسبة: $\frac{F_{gA}}{F_{MA}} = \frac{60 \times 10}{8.004 \times 10^{-7}} = 7.50 \times 10^{8} N$

↩ قوة جذب الأرض لعائشة تساوي $7.50 \times 10^{8} N$ ضعف قوة جذب مريم لها

سؤال سيارتان A ، و B كتلتهما $(2 \times 10^{3} kg)$، و $(3 \times 10^{3} kg)$ والبُعد بين مركزيهما $(50\ m)$ أحسب مقدار واتجاه :

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

↩ نستخدم قانون الجذب العام لنيوتن لحساب قوة التجاذب الكتلي التي تؤثر بها السيارة A في السيارة B

$$F_{AB} = \frac{G\, m_A m_B}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{3} \times 3 \times 10^{3}}{(50)^2} = 1.6 \times 10^{-7} N$$

↩ وتكون هذه القوة في اتجاه السيارة A حيث انها قوة تجاذب دائماً

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

A B

↩ حسب القانون الثالث لنيوتن تكون قوة التجاذب الكتلي التي تؤثر بها السيارة A في السيارة B مساوية لمقدار القوة التي تؤثر بها السيارة A في السيارة B ومعاكسة لها في الاتجاه أي أن $F_{BA} = 1.6 \times 10^{-7}$

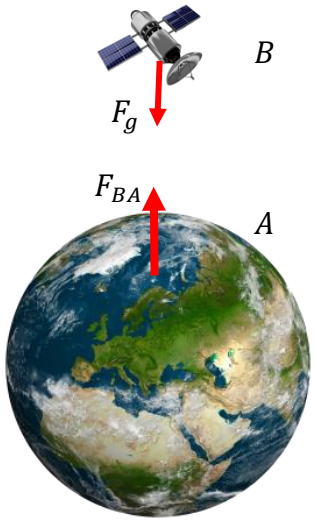
تسارع الجاذبية الأرضية

- يمكن حساب مقدار تسارع الجاذبية الأرضية (تسارع السقوط الحر) باستخدام قانون الجذب العام والقانون الثاني لنيوتن

- عند سقوط جسم كتلته (m) سقوطاً حراً بالقرب من سطح الأرض فأن تسارعه يساوي تسارع السقوط الحر (g) ويتأثر بقوة محصلة في أثناء سقوطه تساوي وزنه (F_g)

- تُحسب قوة الوزن من القانون الثاني لنيوتن كما يأتي: $\sum F = ma = mg \rightarrow F_g$

- يكون وزن الجسم على سطح الأرض (أو بالقرب منه) مساوياً لقوة التجاذب الكتلي بين كتلة الجسم وكتلة الأرض



$$\frac{G\ m\ m_E}{r^2} = mg$$

حيث

r_E: نصف قطر الأرض

m_E: كتلة الأرض

- وبقسمة طرفي المعادلة على كتلة الجسم نحصل على المعادلة الآتية لحساب تسارع السقوط الحر على سطح الأرض أو قريباً منه

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

* لكي نحصل على قيمة تسارع السقوط الحر بالقرب من سطح الأرض نقوم بتعويض ثابت الجذب العام وكتلة الأرض $(5.98 \times 10^{24}\ kg)$ ومتوسط نصف قطرها $(r_E = 6.38 \times 10^6 m)$ في المعادلة السابقة

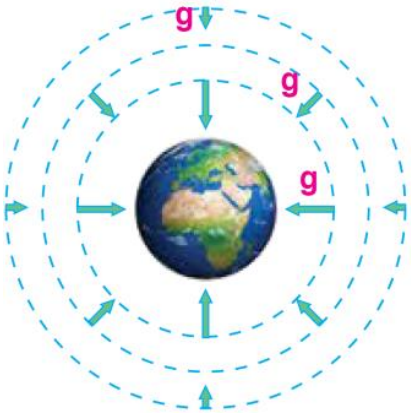
$$g = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{(6.38 \times 10^6)^2} = 9.80\ m\backslash s^2$$

↩ يكون اتجاه تسارع السقوط الحر في اتجاه مركز الأرض دائماً

❖ نلاحظ من خلال هذه المعادله $g = \frac{G\ m_E}{r_E^2}$ بأن تسارع السقوط الحر يعتمد على **البُعد عن مركز الأرض**

فسر يتناقص وزن أي جسم في أثناء ابتعاده عن سطح الأرض؟

↩ لأنه كلما ابتعدنا عن مركز الأرض يقل مقدار تسارع السقوط الحر



- تمثل الأسهم تسارع السقوط الحر مقداراً واتجاهاً
- حيث يقل مقدار السقوط الحر كلما ابتعدنا عن سطح الأرض ويكون مقداره متساوياً عند جميع النقاط التي لها البُعد نفسه عن مركز الأرض
- نلاحظ بأنه كلما ابتعدنا عن سطح الأرض يكون طول السهم أقصر (يقل مقدار التسارع الجاذبية الأرضية)

* يمكن حساب تسارع السقوط الحر للأرض عند أي موقع في الكون يبعد عن مركزها مسافة r من خلال المعادلة الآتية:

$$g = \frac{G\ m_E}{r^2}$$

* ويمكن استعمال هذه المعادلة لحساب تسارع السقوط الحر على سطح أي كوكب إذا عُلم نصف قطرهُ وكتلته

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

أ. تسارع السقوط الحر على سطح القمر

↩ لحساب تسارع السقوط الحر نستخدم معادلة حساب السقوط الحر التالية

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

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

↩ لحساب تسارع السقوط الحر نستخدم معادلة حساب السقوط الحر التالية

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

↩ نلاحظ تأثير مضاعفة نصف القطر في نقصان التسارع بمقدار كبير لأن التسارع يتناسب عكسياً مع مربع نصف القطر

سؤال في المثال السابق أحسب مقدار تسارع السقوط الحر على سطح جرم (A) كتلته تساوي ضعفي كتلة القمر ونصف قطره يساوي نصف قطر القمر

↩ لحساب تسارع السقوط الحر نستخدم معادلة حساب السقوط الحر التالية

$$g_A = \frac{G\ m_A}{(r_A)^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2 \times 7.35 \times 10^{22}}{(1.738 \times 10^{6})^2} = 3.25\ m\backslash s^2$$

سؤال كتلة أحمد $70\ kg$ إذا علمت أن $g = 10\ m\backslash s^2$ و $g_{Moon} = 1.6\ m\backslash s^2$ تقريباً فأحسب مقدار :

أ. وزنه على سطح الأرض

↩ نحسب الوزن من خلال العلاقة التالية $F_g = mg = 70 \times 10 = 700\ N$

ب. كتلته على سطح القمر

↩ الكتلة ثابتة لا تتغير مكان إلى آخر $m_E = m_M = m = 70\ kg$

ج. وزنه على سطح القمر

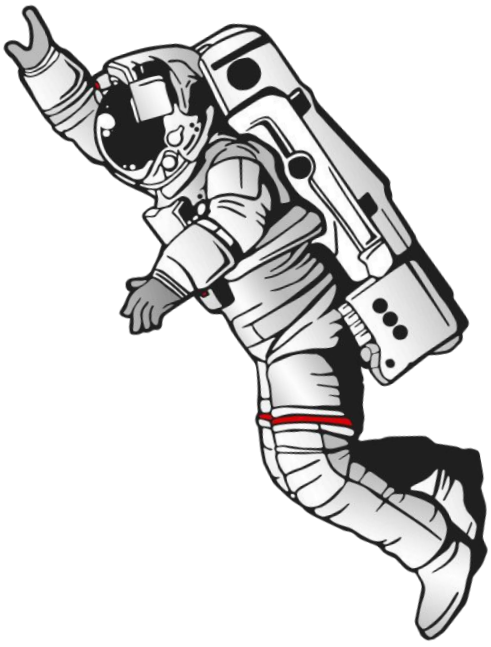
↩ نحسب الوزن من خلال العلاقة التالية $F_{gM} = mg_M = 70 \times 1.6 = 112\ N$

فكّر عند مشاهدة رواد الفضاء في مركباتهم أو خارجها ألاحظ أنهم يطفون داخلها أو في الفضاء حيث يكونون في حالة تُسمى إنعدام الوزن، فهل يعني إنعدام الوزن إنعدام قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة فيهم في موقع المركبة الفضائية؟

- يدور مكوك الفضاء أو المركبة الفضائية على ارتفاع معين فوق سطح الأرض ولنعتبر ارتفاعه $(700\ km)$ فوق سطح الأرض عند هذه الارتفاع يكون مقدار تسارع السقوط الحر $(g = 7.96\ m\backslash s^2)$ لذا تؤثر قوة الجاذبية الأرضية بقوة في رواد الفضاء والمكوك (قوة مركزية تسبب دورانهم حول الأرض)

بما أن قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في رواد الفضاء لا تساوي صفراً فلماذا نراهم يطفون داخل المكوك في الفضاء

- بما أن مكوك الفضاء ورواد الفضاء يتسارعون بنفس مقدار التسارع في اتجاه مركز الأرض فأنه لا يوجد قوى تلامس تؤثر فيهم تشعرهم بقوة وزنهم لذا يشعرون أنهم في حالة انعدام وزن



مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرة الرئيسية: ما القصود بالوزن؟ وعلامَ تعتمد قوة التجاذب الكتلي بين أي جسمين؟ وعلامَ يعتمد تسارع الجاذبية الأرضية؟**

↩ **الوزن** : كمّية مُتجهة يقاس بوحدة (N) بحسب النظام الدولي للوحدات وهو غير ثابت ويتغير بتغير تسارع السقوط الحر وهو قوة مجال

↩ **تعتمد قوة التجاذب الكتلي بين أي جسمين على:**

- كتلة الجسمين (تناسب طردي مع حاصل ضرب الكتلتين)
- مربع المسافة بين مركز الجسمين (تناسب عكسي)

↩ **يعتمد تسارع الجاذبية الأرضية** $g = \frac{G\, m_E}{r^2}$

- ثابت الجذب العام G (وهو قيمة ثابتة)
- كتلة الأرض m_E (مقدارها ثابت)
- بُعد النقطة المراد حساب تسارع الجاذبية عندها عن مركز الأرض r (تناسب عكسي مع مربع المسافة)

---

2. **أحلل: 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**

↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما ربع قيمتها الابتدائية

ب. **كتلة الجسم الأول**

↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما ضعف قيمتها الابتدائية

ج. **كتلتي الجسمين معاً**

↩ تصبح قوة التجاذب الكتلي بينهما أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية

---

3. **أتوقع : لو أصبحت كتلة الأرض ضعفي ما هي عليه من دون تغيير نصف قطرها فماذا سوف يحدث لمقدار تسارع السقوط الحر (g) قرب سطحها؟**

↩ يتناسب تسارع السقوط الحر طردياً مع كتلة الأرض لذا فأنه عند مضاعفة كتلتها يتضاعف مقدار تسارع السقوط الحر على سطحها مع عدم تغير نصف قطرها

4. **أستخدم المتغيرات: على أي ارتفاع من سطح الأرض يكون مقدار تسارع الجاذبية الأرضية مساوياً لنصف مقداره على سطح الأرض؟**

البُعد عن مركز الأرض r

الارتفاع عن سطح الأرض R

نصف قطر الأرض r_E

$$r = r_E + R$$

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

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

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

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

---

5. **أصدر حكماً: في أثناء دراستي وزميلتي هند لهذه الدرس، قالت: "إن مفهومي الكتلة والوزن مترادفان وهما يُعبران عن الكمّية الفيزيائية" نفسها أناقش صحة قول هند**

- خطأ ، ليس مترادفين، ولكل مفهوم منهما معنى فيزيائي خاص به
- الكتلة: كمّية قياسية تقاس بوحدة (kg) بحسب النظام الدولي للوحدات وهي ثابتة عند أي مكان على سطح الأرض أو في الكون
- الوزن: كمّية مُتجهة يقاس بوحدة (N) بحسب النظام الدولي للوحدات وهو غير ثابت ويتغير بتغير تسارع السقوط الحر وهو قوة مجال

---

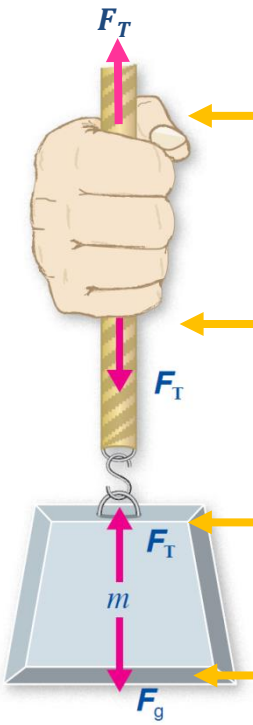
6. **التفكير الناقد: إن تسارع الجاذبية على سطح القمر يساوي $\frac{1}{6}$ تسارع الجاذبية على سطح الأرض تقريباً هل يمكنني استنتاج أن كتلة القمر تساوي $\frac{1}{6}$ كتلة الأرض أوضح إجابتي.**

- لا ، لأن تسارع الجاذبية $(g = \frac{Gm_E}{r_E^2})$ يتناسب طردياً مع الكتلة وعكسياً مع مع مربع نصف القطر فلو كان للأرض والقمر نصف القطر نفسه لأمكن استنتاج أن كتلة القمر تساوي $\frac{1}{6}$ كتلة الأرض ولكن نصف قطر القمر أقل منه للأرض

Tensile Force
Tensile force
Fnch
Normal force
FRENCH
Nomal fonce
FFCH
الدرس الثاني
تطبيقات على القوى
Friided plane
Inclined plane
Rough and smooth surface

قوة الشد :هي قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل رمزها F_T وتؤثر في اتجاه طول الخيط أو الحبل أو السلك

- للتبسيط عند التعامل مع المسائل التي تتضمن خيوطاً وحبالاً وأسلاكاً فأننا سنهمل كتلتها ونُعُّدها غير قابلة للاستطالة



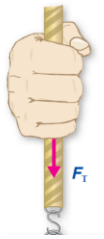
يوضح الشكل يد شخص يمسك حبلاً معلقاً في نهايته ثقل

إذا كان الثقل ساكناً أو متحركاً بسرعة مُتجهة ثابتة فأن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفر –حسب القانون الأول لنيوتن- لذا يكون تسارعه صفر أيضاً

زوجا تأثير متبادل:
- تؤثر يد الشخص بقوة إلى أعلى في جزء الحبل الذي يُمسكه
- فيؤثر هذه الجزء من الحبل في يدهِ بقوة شد إلى أسفل

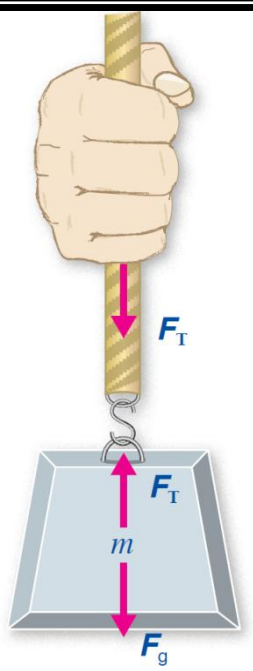
زوجا تأثير متبادل:
- يؤثر جزء الحبل المتصل بالثقل بقوة شد إلى أعلى في الثقل
- فيؤثر الثقل في هذه الجزء من الحبل بقوة شد إلى أسفل

* تنتقل قوة الشد من يد الشخص إلى الثقل عن طريق الحبل وتكون قوى الشد متساوية في جميع أجزاء الحبل عند إهمال كتلته



* تكون قوتا الشد المؤثرتان في طرفي الحبل أو سلك متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه

* تكون قوة الشد متساوية في جميع أجزاء الحبل أو الخيط أو السلك (عند إهمال كتلته) وهي مساوية لوزن الثقل المُعلق به في حال كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراً (أي في حالة الاتزان السكوني أو الاتزان الديناميكي)



سؤال ما هي القوى المؤثرة في الثقل؟

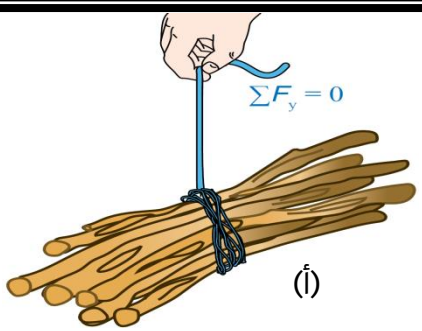
↩ وزنه (إلى أسفل) وقوة الشد في الحبل (إلى أعلى)

سؤال ما العلاقة بين قوى الشد في أجزاء الحبل المختلفة؟

↩ تكون قوى الشد متساوية في جميع أجزاء الخيط أو السلك أو الحبل عند إهمال كتلته وعند اعتباره غير قابل للاستطالة

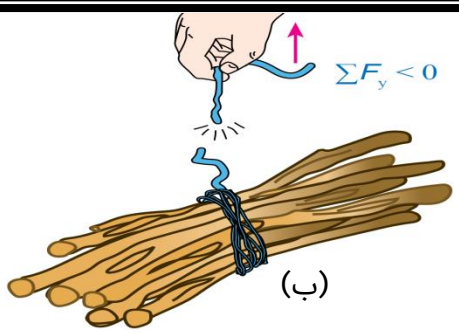
سؤال ما العلاقة بين قوى الشد في الحبل ووزن الثقل المعلق به عندما يكونا ساكنين أو متحركين بسرعة مُتجهة ثابتة؟

↩ حسب القانون الأول لنيوتن تكون قوة الشد مساوية لوزن الثقل المعلق به عندما بكونا ساكنين أو متحركين بسرعة مُتجهة ثابتة حيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً ويكون الجسم عندها في حالة اتزان سكوني أو ديناميكي



(أ)

- قوة الشد في الخيط مساوية لوزن حزمة الحطب عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفراً



(ب)

- عند رفع الخيط إلى أعلى بشكل مفاجئ وبسرعة كبيرة قد ينقطع الخيط

سؤال ما هي القوى المؤثرة في حزمة الحطب في الشكل (أ)؟

↩ الوزن (إلى أسفل) وقوة الشد في الحبل (إلى أعلى)

سؤال حسب مخطط الجسم الحر، ما العلاقة بين قوتي الشد والوزن عندما تكون حزمة الحطب ساكنة أو متحركة بسرعة مُتجهة ثابتة؟

↩ حسب القانون الأول لنيوتن تكون القوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه حيث القوة المحصلة المؤثرة فيها صفراً

سؤال ما العلاقة بين قوتي الشد والوزن عند تحريك حزمة الحطب إلى أعلى بتسارع؟

↩ حسب القانون الثاني لنيوتن يكون مقدار قوة الشد أكبر من مقدار وزن الحزمة

سؤال ماذا يحدث لمقدار قوة الشد في الخيط بزيادة مقدار التسارع إلى أعلى؟

↩ حسب القانون الثاني لنيوتن يزداد مقدار قوة الشد بمقدار أكبر

سؤال لماذا انقطع الخيط عند رفع حزمة الحطب بشكل مفاجئ وبسرعة كبيرة؟

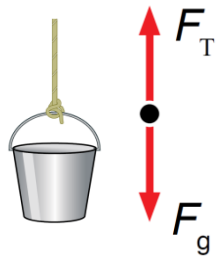
↩ حسب القانون الثاني لنيوتن، التسارع الكبير يتطلب وجود قوة محصلة أكبر أي أن مقدار قوة الشد يجب أن تكون أكبر بكثير من مقدار وزن الحزمة وبما أن لكل خيط قوة شد عظمى يتحملها قبل أن ينقطع فأن انقطاع الخيط هنا يدل على أن قوة الشد في الخيط كانت أكبر مما يتحمله

سؤال كيف يمكن رفع حزمة الحطب دون أن ينقطع الخيط؟

↩ نرفعها بسرعة مُتجهة ثابتة أو بتسارع قليل بحيث تكون قوة الشد العظمى في الخيط أقل من قوة الشد العظمى التي يتحملها

سؤال دلو ماء كتلته وكتلة الماء الذي يحويه $(10\ kg)$ مُعلق بحبل في الهواء كما موضح بالشكل، إذا كان مقدار أكبر قوة شد $(F_{T,Max})$ يتحملها الحبل قبل أن ينقطع $(150\ N)$، و$g = 10\ m\backslash s^2$ والدلو في حالة سكون، فأحسب مقدار مايأتي:

أ. قوة الشد المؤثرة في الحبل



- نرسم مخطط الجسم الحر للدلو
- الدلو في حالة سكون تعني بأن تسارعه يساوي صفر $(a = 0)$
- نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y لحساب مقدار قوة الشد

$$F_T - F_g = ma = 0$$

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

ب. قوة الشد في الحبل إذا تحرك الدلو إلى أعلى بتسارع مقداره $2\ m\backslash s^2$

- نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y لحساب مقدار قوة الشد

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

أ. أكبر تسارع يمكن أن يتحرك به الدلو قبل أن ينقطع الحبل (a_{Max})

- نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y ، لإيجاد مقدار أكبر تسارع يمكن أن يتحرك به الدلو

$$F_{TMax} - F_g = ma_{Max}$$

$$a_{Max} = \frac{F_{TMax} - F_g}{m}$$

$$a_{Max} = \frac{150 - 100}{10} = 5\ m\backslash s^2$$

سؤال يستخدم عبد الله دلو ماء 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 مُهمَل الكتلة وغير قابل للاستطالة فأحسب مقدار:

أ. قوة الشد في الحبل إذا سحب عبد الله الدلو إلى أعلى بتسارع مقداره $1.5\ m\backslash s^2$

↩ نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y

$$\sum F_y = ma$$

$$F_T - F_g = ma$$

$$F_T = F_g + ma$$

$$F_T = mg + ma$$

$$F_T = (15 \times 10) + (15 \times 1.5)$$

$$F_T = 172.5\ N$$

ب. أكبر تسارع يمكن أن يُسحب به الدلو قبل أن ينقطع الحبل

↩ نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدلو في اتجاه المحور y, لإيجاد مقدار أكبر تسارع يمكن أن يتحرك به الدلو

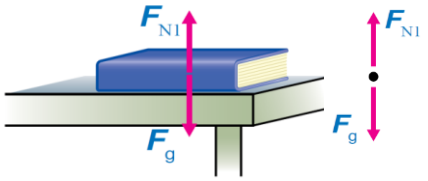
$$F_{TMax} - F_g = ma_{Max}$$

$$a_{Max} = \frac{F_{TMax} - F_g}{m}$$

$$a_{Max} = \frac{180 - 150}{15} = 2\ m\backslash s^2$$

القوة العمودية *Normal Force*

القوة العمودية هي قوة تلامس يؤثر بها جسم في جسم آخر ملامس لهُ، رمزها (F_N) وتكون دائماً عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين

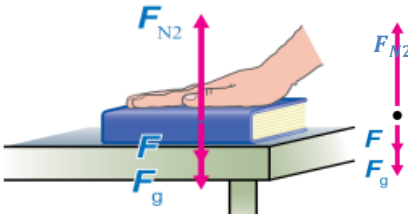


الشكل (أ)

- يتزن الكتاب على سطح أفقي تحت تأثير قوتين متعاكستين هما وزنهُ والقوة العمودية
- وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الكتاب في اتجاه محور y يمكن التوصل إلى أنهما متساويتان حيث لا توجد حركة في اتجاه هذه المحور $\sum F_y = 0$

$$F_{N1} - F_g = 0 \quad \rightarrow \quad F_{N1} = F_g$$

القوة العمودية المؤثرة في الكتاب تساوي وزنه



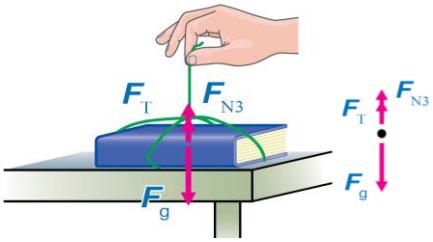
الشكل (ب)

- يتأثر الكتاب بقوتين إلى أسفل وزنه وقوة دفع يد الشخص بينما يدفع سطح الطاولة الكتاب إلى أعلى (القوة العمودية)
- حيث القوة المحصلة في اتجاه المحور y تساوي صفراً لأن الكتاب في حالة اتزان سكوني
- وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور y يمكن التوصل إلى أن:

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

$$F_{N2} = F + F_g$$

القوة العمودية أكبر من وزن الكتاب



الشكل (ج)

- يتأثر الكتاب بقوتين إلى أعلى هُما القوة العمودية وقوة الشد في الخيط في حين يؤثر فيه وزنه بقوة إلى أسفل
- القوة المحصلة في اتجاه المحور y تساوي صفراً لأن الكتاب في حالة اتزان سكوني
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الكتاب في اتجاه المحور y نتوصل إلى أن :

$$F_{N3} + F - F_g = ma = 0$$

$$F_{N3} = F_g - F$$

القوة العمودية أقل من وزن الكتاب

سؤال ما المقصود بالقوة العمودية:

- هي قوة تلامس يؤثر بها جسم في جسم آخر ملامس لهُ، رمزها F_N وتكون دائماً عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين

سؤال هل القوة العمودية تساوي الوزن دائماً :

- لا تكون القوة العمودية مساوية دائماً لوزن الجسم

سؤال ما القوة المؤثرة في الكتاب في الشكل (ب) وما العلاقة بين وزنه والقوة العمودية المؤثرة فيه؟

- يؤثر فيه إلى أسفل :وزنه ، وقوة دفه يد الشخص، وتؤثر فيه إلى أعلى القوة العمودية
- القوة العمودية أكبر من وزن الكتاب (الكتاب في حالة اتزان سكوني)

سؤال ما القوة ما القوة المؤثرة في الكتاب في الشكل (ج) وما العلاقة بين وزنه والقوة العمودية المؤثرة في؟

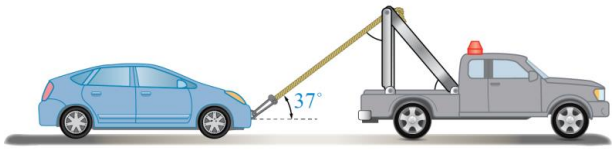
- يؤثر فيه إلى أعلى: القوة العمودية وقوة الشد في الخيط ويؤثر فيه وزنه بقوة إلى أسفل
- القوة العمودية أقل من وزن الكتاب (الكتاب في حالة اتزان سكوني)

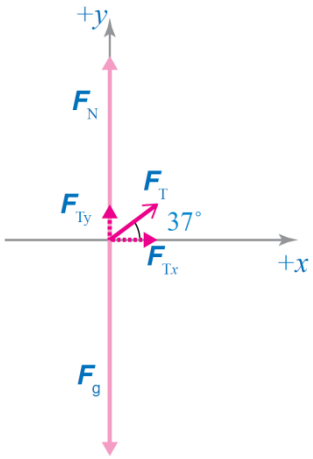
سؤال هل القوة العمودية المؤثرة في جسم تساوي دائما وزنهُ؟ أفسر اجابتي؟

- لا تكون القوة العمودية مساوية دائماً لوزن الجسم، فعندما يوضع الجسم على مستوى أفقي بحيث تؤثر فيه قوة إضافية إلى أعلى تكون القوة العمودية أقل من وزنه، بينما تكون القوة العمودية أكبر من وزنه عندما تؤثر فيه قوة إلى أسفل وإذا كان الجسم موضوع على سطح مائل فأن القوة العمودية تكون أقل من وزنه

سؤال تسحب رافعة سيارة كتلتها ($900\ kg$) من السكون على طريق أفقي أملس بقوة شد مقدارها ($2000\ N$) بحبل يميل على الأفق بزاوية ($37°$) كما هو موضح في الشكل إذا علمت أن الحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة

و $\cos 37° = 0.8$ ، $\sin 37° = 0.6$ ، $g = 10\ m\backslash s^2$ فأحسب مقدار:





أ. المركبتين الأفقية والعمودية لقوة الشد في الحبل

- نرسم مخطط الجسم الحر للسيارة ،مع اعتبار الاتجاه الموجب إلى اليمين (في اتجاه الحركة الأفقية)

↩ لإيجاد المُركّبة الأفقية لقوة الشد في الحبل نستخدم العلاقة التالية:

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

↩ لإيجاد المُركّبة العمودية لقوة الشد في الحبل نستخدم العلاقة التالية:

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

ب. القوة العمودية المؤثرة في السيارة

↩ لا توجد حركة في المستوى الرأسي لذا تكون القوة المحصلة في اتجاهه صفراً

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{Ty} + F_N - F_g = 0$$

$$F_N = F_g - F_{Ty}$$

$$F_N = mg - 1200$$

$$= (900)(10) - 1200$$

$$9000 - 1200 = 7800\ N$$

$$F_N = 7800\ N, +y$$

- نلاحظ بأن مقدار القوة العمودية أقل من مقدار الوزن

ج. تسارع السيارة

↩ لإيجاد مقدار التسارع نستخدم العلاقة الآتية، مع مراعاة أن السطح الأفقي أملس.

$$\sum F_x = ma_x$$

$$ma_x = 1600\ N$$

$$a_x = \frac{1600}{900} = 1.78\ m\backslash s^2$$

$$a_x = 1.78\ m\backslash s^2, +x$$

تمرين أعيد حل المثال السابق إذا أصبحت زاوية ميلان الحبل بالنسبة للأفقي ($\theta = 53°$) إذا علمت أن:

$g = 10\ m\backslash s^2$، $\sin 53° = 0.8$ ،$\cos 53° = 0.6$

أ. المركبتين الأفقية والعمودية لقوة الشد في الحبل

↩ الاجابة $F_{Ty} = 1600\ N$ ، $F_{Tx} = 1200\ N$

ب. القوة العمودية المؤثرة في السيارة

↩ الاجابة $F_N = 7400\ N, +y$

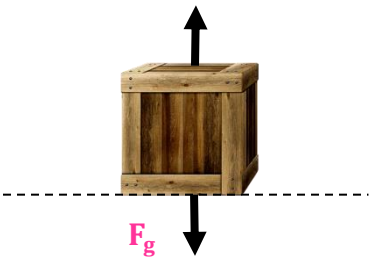
ج. تسارع السيارة

↩ الاجابة $a_x = 1.33\ m\backslash s^2, +x$

سؤال صندوق كتلته ($30\ kg$) يستقر على سطح أفقي، إذا علمت أن $g = 10\ m\backslash s^2$ فأجب عما يأتي:

أ. أجد مقدار وزن الصندوق

$F_g = mg = 30 \times 10 \rightarrow F_g = 300\ N$



ب. اجد مقدار القوة العمودية المؤثرة في الصندوق

$\sum F_y = 0$

$F_N - F_g = 0$

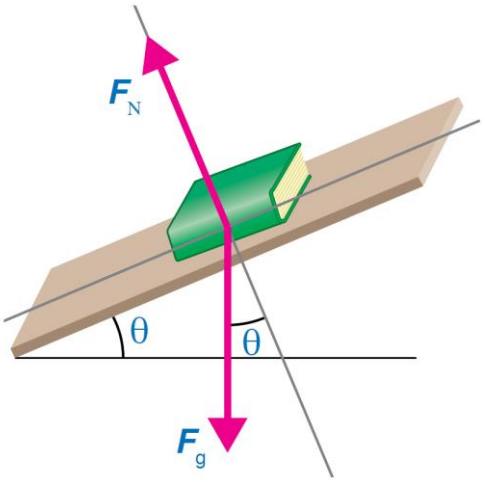
$F_N = F_g = 300\ N$ $\qquad$ $F_N = 300\ N, +y$

ج. هل مقدار القوة العمودية المؤثرة في الصندوق مساوية لوزنه، أم أكبر منه، أم أقل منه، أفسر اجابتي؟

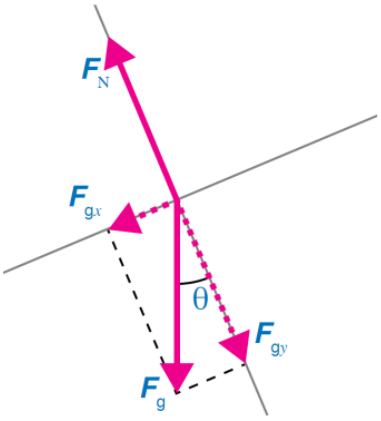
↩ مقدار القوة العمودية المؤثرة في الصندوق يساوي وزنه، حيث يستقر الصندوق على سطح أفقي، ويؤثر فيه وزنه والقوة العمودية فقط

المستوى المائل *Inclined Plane*

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



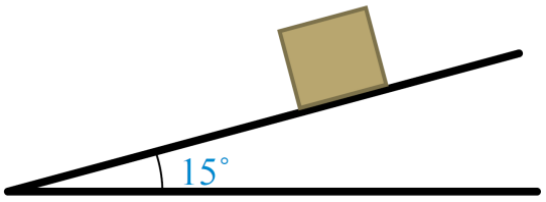
- يوضح الشكل كتاباً موضوعاً على مستوى مائل، يميل على الأفق بزاوية (θ)
- من المناسب في مثل هذه المسائل اختيار محاور الاسناد بحيث يكون المحور (x) في اتجاه يوازي المستوى المائل ويكون المحور (y) عمودياً عليه



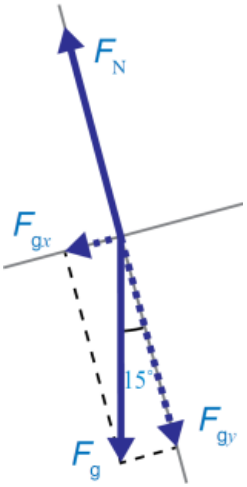
- لذا يجب تحليل وزن الجسم إلى مركبتين:
  - عمودية على المستوى المائل: $F_{gy} = F_g \cos\theta$
  - موازية على المستوى المائل: $F_{gx} = F_g \sin\theta$
- في هذه الحالة تكون القوة العمودية أقل من وزن الجسم

سؤال ينزلق صندوق كتلته $(4\ kg)$ إلى أسفل مستوى مائل أملس يميل على الأفق بزاوية $(15°)$ كما في الشكل

إذا علمت أن $\cos 15° = 0.97$ ، $\sin 15° = 0.26$، $g = 10\ m\backslash s^2$ فاحسب مقدار :



- نرسم مخطط الجسم الحر للصندوق، مع اختيار المحور x في اتجاه يوازي المستوى المائل والمحور y عمودي عليه
- اعتبار أن اتجاه انزلاق الصندوق إلى أسفل المستوى المائل هو الاتجاه الموجب $(+x)$
- قبل البدء بحل المسألة نحلل وزن الصندوق إلى مُركَّبتين متعامدتين كما يأتي:



$$F_{gy} = F_g \cos\theta \qquad F_{gx} = F_g \sin\theta$$

$$F_{gy} = mg\cos 15° \qquad F_{gx} = mg\sin 15°$$

$$F_{gy} = 4 \times 10 \times 0.97 \qquad F_{gx} = 4 \times 10 \times 0.26$$

$$F_{gy} = 38.8\ N \qquad F_{gx} = 10.4\ N$$

أ. القوة العمودية المؤثرة في الصندوق

- نطبق القانون الثاني لنيوتن على الصندوق في اتجاه المحور y لإيجاد مقدار القوة العمودية المؤثرة فيه، مع مراعاة أنه لا توجد حركة في اتجاه هذه المحور

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

ب. تسارع الصندوق

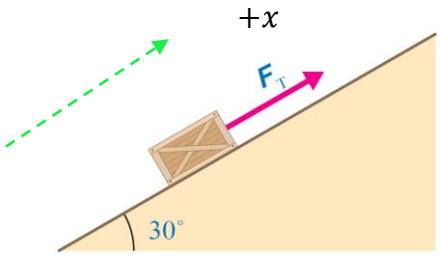
- ينزلق الصندوق إلى أسفل المستوى المائل، ولحساب مقدار تسارعه نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور x وباعتبار أن اتجاه الحركة هو الاتجاه الموجب

$$\sum F_x = ma \qquad a = \frac{F_{gx}}{m} \qquad \boxed{a = 2.26\ m\backslash s^2}$$

$$F_{gx} = ma \qquad a = \frac{10.4}{4}$$

سؤال يوضح الشكل صندوقاً كتلته $(20\ kg)$ يُسحب بحبل غير قابل للاستطالة إلى أعلى مستوى مائل أملس بسرعة ثابتة، إذا كان الحبل موازياً لسطح المستوى، وزاوية ميلان المستوى على الأفقي $(30°)$

إذا علمت أن $\cos 30° = 0.87$ ، $\sin 30° = 0.5$، $g = 10\ m\backslash s^2$ فاحسب مقدار :



- نعتبر أن اتجاه سحب الصندوق إلى أعلى المستوى المائل هو الاتجاه الموجب $(+x)$
- قبل البدء بحل المسألة نحلل وزن الصندوق إلى مُركَّبتين متعامدتين، F_{gx} و F_{gy} كما يأتي:

$$F_{gy} = F_g \cos\theta \qquad F_{gx} = F_g \sin\theta$$

$$F_{gy} = mg \cos 30° \qquad F_{gx} = mg \sin 30°$$

$$F_{gy} = 20 \times 10 \times 0.87 \qquad F_{gx} = 20 \times 10 \times 0.5$$

$$F_{gy} = 174\ N \qquad F_{gx} = 100\ N$$

أ. القوة العمودية المؤثرة في الصندوق

- نطبق القانون الثاني لنيوتن على الصندوق في اتجاه المحور y لإيجاد مقدار القوة العمودية المؤثرة فيه، مع مراعاة أنه لا توجد حركة في اتجاه هذه المحور

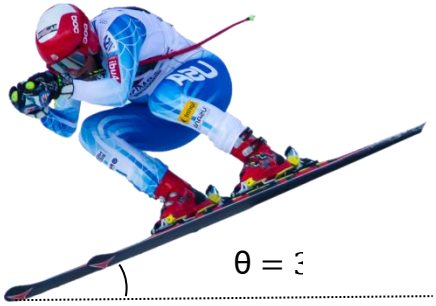
$$\sum F_y = 0 \qquad F_N - F_{gy} = 0 \qquad F_N = F_{gy} \qquad \boxed{F_N = 174\ N}$$

ب. قوة الشد المؤثرة في الصندوق

- يُسحب الصندوق إلى أعلى المستوى المائل بسرعة ثابتة (يعني أن تسارعه يساوي صفر)، أي أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً ولحساب مقدار قوة الشد المؤثرة فيه نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور x

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

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



بداية، نحلل وزن يوسف إلى مُركَّبتين متعامدتين F_{gx} ، F_{gy} كما يأتي:

$$F_{gy} = F_g \cos\theta \qquad F_{gx} = F_g \sin\theta$$

$$F_{gy} = mg \cos 37° \qquad F_{gx} = mg \sin 37°$$

$$F_{gy} = 60 \times 10 \times 0.8 \qquad F_{gx} = 60 \times 10 \times 0.6$$

$$F_{gy} = 480\ N \qquad F_{gx} = 360\ N$$

أ. القوة العمودية المؤثرة في يوسف

نطبق القانون الثاني لنيوتن على يوسف في اتجاه المحور y لإيجاد القوة العمودية المؤثرة فيه، مع مراعاة أنه لا توجد حركة في اتجاه هذه المحور

$$\sum F_y = 0 \qquad F_N - F_{gy} = 0 \qquad F_N = F_{gy} \qquad \boxed{F_N = 480\ N}$$

ب. تسارع يوسف

ينزلق يوسف إلى اسفل المستوى المائل ولحساب تسارعه نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور x

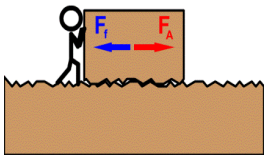
$$\sum F_x = ma \qquad a = \frac{F_{gx}}{m} \qquad \boxed{a = 6\ m\backslash s^2}$$

$$F_{gx} = ma \qquad a = \frac{360}{60}$$

قوة الاحتكاك Friction Force

قوة الاحتكاك (f) : قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض وتُمانع حركتها وتؤثر بشكل موازٍ لسطحي التلامس بين الجسمين، وتنشأ هذه القوة بين سطحي الجسمين المتلامسين عند تحريك بعضهما فوق بعض، أو محاولة ذلك

- عند دفع مكعب خشبي على سطح طاولة أفقي ثم إفلاته، فأنه ينزلق عليه ثم يتوقف بعد مدة زمنية



- حسب القانون الأول لنيوتن، لا بد من وجود قوة محصلة أثّرت في المكعب أدت إلى تغيير حالته الحركية
- وحسب القانون الثاني لنيوتن، يجب أن تؤثر هذه القوة المحصلة في الصندوق بعكس اتجاه حركته، وتعيقها

* تنشأ هذه القوة التي تعيق حركة الأجسام نتيجة حركة مادة صلبة بالنسبة إلى مادة صلبة، أو حركة مواد صلبة وموائع (سوائل وغازات) نسبة إلى بعضها، أو بين طبقات الموائع المتحركة

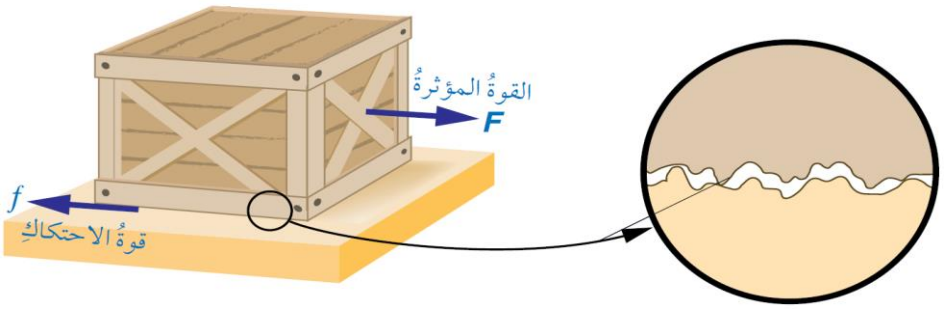
* **أمثلة على القوى التي تُعيق حركة الأجسام**

① انزلاق إطارات سيارة على سطح الطريق
② حركة غواصة داخل مياه البحر
③ تحليق طائرة في الهواء
④ انزلاق لوح تزلج على سطح الماء في رياضة التزلج

* سوف ندرس هنا حركة الأجسام الصلبة نسبة إلى بعضها، حيث تُسمى القوة المعيقة **(قوة الاحتكاك)**

سؤال ما المقصود بقوة الاحتكاك؟وفي أي اتجاه تؤثر؟

- قوة تلامس تعيق حركة الاجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض، وتمانع حركتها, وتؤثر بشكل موازٍ لسطحي التلامس بين الجسمين



- عند التأثير بقوة في الصندوق لتحريكه على سطح أفقي خشن تنشأ قوة احتكاك بين سطحيهما المتلامسين، نتيجة خشونتهما
- يظهر الفحص الدقيق للسطحين أنهما خشنان حتى لو بدا أنهما املسان عند لمسهما
- لتحريك الصندوق يجب التأثير فيه بقوة دفع أو سحب لرفع نتوءات سطحه فوق نتوءات السطح السفلي، لكي يتخطاها من خلال الارتطام بها أو كسرها، أو كليهما معاً

سؤال ما المقصود بقوة الاحتكاك؟

↩ قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض، وتمانع حركتها، وتؤثر بشكل موازٍ لسطحي التلامس بين الجسمين

سؤال متى تنشأ قوة الاحتكاك بين سطحين؟

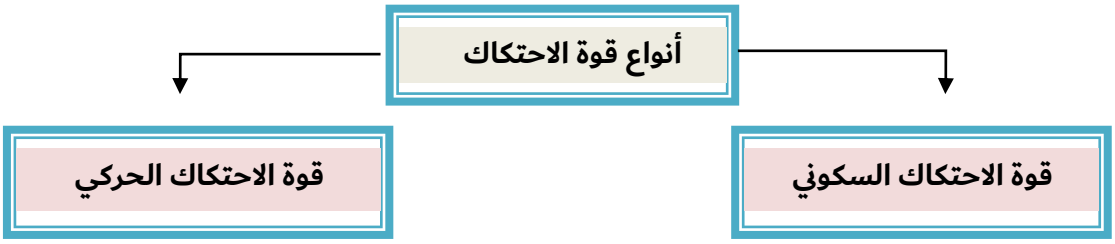
↩ تنشأ هذه القوة بين سطحي الجسمين المتلامسين عند تحريك أو محاولة تحريك بعضهما فوق بعض

سؤال ما سبب نشوء قوة الاحتكاك بين سطحي الجسمين المتلامسين؟

↩ نتيجة لخشونتهما حيث يُظهر الفحص الدقيق للسطحين أنهما خشنان حتى لو بدا أنهما أملسان عند لمسهما

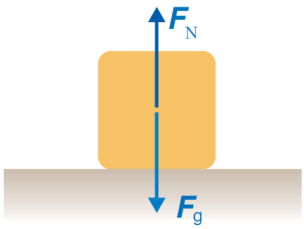
سؤال ماذا يلزم لتحريك الصندوق؟

↩ لتحريك الصندوق يجب التأثير فيه بقوة سحب أو دفع لرفع نتوءات سطحه فوق نتوءات السطح السفلي، لكي يتخطاها من خلال الارتطام بها أو كسرها أو كليهما معاً



قوة الاحتكاك السكوني

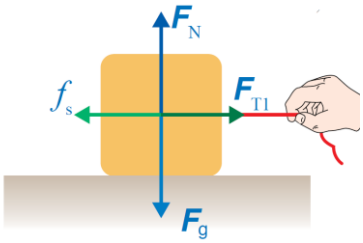
قوة الاحتكاك السكوني(f_s): قوة تؤثر في سطحي جسمين متلامسين عندما يتحرك بعضهما فوق بعض، رمزها (f_s) وتظهر هذه القوة استجابة لقوة أخرى تحاول تحريك الجسم الساكن



الصندوق ساكن، ولا توجد قوة تحاول تحريكه، لذلك لا توجد قوة احتكاك تؤثر فيه ($f_s = 0$)

سؤال هل يوجد قوة احتكاك تؤثر في الصندوق في الشكل السابق

لا، لأن الصندوق ساكن، ولا توجد قوة تحاول تحريكه، لذلك لا توجد قوة احتكاك تؤثر فيه



- تؤثر قوة شد أفقية صغيرة (F_{T1}) في الصندوق جهة اليمين، لكنه ساكن لا يتحرك (أي أن القوة المحصلة المؤثرة فيه صفر)
- وحسب القانون الأول لنيوتن، لا بد من وجود قوة أفقية تؤثر في الصندوق، تكون معاكسة لاتجاه قوة الشد، وتساويها مقداراً
- تُسمى هذه القوة قوة الاحتكاك السكوني رمزها (f_s) تؤثر في سطحي جسمين متلامسين عندما لا يتحرك أحدهما بالنسبة للآخر
- بزيادة مقدار قوة الشد يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني ما دام الصندوق ساكناً، حيث القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً

سؤال هل يوجد قوة احتكاك تؤثر في الصندوق في الشكل السابق

- نعم

ما نوعها

- قوة احتكاك سكوني، لأن الصندوق ساكن

ما مقدارها

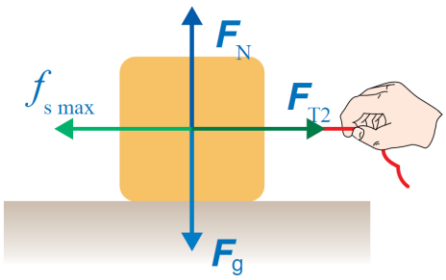
- تساوي مقدار قوة الشد الأفقية (F_{T1}) وتعاكسها في الاتجاه

لماذا

- لأن قوة الشد الأفقية (F_{T1}) تؤثر في الصندوق جهة اليمين، وهو ساكن لا يتحرك، أي أن القوة المحصلة المؤثرة فيه صفر، وحسب القانون الأول لنيوتن لا بد من وجود قوة أفقية تؤثر في الصندوق، تكون معاكسة لاتجاه قوة الشد وتساويها مقداراً

سؤال ما الذي يحدث لمقدار قوة الاحتكاك السكوني بزيادة مقدار قوة الشد الأفقية؟

- بزيادة مقدار قوة الشد يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني ما دام الصندوق ساكناً، حيث القوة الحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً



- عند زيادة مقدار قوة الشد يزداد أيضاً مقدار قوة الاحتكاك السكوني حتى يصل إلى قيمة عظمى
- عندما يكون الجسم على وشك الحركة تُسمى قوة الاحتكاك السكوني العظمى $(f_{s,Max})$

سؤال ما الذي يوضحه الشكل السابق

↩ يوضح الشكل أنه بزيادة مقدار قوة الشد الأفقية يزداد أيضاً مقدار قوة الاحتكاك السكوني حتى يصل إلى قيمة عظمى

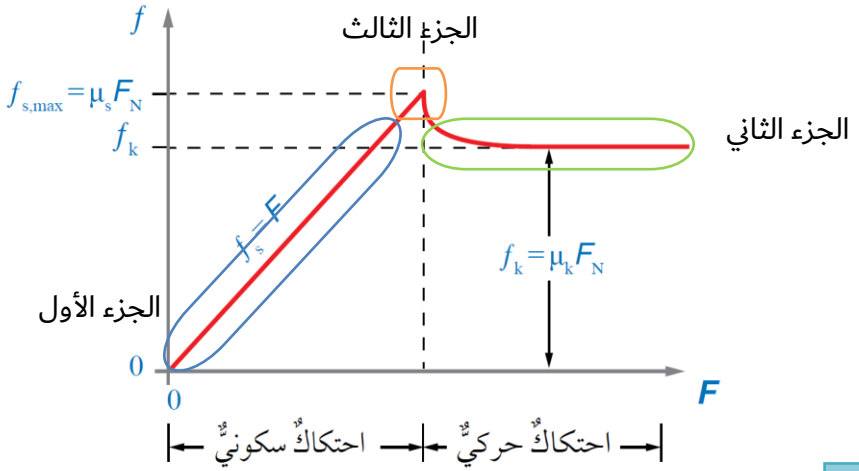
سؤال متى تصل قوة الاحتكاك السكوني إلى أقصى قيمة لها

↩ عندما يكون الجسم على وشك الحركة

سؤال ماذا تسمى قوة الاحتكاك السكوني عندما يكون الجسم على وشك الحركة

↩ تسمى قوة الاحتكاك السكوني العضمى $(f_{s,Max})$

منحنى (قوة الاحتكاك-القوة الافقية المؤثرة)



الجزء الأول

- يبين الجزء الأول من المنحنى تأثير قوة الاحتكاك السكوني

(حيث يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني طردياً بزيادة مقدار القوة الأفقية المؤثرة في الجسم)

الجزء الثاني

- عندما يصبح مقدار القوة الأفقية المؤثرة أكبر من القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكوني يبدأ الجسم في الحركة
- وعندها تؤثر فيه قوة الاحتكاك الحركي بدلاً من قوة الاحتكاك السكوني

الجزء الثالث

- وبزيادة القوة الافقية المؤثرة في الجسم، يصل الاحتكاك السكوني إلى قيمة عظمى $(f_{s,Max})$
- وعند هذه النقطة تكون قوة الاحتكاك السكوني تساوي القوة الأفقية التي تؤثر في الجسم التي تحاول تحريكه بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه

سؤال ما الذي يبينه الجزء الأول من المنحنى؟

↩ يبين تأثير قوة الاحتكاك السكوني

سؤال ما نوع العلاقة بين مقدار قوة الاحتكاك السكوني ومقدار القوة الأفقية المؤثرة في الجسم؟

↩ علاقة خطية طردية، حيث يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني طردياً بزيادة مقدار القوة الأفقية المؤثرة في الجسم

سؤال ماذا تسمى أكبر قيمة لقوة الاحتكاك السكوني؟

↩ قوة الاحتكاك السكوني العظمى $(f_{s,Max})$

سؤال متى تكون قوة الاحتكاك السكوني عظمى؟

↩ عندما يكون الجسم على وشك الحركة

سؤال ما العلاقة بين قوة الاحتكاك السكوني والقوة الأفقية المؤثرة في الجسم؟

↩ متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه

سؤال هل قوة الاحتكاك السكوني ثابتة؟

↩ لا، يتغير مقدار قوة الاحتكاك السكوني بتغير مقدار القوة الأفقية المؤثرة في الجسم

سؤال ما الذي يحدث للجسم عندما يصبح مقدار القوة الأفقية المؤثرة أكبر من القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكوني؟

↩ يبدأ الجسم في الحركة

سؤال ما الذي يبينه الجزء الثاني من المنحنى؟

↩ يبين تأثير قوة الاحتكاك الحركي

سؤال هل قوة الاحتكاك الحركي ثابتة أم متغيرة؟

↩ قوة الاحتكاك الحركي ثابتة بخلاف قوة الاحتكاك السكوني

سؤال أيهما أكبر : قوة الاحتكاك السكوني العظمى أم قوة الاحتكاك الحركي

↩ قوة الاحتكاك السكوني العظمى

- **تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على:**

❶ **طبيعة السطحين المتلامسين (نوعا مادتهما)**

- فمثلاً، قوة الاحتكاك السكوني بين المكعب الخشبي وسطح الطاولة الخشبي أكبر منه بين المكعب الخشبي ورقائق الألمنيوم

← وبناء على ذلك يمكن تفسير سبب استخدام العاملين في المصانع والأماكن التي تكون أرضياتها بالزيوت والسوائل، أحذية نعالها مصنوعة من المطاط

↩ لأن انزلاق الأحذية ذات النعل مطاطي يكون أقل منه للأحذية ذات النعل الجلدي

❷ **مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم**

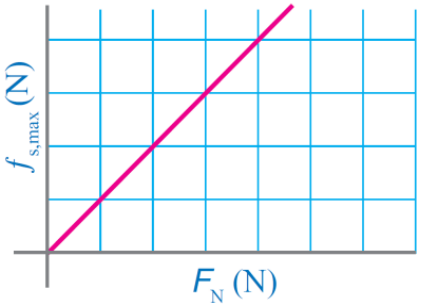
➔ يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني بزيادة مقدار القوة العمودية

- لا تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على مساحة سطحي التلامس بين السطحين ولا على حجميهما

➔ مقدار قوة الاحتكاك السكوني عند أي لحظة يحقق المتباينة $f_s = \mu_s F_N$

- يعطى مقدار قوة الاحتكاك السكوني العضمى رياضياً بالعلاقة : $f_{s.max} = \mu_s F_N$

معامل الاحتكاك السكوني μ_s : نسبة مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى إلى مقدار القوة العمودية



◂ يوضح الشكل التناسب الطردي بين مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى $(f_{s,max})$ ومقدار القوة العمودية (F_N)

✻ **يعتمد معامل الاحتكاك السكوني (μ_s) على:**

❶ طبيعة السطحين المتلامسين

❖ معامل الاحتكاك السكوني ليس له وحدة قياس لأنه نسبة بين قوى

سؤال ما هي وحدة قياس معامل الاحتكاك السكوني؟

↩ ليس له وحدة قياس

سؤال ما الذي تستنتجه من شكل المنحنى عن العلاقة بين قوة الاحتكاك السكوني ومقدار القوة العمودية؟

↩ علاقة خطية طردية، حيث يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني بزيادة مقدار القوة العمودية

سؤال ما الذي يمثله ميل منحنى (قوة الاحتكاك السكوني-القوة العمودية)

↩ الميل ثابت، ويساوي معامل الاحتكاك السكوني

سؤال على ماذا يعتمد مقدار قوة الاحتكاك السكوني بين سطحي جسمين متلامسين

❶ طبيعة السطحين المتلامسين

❷ القوة العمودية المتبادلة بينهما

سؤال هل تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على مساحة السطحين المتلامسين

↩ لا تعتمد على طبيعة السطحين المتلامسين

سؤال هل قوة الاحتكاك السكوني المؤثرة في الجسم ثابتة أم متغيرة؟

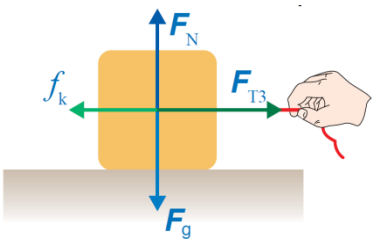
↩ متغيره، حيث تتراوح قيمتها بين الصفر وقيمة عُظمى عندما يكون الجسم على وشك الحركة

سؤال كيف يتغير مقدار قوة الاحتكاك السكوني بتغير مقدار القوة المؤثرة

↩ يزداد مقدار قوة الاحتكاك السكوني بزيادة مقدار القوة المؤثرة وتكون العلاقة بين مقداريهما خطية طردية، حتى يصبح مقدارها أكبر ما يمكن عندما يكون الجسم على وشك الحركة

قوة الاحتكاك الحركي

قوة الاحتكاك الحركي (f_k): قوة تؤثر في سطحي جسمين متلامسين عندما يتحرك بعضهما فوق بعض، رمزها (f_k)



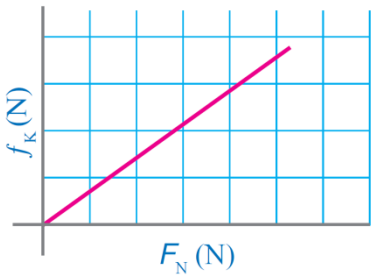
- يوضح الشكل أن الصندوق يبدأ الحركة عندما يصبح مقدار قوة الشد المؤثرة فيه أكبر من مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى
- تسمى قوة الاحتكاك المؤثرة في الجسم في أثناء حركته قوة الاحتكاك الحركي (f_k)

- لاحظنا من منحنى (قوة الاحتكاك-القوة الأفقية المؤثرة) أن مقدار قوة الاحتكاك الحركي **أقل** من مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى
- ← حيث مقدار القوة اللازمة لتحريك الجسم بسرعة متجهة ثابتة والمحافظة على حركته **أقل** من مقدار القوة اللازمة لبدء حركته

- **يعتمد مقدار قوة الاحتكاك الحركي بين سطحي جسمين متلامسين يتحرك أحدهما بالنسبة إلى الأخر على :**

1. طبيعة السطحين المتلامسين
2. القوة العمودية المؤثرة في الجسم

- ← فمثلاً، 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



- يوضح الشكل التناسب الطردي بين مقدار قوة الاحتكاك الحركي (f_k) ومقدار القوة العمودية (F_N)

* لا تعتمد قوة الاحتكاك الحركي على مساحة سطحي التلامس بين الجسمين ولا على حجميهما

* يمكن التعبير عن قوة الاحتكاك الحركي رياضياً كما يأتي: $\mathbf{f_k = \mu_k F_N}$

معامل الاحتكاك الحركي (μ_k): يساوي نسبة مقدار قوة الاحتكاك الحركي إلى مقدار القوة العمودية رمزه (μ_k) ويعتمد على طبيعة السطحين المتلامسين وبما أنه نسبة قوى فليس له وحدة قياس

- يبين الجدول معاملات الاحتكاك السكونية ومعاملات الاحتكاك الحركية التقريبية لسطوح مختلفة
- نلاحظ من الجدول أن معاملات الاحتكاك السكونيه أكبر من الحركية للسطوح نفسها، أي أن : $\mu_s > \mu_k$

نوعا السطحين المتلامسين	معامل الاحتكاك السكونيّ μ_s	معامل الاحتكاك الحركيّ μ_k
فولاذٌ فوق فولاذٍ (جافٌ)	0.8	0.6
فولاذٌ فوق فولاذٍ (مع الزيتِ)	0.15	0.05
مطاطٌ فوق خرسانةٍ جافةٍ	1.0	0.8
مطاطٌ فوق خرسانةٍ مُبللةٍ	0.5 – 0.7	0.3 – 0.5
مطاطٌ فوق ثلجٍ	0.3	0.2
خشبٌ فوق خشبٍ	0.5	0.3
خشبٌ مشمّعٌ (waxed wood) فوق ثلجٍ	0.14	0.1
فلزٌّ فوق خشبٍ	0.5	0.3
جليدٌ فوق جليدٍ	0.1	0.03
زجاجٌ فوق زجاجٍ	0.9	0.4
فولاذٌ فوق جليدٍ	0.4	0.02
الحذاءُ فوق الخشبِ	0.9	0.7
الحذاءُ فوق الجليدِ	0.1	0.05
مفاصلُ العظام بوجود السائل الزلاليّ	0.016	0.015

سؤال على ماذا يعتمد مقدار قوة الاحتكاك الحركي بين سطحي جسمين متلامسين يتحرك أحدهما بالنسبة إلى الأخر

1. طبيعة السطحين المتلامسين
2. القوة العمودية المتبادلة بينهما

سؤال هل تعتمد قوة الاحتكاك الحركي على مساحة السطحين المتلامسين؟

↩ لا تعتمد على مساحة السطحين المتلامسين

سؤال هل قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في جسم ثابتة أم متغيرة؟

↩ ثابتة, بخلاف قوة الاحتكاك السكوني التي تكون متغيره

سؤال هل يتغير مقدار قوة الاحتكاك الحركي بين سطحي جسمين بتغيير مقدار القوة المؤثرة

↩ بخلاف قوة الاحتكاك السكوني، يبقى مقدار قوة الاحتكاك الحركي ثابتاً ولا يتغير بتغير مقدار القوة المؤثرة

سؤال ما الذي تستنتجه من شكل المنحنى عن العلاقة بين مقدار قوة الاحتكاك الحركي ومقدار القوة العمودية؟

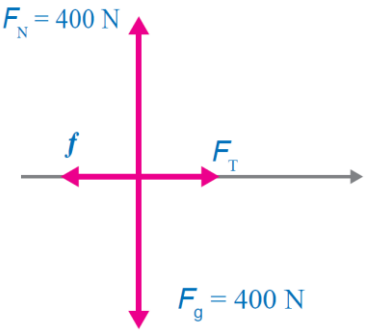
↩ علاقة خطية طردية، حيث يزداد مقدار قوة الاحتكاك الحركي بزيادة مقدار القوة العمودية

سؤال ما الذي يمثله ميل منحنى (قوة الاحتكاك الحركي – القوة العمودية)

↩ الميل ثابت، ويساوي معامل الاحتكاك الحركي

سؤال وضع صندوق كتلته $(40\ kg)$ على زلاجة لسحبه على أرضية أفقية مغطاة بالثلج. إذا علمت أن قوة الشد المؤثرة في الزلاجة أفقية تماماً, ومعامل الاحتكاك السكوني بين الزلاجة والثلج (0.15) ومعامل الاحتكاك الحركي بينهما (0.10) وتسارع السقوط الحر $(10\ m\backslash s^2)$ وبإهمال كتلة الزلاجة، فأحسب مقدار:

نرسم مخطط الجسم الحر للزلاجة والصندوق معاً



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

مقدار أقل قوة يلزم التأثير بها في الزلاجة بحيث تكون على وشك الحركة

= يساوي مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى $(f_{s,max})$

ولحسابها يلزم معرفة مقدار القوة العمودية

لذلك نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور (y) مع ملاحظة أنه لا توجد حركة في اتجاهه

$$\sum F_y = ma_y = 0 \qquad F_N - F_g = 0 \qquad F_N = F_g = mg$$

$$F_N = (40)(10) \qquad F_N = 400\ N$$

ثم نحسب مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى كما يأتي:

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

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

لكي تتحرك الزلاجة بسرعة متجهة ثابتة يجب أن يكون مقدار قوة الشد مساوياً لمقدار قوة الاحتكاك الحركي

$$\sum F_x = F_T - f_k = 0 \quad \rightarrow \quad F_T = f_k = \mu_k F_N \quad \rightarrow \quad F_T = (0.10)(400) = 40\ N$$

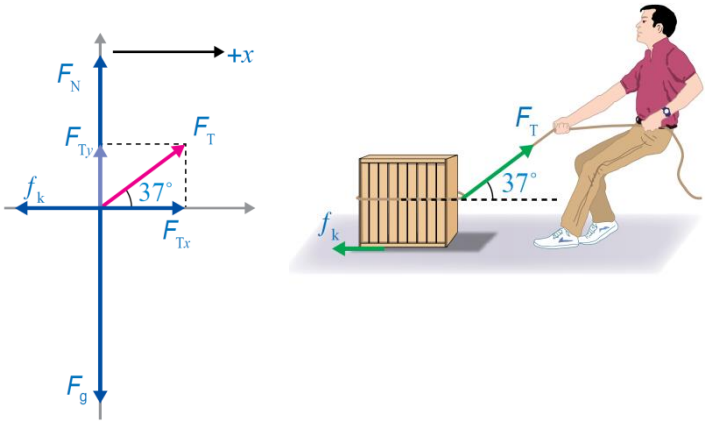
- نلاحظ بأن مقدار القوة اللازمة لجعل الزلاجة على وشك الحركة أكبر من مقدار القوة اللازمة للمحافظة على حركتها بسرعة متجهة ثابتة

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

لحساب مقدار تسارع الزلاجة نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور (x)

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

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



- في البداية نرسم مخطط الجسم الحر للصندوق
- قبل البدء بحل المسألة نحسب وزن الصندوق ثم نحلل قوة الشد في الحبل إلى مُركّبتيها كما في الشكل

$$F_g = mg = (50)(10) = 500\ N$$

$$F_{Tx} = F_T \cos\theta = 200\ \cos 37° = 200 \times 0.8 = 160\ N$$

$$F_{Ty} = F_T \sin\theta = 200\ \sin 37° = 200 \times 0.6 = 120\ N$$

أ. قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق

- نطبق القانون الثاني لنيوتن على الصندوق في اتجاه المحور x لإيجاد مقدار قوة الاحتكاك

$$\sum F_x = ma \qquad f_k = F_{Tx} - ma \qquad f_k = 160 - 65$$

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

- مقدار قوة الاحتكاك الحركي $(95\ N)$ وتؤثر في عكس اتجاه الصندوق

ب. معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والأرضية

- لحساب معامل الاحتكاك الحركي، يلزم اولاً معرفة مقدار القوة العمودية
- لذلك نطبق قانون نيوتن الثاني على الصندوق في اتجاه المحور y لإيجاد مقدارها مع مراعاة أنه لا توجد حركة على هذه المحور

$$\sum F_y = 0 \qquad F_N = F_g - F_{Ty} \qquad F_N = 380\ N$$

$$F_N + F_{Ty} - F_g = 0 \qquad F_N = 500 - 120$$

- نستخدم معادلة الاحتكاك الحركي لحساب مقدار معامل الاحتكاك كما يأتي

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

تمرين أعد حل المثال السابق إذا أصبح مقدار الزاوية التي يصنعها الحبل بالنسبة للأفقي ($53°$)

أ. **قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق**

↩ **الاجابة:** $f_k = 55\ N$

ب. **معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والأرضية**

↩ **الاجابة:** $\mu_k = 0.15$

تمرين خزانة كتلتها ($40\ kg$) تستقر على أرضية أفقية خشنة، إذا سحبت الخزانة بقوة أفقية مقدارها ($200\ N$) ومعامل الاحتكاك الحركي بين الخزانة والأرضية (0.4) وتسارع السقوط الحر($g = 10\ m\backslash s^2$) فأحسب مقدار:

أ. **قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الخزانة**

↩ **الاجابة:** $f_k = 160\ N$

ب. **تسارع الخزانة**

↩ **الاجابة:** $a = 1\ m\backslash s^2$

ت. **القوة الأفقية اللازم تأثيرها في الخزانة لتتحرك بسرعة متجهة ثابتة**

↩ **الاجابة:** $F_{Applied} = 160\ N$

سؤال يتزلج رياضي على منحدر ثلجي يميل على الأفقي بزاوية ($25°$) كما في الشكل إذا علمت أن كتلة الرياضي ($50\ kg$) و $g = 10\ m\backslash s^2$, $\sin 25° = 0.42$, $\cos 25° = 0.91$ فأحسب مقدار تسارعه في الحالتين الآتيتين:

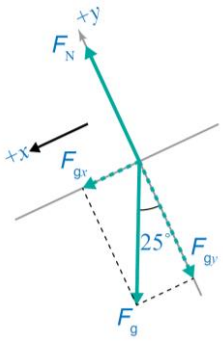
- نرسم مخطط الجسم الحر للمتزلج في حالة المنحدر الأملس (a) والمنحدر الخشن (b)
- مع اختيار المحور x في اتجاه يوازي المستوى المائل والمحور y عمودي عليه

- قبل البدء بحل المسألة نحلل وزن المتزلج إلى مركّبتين متعامدتين F_{gx} و F_{gy}

$$F_{gx} = F_g \sin\theta = mg \sin 25° = 50 \times 10 \times 0.42 = 210\ N$$

$$F_{gy} = F_g \cos\theta = mg \cos 25° = 50 \times 10 \times 0.91 = 455\ N$$

أ. إذا كان المنحدر الثلجي أملس



↩ نطبق القانون الثاني لنيوتن على المتزلج الرياضي في اتجاه المحور x لحساب مقدار تسارعه

$$\sum F_x = ma \qquad a = \frac{F_{gx}}{m}$$

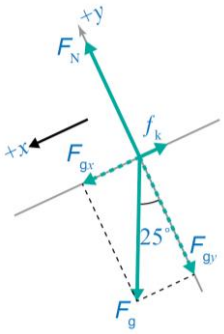
$$F_{gx} = ma \qquad a = \frac{210}{50}$$

$$a = 4.2\ m\backslash s^2$$

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

↩ نلاحظ أنه توجد قوة احتكاك حركي تؤثر في عكس اتجاه انزلاق المتزلج

↩ لذلك نحسب مقدار قوة الاحتكاك الحركي ومن أجل ذلك نحسب مقدار القوة العمودية المؤثرة في المتزلج بتطبيق القانون الثاني لنيوتن عليه في اتجاه المحور y مع مراعاه أنه لا توجد حركة في اتجاه هذه المحور



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

↩ ثم نستخدم معادلة الاحتكاك الحركي لحساب مقدار قوة الاحتكاك

$$f_k = \mu_k F_N = (0.10)(455) \qquad f_k = 45.5N$$

ينزلق المتزلج الرياضي إلى أسفل المنحدر الثلجي ولحساب مقدار تسارعه نطبق القانون الثاني لنيوتن عليه في اتجاه المحور x (مع اعتبار الاتجاه الموجب إلى أسفل المنحدر)

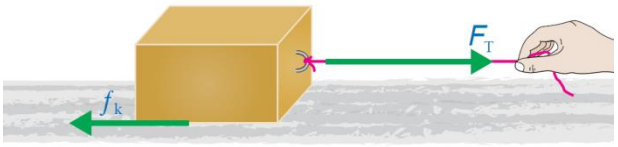
$$\sum \mathrm{F_x} = ma \qquad \mathrm{a} = \frac{F_{gx} - f_k}{\mathrm{m}}$$

$$F_{gx} - f_k = ma \qquad a = \frac{210 - 45.5}{50}$$

$$\mathrm{a} = 3.3\ \mathrm{m\backslash s^2}$$

نلاحظ أن مقدار تسارع المتزلج الرياضي أكبر في حالة المنحدر الأملس

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



أ. **قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق**

↩ **الاجابة** : $f_k = 150\ N, -x$

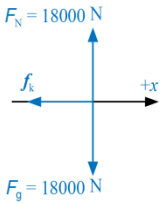
ب. **القوة المحصلة المؤثرة في الصندوق**

↩ **الاجابة**: $\sum F_x = 50\ N, +x$

ج. **تسارع الصندوق**

↩ **الاجابة**: $a = 1\ m\backslash s^2$

سؤال تقود سلمى سيارة كتلتها ($1.8 \times 10^3\ kg$) بسرعة ($90\ km\backslash h$) شمالاً على طريق أفقي مستقيم في طقس ماطر، وعندما أقبلت على أشارة ضوئية أضائت باللون الأحمر فضغطت سلمى على المكابح بقوة مما أدى إلى انزلاق إطارات السيارة على سطح الطريق، إذا كان بُعد مقدمة السيارة عن الاشارة لحظة الضغط على المكابح ($60\ m$) ومعامل الاحتكاك الحركي بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.40) وتسارع السقوط الحر ($10\ m\backslash s^2$) فأجب عما يأتي:



نرسم مخطط الجسم الحر للسيارة لحظة الضغط على المكابح

أ. **أحسب مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في السيارة**

↩ لحساب مقدار قوة الاحتكاك الحركي نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور (y) لحساب مقدار القوة العمودية (مع ملاحظة أنه لا توجد حركة في اتجاهه)

$$\sum F_y = ma_y \qquad F_N = mg \qquad F_N = 1.8 \times 10^4 N$$

$$F_N = F_g = 0 \qquad F_N = F_g$$

↩ ثم نحسب مقدار قوة الاحتكاك الحركي

$$f_k = \mu_k F_N \qquad f_k = (0.4)(1.8 \times 10^4) \qquad f_k = 7.2 \times 10^3 N, -x$$

↩ تؤثر قوة الاحتكاك في عكس اتجاه حركة السيارة، أي جنوباً

ب. أحسب مقدار تسارع السيارة

↩ تؤثر قوة الاحتكاك في السيارة في عكس اتجاه حركتها ولحساب تسارعها نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور (x)

$$\sum F_x = ma \qquad a = \frac{F - f_k}{m}$$

$$a = 4\ m\backslash s^2, -x$$

$$F - f_k = ma \qquad a = \frac{0 - 7.2 \times 10^3}{1.8 \times 10^3}$$

↩ سرعة السيارة موجبة (حركتها شمالاً) وتسارعها سالب (عكس اتجاه الحركة, في اتجاه القوة المحصلة) لذا فهي تتباطئ

ج. هل تتوقف السيارة عند الإشارة تماماً، أم قبلها، أم بعدها؟ وضّح إجابتك

↩ للإجابة عن السؤال، يجب حساب المسافة التي تقطعها السيارة حتى تتوقف $(d_{stopping})$ بحسب التسارع المحسوب في الفرع السابق، مع تعويض السرعة النهائية صفراً $(v_2 = 0)$

↩ في البداية نحول مقدار السرعة الابتدائية إلى وحدة $(m\backslash s)$

$$v_2 = 90\ km\backslash h \quad \rightarrow \quad 25\ m\backslash s$$

↩ ثم نستعمل معادلة الحركة الثالثة:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad \qquad d_{stopping} = \frac{625}{8}$$

$$0 = 25^2 + 2(-4)d_{stopping} \qquad d_{stopping} = 78.13\ m\backslash s^2$$

↩ بما أن مسافة التوقف (78.13) أكبر من بُعد الاشارة الضوئية $(60\ m)$ لذا فأن السيارة ستتجاوز الاشارة

الفيزياء والحياة

- عند سقوط الأمطار والثلوج تتكون طبقة فاصلة بين إطار السيارة (وهو مطاط) وسطح الطريق وهذه يقلل من مقدار كل من : **معامل الاحتكاك السكوني** **ومعامل الاحتكاك الحركي** بينهما مما يؤدي إلى سهولة انزلاق إطارات السيارات على الطريق ويزيد المسافة اللازمة لإيقاف السيارة

سؤال عادة تُلف جنازير حول إطارات السيارات وبخاصة سيارات الدفاع المدني في العواصف الثلجية، بناء على ما تعلمته في هذه الدرس ما الهدف من وضع هذه الجنازير حول إطارات السيارت؟ أفسر اجابتي

↩ الجنازير مصنوعة من فلز قوي ومتين يعمل على زيادة قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والثلج مما يمكنها من الحركة دون انزلاق، كما تزيد من فعالية المكابح على الجليد ولهذا يساعد في سهولة حركة مركبات الدفاع المدني على الثلج

سؤال إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك بين الخرسانة ونعل الحذاء المصنوع من المطاط أكبر منه بين الخرسانة والنعل المصنوع من الجلد فأي الحذاءين أختار للمشي في يوم ماطر؟ أفسر إجابتي

↩ أختار الحذاء ذا النعل المصنوع من المطاط لأن مقدار قوة الاحتكاك بين الخرسانة ونعل الحذاء المصنوع من المطاط أكبر منه بين الخرسانة والنعل المصنوع من الجلد فيكون خطر الانزلاق في يوم ماطر أقل

نعل جلد

نعل مطاط

إيجابيات قوة الاحتكاك وسلبياتها

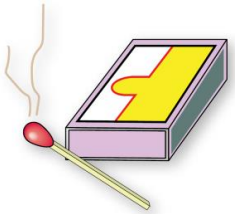
حركة المركبات

- عند انعدام قوة الاحتكاك بين إطارات المركبة وسطح الطريق فأن الإطارت تدور مكانها فتبقى المركبة ساكنة

المشي

- قوة الاحتكاك السكوني تساعدنا على المشي وتغير اتجاه حركتنا
- وتتضح أهمية الاحتكاك السكوني عند محاولة المشي على سطوح ملساء أو زلقة، حيث يصعب ذلك

إيجابيات قوة الاحتكاك



إشعال أعواد الثقاب

الكتابة

سؤال هل قوة الاحتكاك تساعدنا على المشي أم تعيقه؟ وأي نوعا الاحتكاك له دور في ذلك؟

↩ قوة الاحتكاك السكوني لها دور مهم في عملية المشي، فهي تساعدنا في عملية المشي ولا تعيقها

سؤال فسر آلية عمل المشي؟

↩ عندما أدفع بقدمي سطح الأرض إلى الخلف (قوة فعل) فأن قوة الاحتكاك السكوني بينهما تؤثر في قدمي إلى الأمام (قوة رد فعل) في اتجاه حركتي وتمنع انزلاقها للخلف

سلبيات قوة الاحتكاك

تسبب تآكل بعض المنتجات التي نستخدمها بحياتنا اليومية

- مثل الأحذية والملابس وتسبب تآكل بطانة مكابح المركبات

تعيق حركة الأجسام فوق بعضها البعض وتسبب تباطؤها

- مما يتطلب التأثير فيها بقوة أكبر لتحريكها

- **يمكن معالجة الآثار السلبية لقوة الاحتكاك والتقليل منها باستخدام العجلات، وكرات البيليا، والتزييت والتشحيم**

- عند استخدام العجلات أصبح تحريك الصندوق أسهل بكثير

- تستخدم كرات البيليا لتسهيل حركة أجزاء الآلات وتقليل الاحتكاك

- يوضع الزيت في محرك السيارة للتقليل من قوة الاحتكاك

سؤال لماذا لا يمكن المشي على أرضية زلقة؟ فسر إجابتك

↩ لأنه عندما ندفع بأقدامنا سطح الارض إلى الخلف فأنه لا توجد قوة احتكاك سكوني تؤثر فيها إلى الأمام في اتجاه الحركة لذا تنزلق اقدامنا عليها للخلف ويصبح الاحتكاك الحركي هو المؤثر

سؤال هل يلزم تزييت كرات البيليا وتشحيمها؟ فسر إجابتك

↩ نعم، من أجل تسهيل حركتها الدورانية وتقليل قوة الاحتكاك أثناء الحركة بمقدار كبير

الفيزياء والطب

المفاصل: هي المناطق التي تجمع أثنين أو أكثر من العظام في جسم الأنسان

- معظم المفاصل تكون متحركة، مما يسمح للعظام بالحركة، إذ يوجد احتكاك عند هذه المفاصل لأنها تربط مواد صلبة معاً

سؤال تكون قوة الاحتكاك بين العظام في منطقة المفصل قليلة جداً ؟

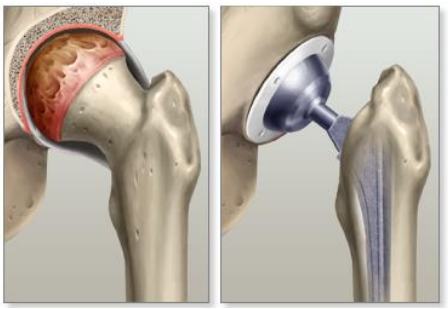
↩ لأن سطوح العظام في منطقة المفصل مغطاة بغضاريف إضافة إلى وجود غشاء زلالي يفرز مائعاً لزجاً يسمى السائل الزلالي

سؤال ما هي أهمية السائل الزلالي؟

↩ يُعد هذه السائل بمنزلة مادة تشحيم، ويقلل من الاحتكاك، ويحمي العظام من التآكل

سؤال عند تعرض المفصل للتلف يستخدم مفصل صناعي من الفولاذ المقاوم للصدأ أو التيتانيوم أو البلاستيك؟

↩ لأن لهذ المفاصل الصناعية معاملات احتكاك صغيرة جداً، تشبه المفاصل الطبيعية تقريباً، وتستخدم فيه مواد تشحيم صناعية مثل المواد الهلامية ($Gels$) لتقليل الاحتكاك



- **توجد مواد لزجة طبيعية (أو مواد تشحيم) في جسم الأنسان تقلل من قوى الاحتكاك داخل الأعضاء أو بينها، مثل:**

❶ يساعد إفراز اللعاب في عملية البلع، إذ يقلل من احتكاك المواد الغذائية التي يجري تناولها مع جدران البلعوم والمريء

❷ يساعد وجود مخاط لزج بين أعضاء الجسم على حرية حركتها نسبة إلى بعضها في أثناء حركة الإنسان وفي أثناء عملية التنفس وخفقان القلب

مراجعةُ الدرسِ

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

- **قوة الشد**: قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل رمزها F_T وتؤثر في اتجاه طول الخيط أو الحبل أو السلك وتكون متساوية في جميع أجزاء الحبل وتساوي قوة الشد عند طرفيه عند إهمال كتلته

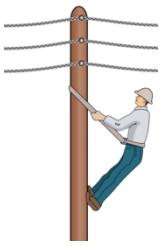
- **القوة العمودية**: قوة تلامس تنشأ بين الأجسام عند تلامسها فقط وتقاس بوحدة (N) حسب النظام الدولي للوحدات

- **قوة الاحتكاك**: قوة تلامس تعيق حركة الاجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض وتمانع حركتها وتؤثر بشكل موازٍ لسطحي التلامس بين الجسمين، وتنشأ هذه القوة بين سطحي الجسمين المتلامسين عند تحريك أو محاولة تحريك بعضهما فوق بعض

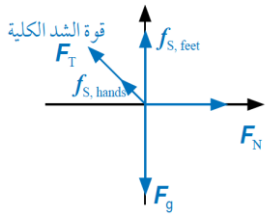
وجود قوة الاحتكاك قد يكون سلبياً أو إيجابياً فهنالك حالات نحتاج فيها إلى قوة الاحتكاك مثل مكابح السيارة، وحالات أخرى لا نحتاج فيها إلى قوة الاحتكاك كالإحتكاك بين أجزاء محرك السيارة

---

2. **أحلل وأستنتج: يوضح الشكل المجاور تسلق عامل صيانة في شركة الكهرباء لعمود كهرباء إذ ينتعل حذاء بمواصفات خاصة، وأيضاً يستخدم حزاماً أحد طرفيه ملتف حول خصره وطرفه الآخر ملتف حول العامود؟**



أ. **أرسم مخطط الجسم الحر لعامل الصيانة، مسمياً القوة المؤثرة فيه**



ب. **أفسر: هل يعتمد هذه العامل في صعوده العمود على قوة الاحتكاك السكوني أم الحركي؟ أفسر اجابتي**

↩ يعتمد العامل في صعوده على قوة الاحتكاك السكوني، حيث تساعده على الصعود وعدم الانزلاق

ج. **أحدد موقعين في الشكل تؤثر فيهما قوة الاحتكاك في العامل، وأوضح أهميتها.**

↩ 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

↩ وتؤثر قوة احتكاك سكوني عند نقطة التفاف الحبل حول العمود وتمنع الحبل من الانزلاق إلى أسفل

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

أ. إذا كان الثقل ساكناً

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

$$\sum F_y = 0$$

$$F_T - F_g = ma = 0$$

$$F_T = F_g$$

$$F_T = F_g = mg$$

$$F_T = 10 \times 10$$

$$F_T = 100\ N$$

ب. إذا تحرك الثقل والميزان إلى أعلى بسرعة متجهة ثابتة

↩ قرائة الميزان تساوي قوة الشد في الخيط المتصل بالثقل وبما أن الثقل والميزان تحركا إلى أعلى بسرعة متجهة ثابتة لذا تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفراً

↩ وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الثقل في اتجاه المحور y لحساب مقدار قوة الشد

$$F_T - F_g = ma = 0$$

$$F_T = F_g = 100\ N$$

ج. إذا تحرك الثقل والميزان إلى أعلى بتسارع مقداره ($1\ m\backslash s^2$)

↩ نطبق القانون الثاني لنيوتن في الثقل في اتجاه المحور y لحساب مقدار قوة الشد (قراءة الميزان)

$$F_T - F_g = ma$$

$$F_T = F_g + ma$$

$$F_T = 100 + (10 \times 1)$$

$$F_T = 110\ N$$

د. إذا تحرك الثقل والميزان إلى أسفل بتسارع مقداره ($1\ m\backslash s^2$)

↩ نطبق القانون الثاني لنيوتن على الثقل في اتجاه المحور $y-$ لحساب مقدار قوة الشد (قراءة الميزان) باعتبار القوة المؤثرة في اتجاه الحركة الموجبة والمؤثرة بعكس اتجاه الحركة سالبة

$$F_g - F_T = ma$$

$$F_g = F_T - ma$$

$$F_g = 100 - 10 \times 1$$

$$F_g = 90\ N$$

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

أ. **سطح أفقي**

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

ب. **مستوى مائل يميل عن الأفق بزاوية ($20°$)**

$$F_N - F_g \cos\theta = ma = 0 \qquad F_N = F_g \cos\theta \qquad F_N = 282\ N$$

$$F_N - F_g \cos\theta = 0 \qquad F_N = (300) \times (0.94)$$

---

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

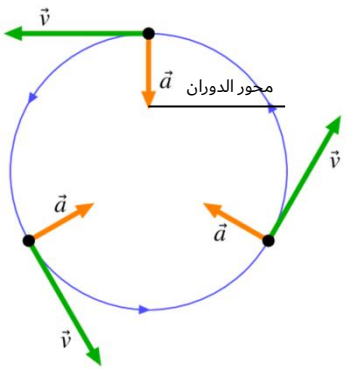
- تعتمد قوة الاحتكاك بين سطحين متلامسين على معامل الاحتكاك بينهما وعلى القوة العمودية التي يؤثر بها كل منها في الآخر

- لذلك فأن 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

الدرس الثالث

القوة المركزية

الحركة الدائرية المنتظمة: حركة جسم أو جُسيم بسرعة ثابتة المقدار في مسار دائري نصف قطره (r) حول محور



- يتم تحديد موقع الجسم بالنسبة لهذه المحور (محور الدوران)
- مُتجه السرعة المماسية عند أي نقطة على المسار يكون مماسياً للمسار عند تلك النقطة ومتعامداً مع متجه الموقع الخاص بها

✻ **هل يلزم تأثير قوة محصلة في الجسم لكي يتحرك حرك دائرية منتظمة؟**

◂ سيارات تتحرك في مسار منحنٍ عند المنعطف وهو يمثل جزءً من دائرة

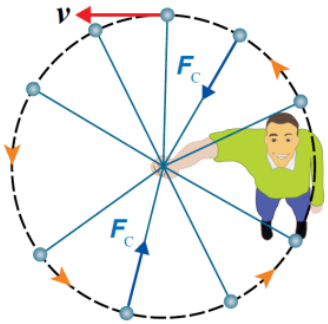
حسب القانون الأول لنيوتن

- تتحرك الأجسام في مسار مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيها قوة محصلة
- نلاحظ من الصورة بأن السيارات تتحرك في مسار منحن وهو يمثل جزء من دائرة
- وبما أن مسار السيارة غير مستقيم فهي تتأثر بقوة محصلة

حسب القانون الثاني لنيوتن

- تتحرك السيارة بسرعة مماسية ثابتة مقداراً
- السرعة كمّية متجهة لها مقدار واتجاه، وتغير اتجاه سرعة السيارة عند المنعطف بشكل مستمر يعني أنها تتسارع
- وحسب القانون الثاني لنيوتن فأن وجود تسارع يعني وجود قوة محصلة تؤثر فيها

القوة المركزية ومنشؤها

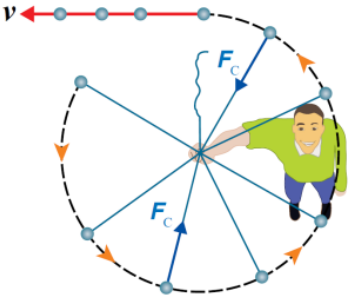


◂ يوضح الشكل كرة كتلتها (m) مربوطة بنهاية خيط طوله (l) تتحرك حركة دائرية منتظمة في مسار دائري أفقي تقريباً بسرعة مماسية ثابتة مقداراً (v)

❖ حسب القانون الأول لنيوتن تميل الكرة إلى الحركة في مسار مستقيم مماسي للمسار الدائري بسبب قصورها الذاتي

❖ وللمحافظة على استمرار حركتها حركة دائرية منتظمة يلزم تأثير قوة محصلة فيها نحو المسار الدائري يكون اتجاهها عمودياً على اتجاه سرعتها المماسية تُسمى (القوة المركزية F_c)

القوة المركزية: القوة المحصلة التي تؤثر في جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة نحو مركز مساره الدائري رمزها (F_c) تسبب تغيراً في سرعتها المتجهة، أي تكسبه تسارعاً مركزياً



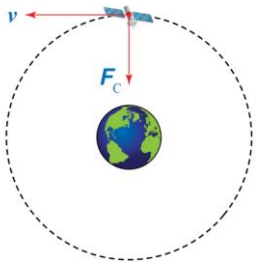
◂ عند انقطاع الخيط تنعدم القوة المركزية وتتحرك الكرة في اتجاه سرعتها المماسية للمسار الدائري عند نقطة انقطاع الخيط، حسب القانون الأول لنيوتن

سؤال هل القوة المركزية نوع جديد من أنواع القوى؟

↩ القوة المركزية ليست نوعاً جديداً من القوى، إنما هي أسم يطلق على القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري

سؤال ما هو أصل (منشأ) القوة المركزية؟

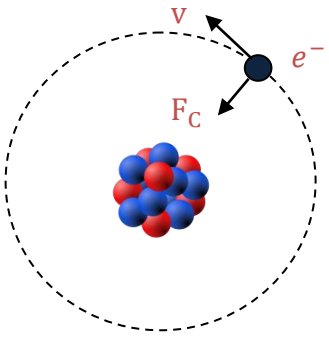
إن أصل ومنشأ هذه القوة يعتمد على الحالة الفيزيائية الواقعة تحت الدراسة، مثلا:



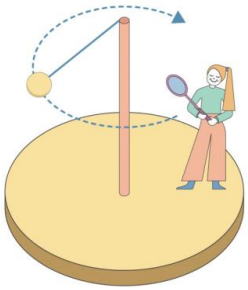
- يكون اتجاه سرعة القمر الصناعي عند أي موقع في مساره في اتجاه المماس لذلك الموقع
- القوة المركزية المسببة لدوران القمر الصناعي في مدار حول الأرض ناتجة من **قوة تجاذب كتلي بين القمر والأرض**

القوة المركزية هي قوة التجاذب الكتلي بين الأرض والقمر الصناعي وتؤثر عمودياً على اتجاه سرعة القمر

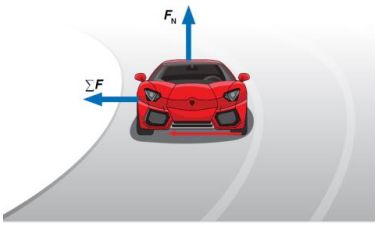
- القوة المركزية المسببة لدوران الإلكترونات حول النواة ناتجة عن **قوة جذب كهروسكونية** بين النواة



- **قوة الشد** في الحبال والأسلاك المتصلة بأجسام تتحرك حركة دائرية مثال على قوة مركزية



- القوة المركزية المؤثرة في الملابس الموضوعة في مجفف الملابس ناتجة عن **القوة العمودية** التي تؤثر بها جدران المجففة بها



- إن القوة المركزية التي تمنع سيارة السباق من الانزلاق خارج المنعطف خلال مسار السباق هي قوة جانبية منشؤها **قوة الاحتكاك السكوني** بين إطاراتها وسطح الطريق
- وتؤثر هذه القوة نحو مركز الدائرة التي يُعد المنعطف جزءاً منها

سؤال ماذا تتوقع أن يحدث للسيارة عند هذه المنعطف إذا كان المنعطف مغطى بزيت أو جليد؟

تنعدام قوة الاحتكاك السكوني ، فأنه وبحسب القانون الأول لنيوتن في الحركة سوف تتحرك السيارة بسرعة ثابتة مقداراً في مسار مستقيم مماسي للمسار الدائري عند موقع انعدام القوة المركزية

حساب القوة المركزية

❖ يُكتب القانون الثاني لنيوتن في الحركة في حال ثبات الكتلة في الصورة: $\sum F = ma$

❖ وفي حالة الحركة الدائرية المنتظمة، فأن القوة المحصلة نحو مركز الدوران تساوي القوة المركزية $(\sum F = F_c)$

❖ لذلك يمكن كتابة معادلة حساب مقدار القوة المركزية لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة في مسار دائري نصف قطره (r) وبسرعة مماسية (v) وتسارع مركزي (a_c) كما يأتي:

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

يكون مقدار القوة المركزية ثابتاً في الحركة الدائرية المنتظمة واتجاهها عمودياً على متجه السرعة المماسية

❖ **العوامل التي تعتمد عليها القوة المركزية**

❶ **نصف قطر المسار الدائري** (عند ثبات مقدار السرعة المماسية)

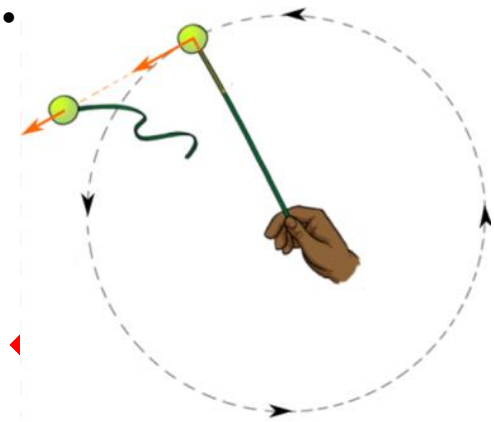
↩ حيث يلزم التأثير بقوة مركزية أكبر لجعل الجسم يتحرك في مسار دائري نصف قطره أصغر

❷ **مربع مقدار السرعة المماسية** (عند ثبات نصف قطر المسار الدائري)

↩ حيث يلزم التأثير بقوة مركزية أكبر لجعل الجسم يتحرك في مسار دائري بسرعة أكبر

- يزداد مقدار القوة المركزية اللازمة لحركة الكرة في مسار دائري أفقي بنقصان نصف قطر المسار الدائري عند ثبات مقدار السرعة المماسية

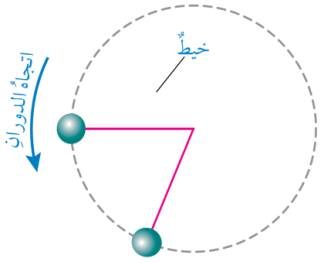
◀ وبما أن قوة الشد في الخيط هي القوة المركزية، وتوجد قيمة قصوى لمقدار قوة الشد التي يتحملها الخيط قبل أن ينقطع، فيكون هنالك حدود لنصف قطر المسار



- يزداد مقدار القوة المركزية اللازمة لحركة الكرة في مسار دائري أفقي بزيادة مقدار سرعتها المماسية عند ثبات نصف قطر مسارها الدائري

◀ فيكون هنالك حدود لمقدار السرعة المماسية

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



أ. سرعتها المماسية

↩ لإيجاد مقدار السرعة المماسية نستخدم العلاقة الآتية: علماً بأن طور المسار الدائري يساوي $(2\pi r)$

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

ب. تسارعها المركزي

↩ لإيجاد مقدار التسارع المركزي نستخدم العلاقة الآتية:

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

ج. القوة المركزية فيها

↩ لإيجاد مقدار القوة المركزية نستخدم العلاقة الآتية:

$$F_c = ma_c \qquad F_c = (0.05)(158.8) \qquad F_c = 7.9\ N$$

د. قوة الشد في الخيط

↩ قوة الشد في الخيط هي نفسها القوة المركزية : $F_T = F_C = 7.9\ N$

تمرين في المثال السابق إذا أصبح طول الخيط المربوط في الكرة $(50\ cm)$ فأحسب مقدار:

أ. سرعتها المماسية

↩ الجواب: $v = 6.3\ m\backslash s$

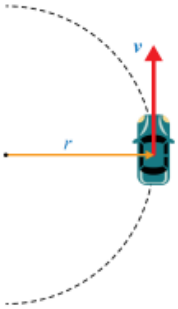
ب. تسارعها المركزي

↩ الجواب: $a_c = 79.4\ m\backslash s^2$

ت. القوة المركزية المؤثرة فيها

↩ الجواب: $F_c = 4\ N$

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



أ. التسارع المركزي للسيارة

↩ **لإيجاد مقدار التسارع المركزي للسيارة نستخدم العلاقة الآتية:**

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

ب. القوة المركزية المؤثرة في السيارة

↩ لإيجاد مقدار القوة المركزي المؤثرة في السيارة نستخدم العلاقة الآتية:

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

ج. أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة دون أن تنزلق

↩ لإيجاد مقدار أكبر سرعة يجب بداية حساب قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة في السيارة

↩ ومن أجل ذلك يجب إيجاد القوة العمودية المؤثرة في السيارة مع ملاحظة أن سطح الطريق الأفقي

↩ لذا نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور y مع أنه لا توجد حركة في اتجاهه

$$\sum F_y = ma_y = 0 \qquad F_N = F_g = mg \qquad F_N = 1.5 \times 10^4\ N$$

$$F_{N-} - F_g = 0 \qquad F_N = (1.5 \times 10^3)(10)$$

↩ ثم نحسب مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة في السيارة، وهي منشأ القوة المركزية

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

↩ سوف تتحرك السيارة في المسار الدائري بأكبر سرعة ممكنة إذا كانت قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة فيها مساوية للقوة المركزية, أي أن:

$$F_C = f_{s,max} \qquad v_{max}^2 = \frac{r \times 1.2 \times 10^4}{m} \qquad v_{max} = 20\ m\backslash s$$

$$\frac{mv_{max}^2}{r} = 1.2 \times 10^4 \qquad v_{max}^2 = \frac{(50)(1.2 \times 10^4)}{1.5 \times 10^3}$$

سؤال في المثال السابق إذا كانت الطريق مبللة بالماء، حيث معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق أصبح (0.5)فأحسب مقدار أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة دون أن تنزلق:

↩ لإيجاد مقدار أكبر سرعة، يجب حساب مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى الجديدة المؤثرة في السيارة وهي تساوي القوة المركزية

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \qquad f_{s,max} = (0.5)(1.5 \times 10^4) \qquad f_{s,max} = 7.5 \times 10^3 = F_C$$

↩ سوف تتحرك السيارة في المسار الدائري بأكبر سرعة ممكنة إذا كانت قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة فيها مساوية للقوة المركزية، أي أن:

$$F_C = f_{s,max} \qquad v_{max}^2 = \frac{r \times 7.5 \times 10^3}{m} \qquad v_{max}^2 = 250$$

$$\frac{m v_{max}^2}{r} = 7.5 \times 10^3 \qquad v_{max}^2 = \frac{(50) \times (7.5 \times 10^3)}{1.5 \times 10^3} \qquad v_{max} = 15.8\ m\backslash s$$

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

↩ نساوي القوة المركزية بأكبر قوة شد يتحملها الخيط قبل أن ينقطع، لحساب مقدار أكبر سرعة مماسية يمكن أن تتحرك بها الكرة

$$F_T = F_C \qquad m\frac{v_{max}^2}{r} = 7.9 \qquad v_{max}^2 = \frac{2 \times 7.9}{0.05} \qquad v_{max}^2 = 158 \qquad v = 12.6\ m\backslash s$$

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

أ. **القوة المركزية المؤثرة في السيارة**

↩ الاجابة: $F_c = 3.22 \times 10^3\ N$

ب. **أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة على هذه الطريق دون أن تنزلق**

↩ الاجابة: $v = 23.2\ m\backslash s$

مراجعةُ الدرسِ

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

↩ القوة المركزية: هي القوة المحصلة المؤثرة في جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة نحو مركز مساره الدائري، رمزها (F_c) تسبب تغيراً في اتجاه سرعته أي تكسبه تسارعاً مركزياً،

↩ هي ليست نوعاً جديداً من القوى، وإنما هي اسم يطلق على القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري

---

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

أ. **أحسب** زمنه الدوري في مداره

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

ب. **أحسب مقدار تسارعه المركزي**

$$a_c = \frac{v^2}{r} \qquad a_c = \frac{(1 \times 10^3)^2}{3.8 \times 10^8} \qquad a_c = 2.64 \times 10^{-3}\ m\backslash s^2$$

ج. **ما منشأ القوة المركزية المؤثرة فيه, واللازمه لدورانه في مداره؟**

↩ قوة التجاذب الكتلي بين الأرض والقمر

د. **أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة فيه**

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

3. أستخدم المتغيرات: سيارة كتلتها $(1.1 \times 10^3 kg)$ تتحرك بسرعة $(12\ m\backslash s)$ في منعطف نصف قطره $(25\ m)$

أ. أحسب مقدار التسارع المركزي للسيارة

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

ب. أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة في السيارة

$$F_c = ma_c \qquad F_c = (1.1 \times 10^3)(5.8) \qquad F_c = 6.38 \times 10^3\ N$$

ج. ما منشأ القوة المركزية المؤثرة في السيارة

↩ قوة الاحتكاك السكوني الجانبية بين إطارات السيارة وسطح الطريق

د. أحسب أكبر سرعة مماسية يمكن أن تتحرك بها السياره في هذه المنعطف إذا كان مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى المؤثرة نحو مركز المنعطف $(8\ kN)$

$$F_c = f_{s,max} \qquad v_{max}^2 = \frac{r \times 8 \times 10^3}{m} \qquad v_{max}^2 = 181.81$$

$$\frac{mv_{max}^2}{r} = 8 \times 10^3 \qquad v_{max}^2 = \frac{(25)(8 \times 10^3)}{1.1 \times 10^3} \qquad v_{max} = 13.5\ m\backslash s$$

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

أ. **السرعة المماسية للقمر**

↩ في البداية نحول وحدة الزمن الدوري من الساعة إلى الثانية

$$v = \frac{2\pi r}{T} \qquad v = \frac{2(3.14)(2.1 \times 10^6 + 6.38 \times 10^6)}{7740} \qquad v = 6.88 \times 10^3 m\backslash s$$

ب. **القوة المركزية المؤثرة في القمر**

$$F_c = ma_c = m\frac{v^2}{r} \qquad F_c = \frac{(5.5 \times 10^2)(6.88 \times 10^3)^2}{2.1 \times 10^6 + 6.38 \times 10^6} \qquad F_c = 3.07 \times 10^3 N$$

---

5. **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 استقراراها وعدم انزلاقها)) أناقش صحة قول فاتن.**

↩ قول 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، وهذه يعني أنه عند سرعة معينة تصبح هذه القوة غير قادرة على توفير القوة اللازمة لضمان استقرار السيارة في المنعطف فتنزلق خارجه

ملاحظة: علاقة القوة المركزية($\frac{mv^2}{r}$)تعطي مقدار القوة اللازم تأثيرها في سيارة السباق لضمان عدم انزلاقها إلى خارج المنعطف، وهذه القوة المركزية توفرها قوة الاحتكاك السكوني الجانبية بين إطارات السيارة وسطح الطريق

مراجعةُ الوحدةِ

1. أضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. قوة ناتجة عن تلامس جسمين، وتكون دائماً عمودية على مستوى التلامس بينهم، إنها:

أ.القوة العمودية ب. قوة الشد ج. الوزن د. قوة التجاذب الكتلي

2. القوة العمودية المؤثرة في صندوق كتلته (20 kg) يستقر على سطح طاولة أفقي هي:

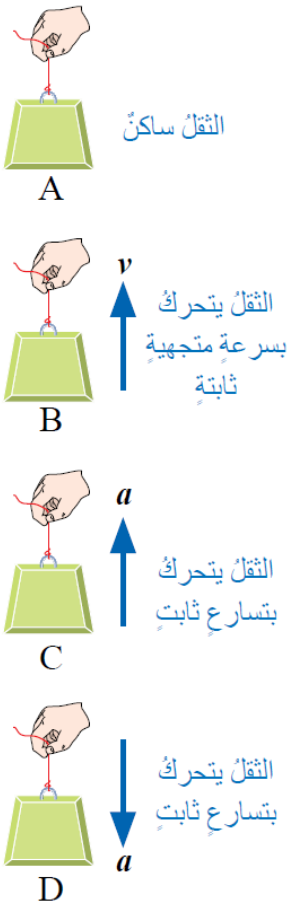
أ. $20\ N$ بشكل موازٍ لسطح الطاولة

ب. $20\ N$ إلى أعلى عمودياً على سطح الطاولة

ج. $200\ N$ بشكل موازٍ لسطح الطاولة

د. $200\ N$ إلى أعلى عمودياً على سطح الطاولة

توضح الأشكال المجاورة ثقلاً مقداره $(10\ kg)$ معلقاً في الهواء في إحدى نهايتي خيط خفيف غير قابل للاستطاله، ويمسك شخص طرفه الآخر، أستعين بهذه الأشكال للإجابة علن الأسئلة 3 – 5



3. شكلان قوتا الشد فيهما متساوية، وتساوي وزن الثقل، هما:

أ. BوA ب. CوB ج. A و C د. DوA

4. في أي الأشكال قوة الشد في الحبل هي الأكبر؟

أ. A ب. B ج. C د. D

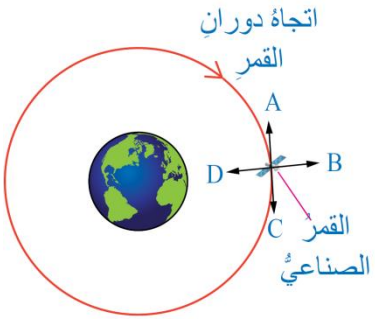
5. في أي الأشكال قوة الشد في الحبل هي الأصغر؟

أ. A ب. B ج. C د. D

6. القوة التي تجذب الأرض بها الجسم تسمى:

أ. قوة الشد ب. قوة الاحتكاك ج. الوزن د. القوة العمودية

يتحرك قمر صناعي حول الأرض حركة دائرية منتظمة في مدار دائري، ويوضح الشكل المجاور القمر الصناعي عند أحد مواقعه في المدار. أستعين بالشكل للإجابة عن الأسئلة 7 – 10



7. القوة المحصلة المؤثرة في القمر الصناعي، هي:

أ. قوة عمودية، في اتجاه A ب. قوة مماسية، في اتجاه B

ج. قوة طرد مركزي، في اتجاه C د. قوة مركزية، في اتجاه D

8. إذا انعدمت القوة المؤثرة في القمر الصناعي، فأنه سوف يتحرك في اتجاه السهم:

أ. A ب. B ج. C د. D

9. منشأ القوة المحصلة المؤثرة في القمر الصناعي هو قوة:

أ. احتكاك ب. قوة عمودية ج. تجاذب كتلي د. شد

10. إذا تضاعفت المسافة بين مركزي الأرض والقمر مرتين، فأن قوة التجاذب الكتلي بينهما:

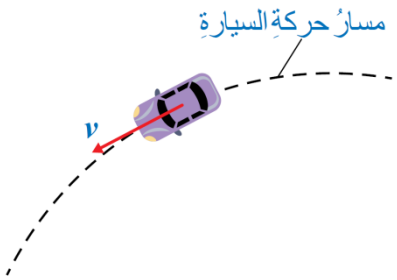
أ. تصبح ربع قيمتها الابتدائية ب. تتضاعف أربع مرات

ث. تصبح نصف قيمتها الابتدائية د. تتضاعف مريتن

11. مسبار (مجس) فضائي ($space\ probe$) على بُعد معين من الأرض. إذا كان وزن جسم موجود في المسبار ($3.5\ kg$) وتسارع السقوط الحر في موقع المسبار ($7\ m\backslash s^2$) فأن كتلة هذا الجسم ووزنه على سطح الأرض على الترتيب:

أ. $3.5\ N, 0.5\ kg$ ب. $5\ N, 0.5\ kg$ ج. $3.5\ N, 2\ kg$ د. $20\ N, 2\ kg$

12. يوضح الشكل المجاور منضراً علوياً لسيارة تتحرك في مسار دائري أفقي بسرعة ثابتة مقداراً، بناءً على ما سبق، فأي الجمل الآتية صحيحة؟



أ. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة تساوي صفراً، لأنها تتحرك بسرعة ثابتة

ب. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة لا تساوي صفراً، وتؤثر فيها نحو خارج المسار

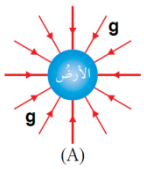
ج. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة لا تساوي صفراً، وتؤثر فيها نحو مركز المسار

د. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة لا تساوي صفراً، وتؤثر فيها في اتجاه حركتها

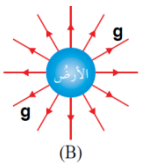
مراجعةُ الوحدةِ

13. أي الأشكال الموضحة في الشكل المجاور يمثل اتجاه تسارع الجاذبية الأرضة:

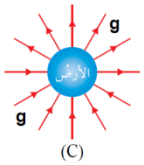
أ. A



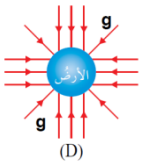
ب. B



ج. C



د. D



14. تستقر سيارة كتلتها $(1.5 \times 10^3 kg)$ على طريق أفقي خشن. عند محاولة سائقها تشغيلها لم يعمل المحرك، وساعده شخص ودفع السيارة بقوة أفقية مقدارها $(400\ N)$ ولم يستطع تحريكها. أي القوة الآتيةتساوي مقداراً قوة دفع هذه الشخص:

أ. قوة الاحتكاك السكوني التي يؤثر بها سطح الطريق في قدمي الشخص

ب. القوة الجاذبية المؤثرة في السيارة

ج. القوة العمودية المؤثرة في السيارة

د. قوة الاحتكاك الحركي التي يؤثر بها سطح الطريق في قدمي الشخص

---

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

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

---

3. **أحدد منشأ القوة التي تسبب الحركة الدائرية للأجسام الآتية:**

أ. **حركة الأرض في مدار حول الشمس**

↩ قوة التجاذب الكتلي بين كتلة الأرض وكتلة الشمس

ب. **حركة الملابس في حوض التجفيف الأسطواني في غسالة (أي مجففة الملابس)**

↩ القوة العمودية التي يؤثر بها الجدار الداخلي لحوض التجفيف نحو محور الحوض الاسطواني

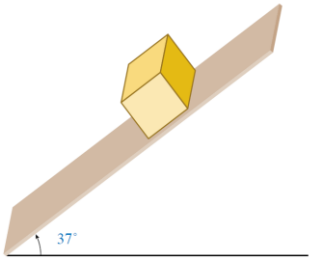
ج. **حركة كرة مربوطة في نهاية خيط في مسار دائري أفقي**

↩ قوة الشد في الخيط

د. **حركة الإلكترون حول النواة**

↩ قوة جذب كهروسكونية بين الإلكترون السالب الشحنة، والنواة الموجبة الشحنة

4. **أحسب: صندوق كتلته ($2\ kg$) ينزلق على مستوى مائل أملس، يميل على الأفقي بزاوية ($37°$) كما هو موضح بالشكل المجاور إذا علمت أن $\sin 37° = 0.6\ ,\ \cos 37° = 0.7$ فأحسب:**



↩ نرسم مخطط الجسم الحر للصندوق، مع اختيار المحور x في اتجاه يوازي المستوى المائل، والمحور y عمودي عليه، كما في الشكل، ثم نحلل وزنه إلى مركّبتين متعامدتين:

$$F_{gx} = F_g \sin\theta = \quad mg \sin 37° = 2 \times 10 \times 0.6 = 12\ N$$

$$F_{gy} = F_g \cos\theta = \quad mg \cos 37° = 2 \times 10 \times 0.8 = 16\ N$$

أ. **القوة العمودية المؤثرة في الصندوق**

↩ نطبق القانون الثاني لنيوتن على الصندوق في اتجاه المحور y, مع مراعاة أنه لا توجد حركة عليه.

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

ب. **تسارع الصندوق**

↩ لحساب تسارع الصندوق نطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور x

$$\sum F_x = ma \qquad F_{gx} = ma \qquad a = \frac{F_{gx}}{m} \qquad a = \frac{12}{2} \qquad a = 6\ m\backslash s^2$$

---

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

أ. قوة التجاذب الكتلي بين القمر الصناعي والأرض

$$F_g = \frac{G\, m_1 m_2}{r^2} = \frac{G\, m_1 m_2}{(r_E + R)^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.98 \times 10^{24})(1.6 \times 10^3)}{(6.38 \times 10^6 + 2.02 \times 10^7)^2} = 9.03 \times 10^2 N$$

ب. **تسارع الجاذبية الأرضية في موقع القمر الصناعي**

$$F_c = F_g \rightarrow \qquad m_{moon} a_c = 9.3 \times 10^2 N \rightarrow \qquad a_c = \frac{9.3 \times 10^2 N}{m_{moon}} \rightarrow \qquad a_c = \frac{9.3 \times 10^2 N}{1.4 \times 0^3} = 0.56\ m\backslash s^2$$

6. **تفكير ناقد: تُزود سيارات السباق بإطارات مسطحة ($slick$) للسباق على طريق جافة، بينما تُزود بإطارات بها أخاديد للسباق على طرق مبتلة، أنضر الشكل المجاور.**

أ. **أفسر سبب استخدام كل نوع**

↩ معامل الاحتكاك السكوني بين إطار السيارة وسطح الطريق الجاف أكبر من معامل الاحتكاك السكوني بين الإطار وسطح الطريق المبلل، بسبب وجود طبقة فاصلة من الماء بينهما، لذا تستخدم الإطارات المسطحة للسابق على الطرق الجافة، حيث يكون هنالك تلامس مباشر بين سطحي الإطار والطريق، أما الإطارات ذات الأخاديد فتستخدم للسباق على طرق مبللة، حيث تنساب المياه خلال الأخاديد، مما يؤدي إلى عدم فقدان التلامس بين الإطار وسطح الطريق، مما يحمي السيارة من الانزلاق خاصة عند المنعطفات

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

↩ في حالة وجود ماء على الطريق تتشكل طبقة فاصلة من الماء بين الإطار وسطح الطريق، مما يقلل التلامس بينهما، وتطفو السيارة على هذه الطبقة، حيث تتحرك إطارات السيارة على طبقة من الماء، فتنزلق ويصعب السيطرة على السيارة, ويساعد وجود الأخاديد على انسياب المياه من أسفل الإطار وتصريفها، بحيث يبقى ملامساً لسطح الطريق

---

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

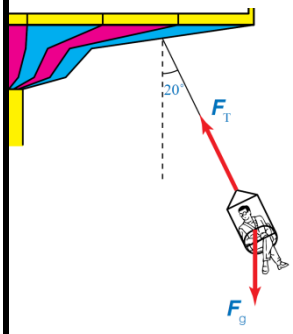
أ. **تسارع السقوط الحر على سطح المشتري**

$$g_{Jupiter} = \frac{G\, m_{Jupiter}}{r_{Jupiter}^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(1.9 \times 10^{27})}{(7.15 \times 10^{7})^2} = 24.8\ m\backslash s^2$$

ب. **وزن هدى على سطح المشتري، إذا علمت أن كتلتها (60 kg)**

$$F_{g,H} = m_H g \qquad F_{g,H} = (60)(24.8) = 1.488 \times 10^{3} N$$

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



أ. قوة الشد في السلسلة

$$F_{Ty} = F_g$$

$$F_T \cos\theta = mg$$

$$F_T = \frac{(95)(10)}{\cos 20°} = 1.01 \times 10^3 N$$

ب. السرعة المماسية للراكب في الكرسي

$$F_c = F_{Tx} \rightarrow \quad \frac{mv^2}{r} = 1.01 \times 10^4 \sin 20° = 345.44\ N$$

$$v^2 = \frac{(345.44)(4.5)}{95} = 16.36 \qquad v^2 = \frac{(345.44)(4.5)}{95} = 16.36 \qquad v \approx 4\ m\backslash s$$

---

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

أ. أحسب مقدار السرعة المماسية للقمر الصناعي في مداره

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(6.63 \times 10^6)}{5400} = 7.71 \times 10^3 m\backslash s$$

$$r = r_E + R = 6.38 \times 10^6 + 2.50 \times 10^5$$

$$r = 6.63 \times 10^6 m$$

$$T = 90 \times 60 = 5400\ s$$

ب. أحسب مقدار التسارع المركزي للقمر الصناعي

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(7.71 \times 10^3)^2}{(6.63 \times 10^6)} = 9\ m\backslash s^2$$

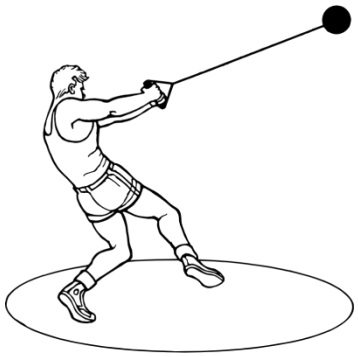
ج. أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة فيه

$$F_c = ma_c = (135)(9) = 1.22 \times 10^3 N$$

د. أصف منشأ القوة المركزية المؤثرة في القمر الصناعي

↩ منشأ القوة المركزية المؤثرة في القمر الصناعي هو قوة التجاذب الكتلي بين كتلة القمر وكتلة الأرض

10. أحلل: في إحدى الالعاب الرياضية يدور لاعب مطرقة كتلتها ($7.26\ kg$) متصلة باحدى نهايتي سلسلة طولها ($1.21\ m$) في مسار دائري أفقي، كما هو موضح في الشكل المجاور، واللاعب الفائز هو الذي يرميها إلى أبعد مسافة ممكنة، فإذا دار لاعب حول نفسه وهو ممسك بالطرف الحر للسلسلة على بُعد ($0.64\ m$) من محور دورانه وأكمل دورة كاملة خلال ($0.55\ s$) وبأفتراض أن اللاعب حرك السلسلة والمطرقة في مسار دائري أفقي في أثناء دورانه. فأحسب مقدار:



أ. السرعة المماسية للمطرقة

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(6.63 \times 10^6)}{5400} = 7.71 \times 10^3 m\backslash s$$

ب. القوة المركزية المؤثرة في المطرقة قبيل إفلاتها

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{(7.26)(21.1)^2}{(1.85)} = 1.75\ N$$

---

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

أ. التسارع المركزي للسيارة

$$a_c = \frac{F_c}{m} = \frac{(2.5 \times 10^3)}{(9 \times 10^2)} = 2.78\ m\backslash s^2$$

ب. السرعة المماسية للسيارة

$$v^2 = a_c r = (2.78)(70) = 194.6\ m\backslash s \quad \rightarrow \quad v = 13.95\ m\backslash s$$

ت. أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة على هذه الطريق دون أن تنزلق

$$F_c = f_{s,max} \qquad v_{max}^2 = \mu_s r g$$

$$v_{max} = 22.14\ m\backslash s$$

$$m\frac{v_{max}^2}{r} = \mu_s F_N = \mu_s mg \qquad v_{max}^2 = (0.70)(70)(10)$$

12. أحسب: يبين الشكل المجاور لعبة الحصان الدوار (دوار الخيل) ($carousel$) في إحدى مدن الالعاب، حيث تتحرك حركة دائرية منتظمة حول محور دوران، فإذا ركب طفل كتلته ($30\ kg$) أحد الأحصنة الموجودة على اللعبة وكان بُعده عن محور الدوران ($3\ m$) والحصان يُتم دورة كاملة كل ($20\ s$) فأحسب مقدار:

أ. السرعة المماسية للطفل

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(6.63 \times 10^6)}{5400} = 7.71 \times 10^3 m\backslash s$$

ب. القوة المركزية المؤثرة في الطفل

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{(7.26)(21.1)^2}{(1.85)} = 1.75\ N$$

ج. السرعة المماسية للطفل عندما يجلس على حصان آخر يبعد عن محور الدوران ($4\ m$)

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(6.63 \times 10^6)}{5400} = 7.71 \times 10^3 m\backslash s$$

---

13. حلّقت في أحد العروض الجوية إحدى طائرات سلاح الجو الملكي الأردني كتلتها ($1.2 \times 10^4 kg$) في مسار دائري أفقي نصف قطره ($1\ km$) بحيث أتمّت الطائرة دورتين خلال ($1\ min$) أجيب عمّا يأتي:

أ. أحسب مقدار سرعتها المماسية

↩ بداية نحسب الزمن الدوري، حيث عدد الدورات ($n = 2$) والزمن الكلي ($t = 1\ min = 60\ s$)

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60}{2} = 30\ s$$

↩ ثم نحسب السرعة المماسية، مع تحويل وحدة قياس نصف القطر إلى (m)

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2(3.14)(1000)}{30} = 209.4\ m\backslash s$$

ب. أحسب مقدار تسارعها المركزي

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(209.4)^2}{1000} = 43.9\ m\backslash s^2$$

ج. أحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة في الطيار إذا علمت أن كتلته ($70\ kg$)

$$F_c = ma_c = (70)(43.9) = 3.073 \times 10^3 \mathrm{N}$$

د. أقارن مقدار التسارع المركزي المؤثر في الطيار بتسارع السقوط الحر على سطح الأرض، ماذا أستنتج؟

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

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

ملاحظات الوحدة