

الأول

في الفيزياء

تطبيقات

على قوانين

نيوتن



الصف

10

العاشر

أ. مهند القرم



0785 800 802



الوزن وقانون الجذب العام

الكتلة والوزن Mass and Weight

الوزن Weight

قوة جذب الأرض للجسم

كمية متجهة

رمزها (F_g)

الكتلة Mass

مقدار المادة الموجودة في جسم

كمية قياسية

رمزها (m)



يقاس بوحدة newton

يتغير وزن الجسم

من مكان إلى آخر في الفضاء

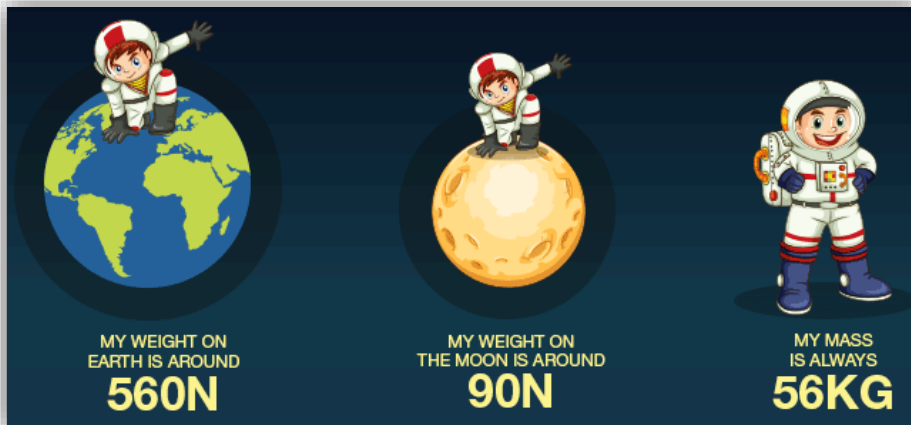
ومن جرم إلى آخر

تقاس بوحدة (kg)

كتلة الجسم ثابتة

سواء أكان الجسم ساكناً أم متحركاً

على سطح الأرض، أو على أي كوكب آخر



الوزن Weight

يعتمد وزن أي جسم على كتلته وعلى بُعده عن مركز الأرض



الكتلة Mass

تعد الكتلة مقياساً للقصور الذاتي للجسم



الوزن Weight

يقاس بوحدة newton

الكتلة Mass

تقاس بوحدة (kg)

$$F_g = mg$$

تسارع السقوط الحر

مقداره بالقرب من سطح الأرض

يساوي 9.80 m/s^2 تقريباً

يُقَرَّب إلى 10 m/s^2



ولسهولة التحويل بين الكتلة والوزن، تدرّج بعض الموازين بحيث تقيس الكتلة والوزن.

✓ **أتحقق:** ما الفرق بين الكتلة والوزن؟

ميزان نابضي مدرّج لقياس الكتلة والوزن معاً.

المثال ١

- حبة تفاح كتلتها (150 g)، أحسب وزنها على سطح:
- أ. الأرض، حيث تسارع السقوط الحرّ على سطحها $g = 10 \text{ m/s}^2$ تقريباً.
- ب. القمر، حيث تسارع السقوط الحرّ على سطحه $g_M = 1.6 \text{ m/s}^2$ تقريباً.

تمرية

في المثال السابق، أحسب وزن التفاحة على سطح كل من:

أ. المريخ، حيث: $g_{\text{Mars}} = 3.7 \text{ m/s}^2$.

ب. المشتري، حيث: $g_{\text{Jupiter}} = 24.8 \text{ m/s}^2$.

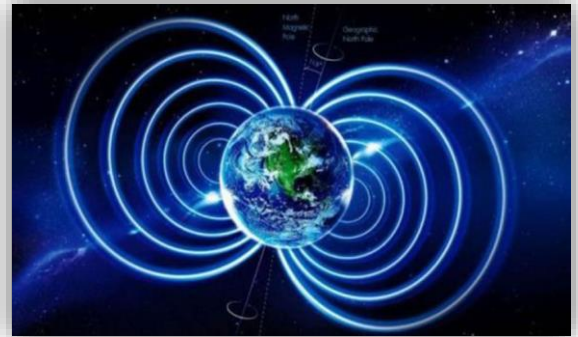
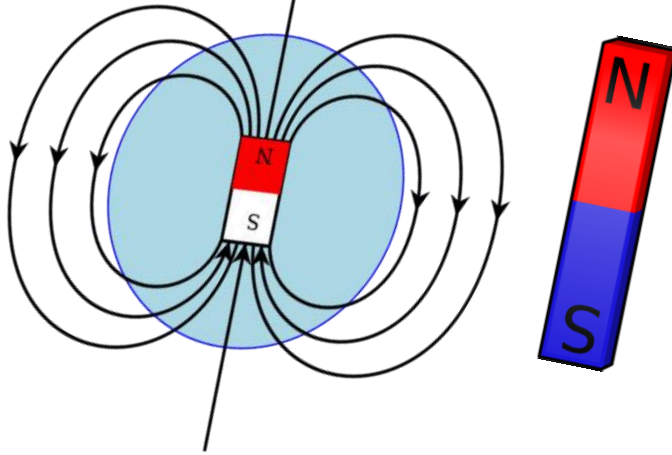
أفكر: هل توجد فروقات أخرى بين الكتلة والوزن؟ ناقش أفراد مجموعتي، وأستخدم مصادر المعرفة المتاحة للتوصل إلى فروقات أخرى بينهما.

قانون الجذب العام لنيوتن

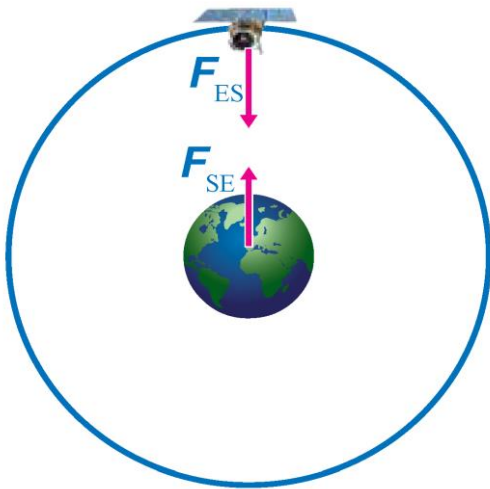
تعدُّ قوة الجاذبية الأرضية قوةً مجالٍ تؤثرُ في الأجسام عن بُعدٍ

مجال الجاذبية الأرضية

المنطقة المحيطة بالأرض، التي تظهر فيها آثارُ قوة جذب الأرض للأجسام، وتكون في اتجاه مركز الأرض دائماً.



وبحسب القانون الثالث لنيوتن فإن الأجسام الأخرى تجذب الأرض أيضاً في اتجاه مراكزها بقوة مساوية لقوى جذب الأرض لها، ولكن في اتجاه معاكسٍ



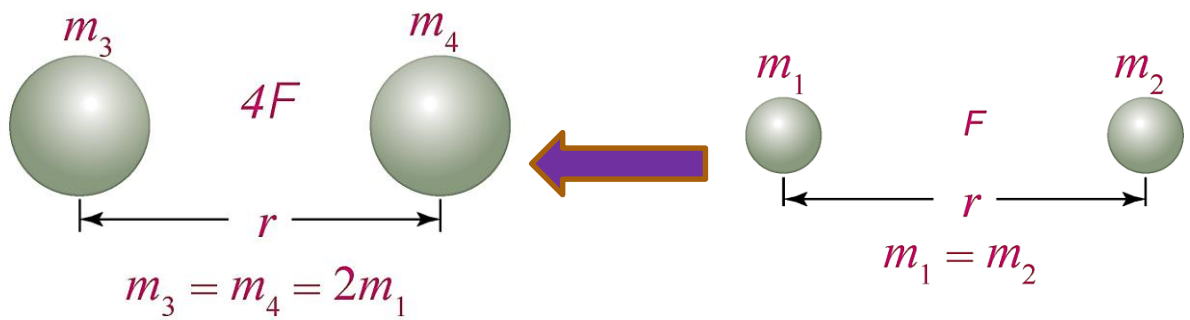
الشكل (2): تجذب الأرض (E) القمر الصناعي (S) بقوة (F_{ES}) في اتجاه مركزها، ويجذب القمر الصناعي الأرض في اتجاه مركزه بقوة مساوية لقوة جذب الأرض له في المقدار، ومعاكسة لها في الاتجاه (F_{SE}) .

توصّل نيوتن إلى أنّ قوة التجاذب بين أيّ جسمين تتناسب:

أ. طردياً مع حاصل ضرب كتلتي الجسمين عند ثبات المسافة بين مركزيهما:

$$F \propto m_1 m_2$$

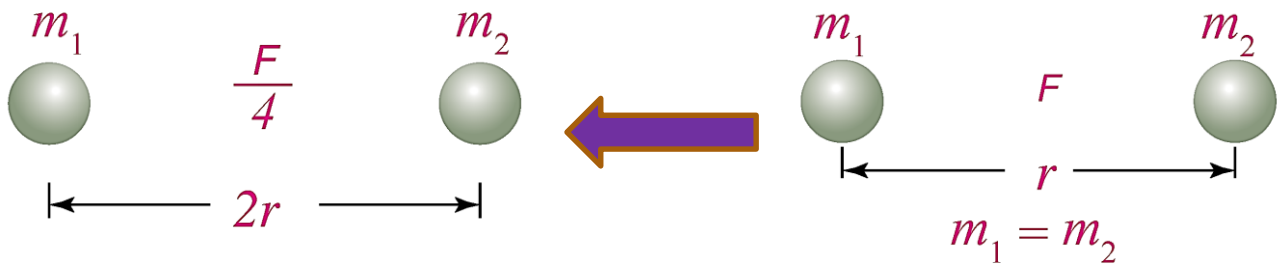
فمثلاً، عند مضاعفة كتلتي جسمين مرتين تتضاعف قوة التجاذب بينهما بمقدار أربعة أضعاف قيمتها الابتدائية



ب. عكسياً مع مربع المسافة بين مركزي الجسمين عند ثبات كتلتيهما، أي أنّ:

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

فمثلاً، عند مضاعفة المسافة بين مركزي جسمين مرتين، تصبح قوة التجاذب بينهما ربع قيمتها الابتدائية



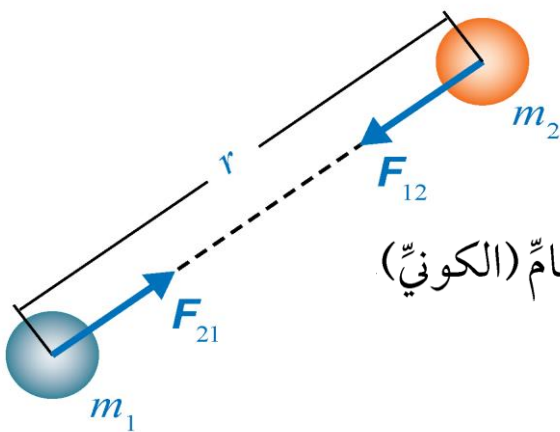
وتوصَّل نيوتن إلى أنَّ قوةَ التجاذبِ هذه توجدُ بينَ جميعِ الأجسامِ في الكونِ وقد صاغَ نيوتن ما سبقَ في قانونٍ سُمِّيَ قانونَ الجذبِ العامِّ (الكونيِّ) لنيوتن وينصُّ على أنَّ:

«كلَّ جسمينِ في الكونِ يتجاذبانِ بقوةٍ يتناسبُ مقدارُها طرديًّا معَ حاصلِ ضربِ كتلتيهما، وعكسيًّا معَ مربعِ المسافةِ بينَ مركزيهما».

ويُعبرُ عنَ قانونِ الجذبِ العامِّ رياضياً كما يأتي:

$$F = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$$

الشكل (5): تؤثرُ قوةُ التجاذبِ الكتليِّ في اتجاهِ الخطِّ الواصلِ بينَ مركزيَّ الجسمينِ المتجاذبينِ.



m_1 و m_2 كتلتا الجسمين المتجاذبين
المسافة بين مركزيهما

أما G فهو ثابتُ التناسبِ، ويُسمَّى ثابتَ الجذبِ العامِّ (الكونيِّ)

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$$

قوةَ التجاذبِ الكتليِّ من أضعفِ أنواعِ القوى الأساسية

سؤال: ماذا يحدثُ لمقدارِ كلِّ من القوتين F_{21} و F_{12} عند مضاعفةِ مقدارِ m_2 فقط؟

سؤال: ما أهمية قوة التجاذب الكتلي؟

من دونها نفقد التلامس مع سطح الأرض، ونطفو في الفضاء
قوة التجاذب الكتلي مسؤولة أيضاً عن حركة القمر حول الأرض
وعن حركة كواكب مجموعتنا الشمسية وأجرامها حول الشمس
ومن خلالها نستطيع تفسير قوة التجاذب بين أي جسمين في الكون،
وتفسير حركة الأقمار حول الكواكب، كما يمكن بواسطتها تفسير ظاهرتي
المد والجزر.

✓ **أتحقق:** علام ينص قانون الجذب العام لنيوتن؟

المثال 2

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

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

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

لتمرين

أستنتج: في المثال السابق أجد النسبة بين قوة جذب الأرض لكل من مريم وعائشة، وقوة جذبهما لبعضهما. ماذا أستنتج؟

تسارع الجاذبية الأرضية

حساب مقدار تسارع الجاذبية الأرضية

عندما يسقط جسم كتلته (m) سقوطاً حراً بالقرب من سطح الأرض فإن تسارعه يساوي تسارع السقوط الحر (g)، ويتأثر بقوة محصلة في أثناء سقوطه تساوي وزنه (F_g)، نحسب من القانون الثاني لنيوتن كما يأتي:

$$\sum F = ma$$

يكون اتجاه تسارع السقوط الحر في اتجاه مركز الأرض دائماً.

ويكون وزن الجسم على سطح الأرض (أو بالقرب منه) مساوياً لقوة التجاذب الكتلي بين كتلة الجسم وكتلة الأرض؛ لذا:

$$F = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$$

$$m_E (5.98 \times 10^{24} \text{ kg})$$

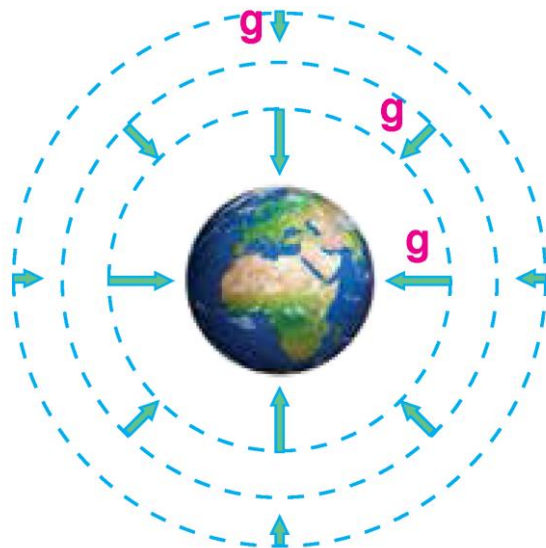
$$r_E (6.38 \times 10^6 \text{ m})$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11}$$

سؤال: ماذا يحدث لكل من تسارع السقوط الحر ووزن الجسم كلما ابتعد عن الأرض؟

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

الشكل (6): تمثّل الأسهم تسارع السقوط الحر مقداراً واتجاهاً؛ حيث يقل مقدارُه بالابتعاد عن سطح الأرض، ويكون مقدارُه متساوياً عند جميع النقاط التي لها البعد نفسه عن مركز الأرض.



ويُحسبُ تسارعُ السقوطِ الحرِّ للأرضِ عندَ أيِّ موقعٍ في الكونِ يبعدُ عن مركزها مسافةً r بالمعادلةِ الآتية:

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

ويمكنُ استخدامُ هذهِ المعادلةِ لحسابِ تسارعِ السقوطِ الحرِّ على سطحِ أيِّ كوكبٍ؛ إذا عُلِمَ نصفُ قطره وكتلته.

✓ **أنحقّق:** علامَ يعتمدُ تسارعُ السقوطِ الحرِّ على سطحِ أيِّ كوكبٍ؟

2- نصف قطره

1- كتلة الكوكب



انعدام الوزن: حالة يكون فيها الوزن الظاهري للجسم صفراً.

أمثلة:

- 1- انقطاع حبال المصعد وسقوطه أثناء وجود الإنسان داخله.
- 2- سقوط ميزان نابضي وهو يحمل ثقلاً، ستلاحظ رجوع مؤشره إلى الصفر.
- 3- عندما يقفز رجل يحمل حجراً من طائرة، يشعر أثناء سقوطه بأن الحجر عديم الوزن.

تدور المركبة الفضائية حول الأرض بفعل الجاذبية الأرضية، حيث يكون تسارع راند الفضاء مساوياً لتسارع المركبة فيشعر بانعدام وزنه.

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

المثال 3

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

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

لتمرين

كتلة جمان 70 kg ، إذا علمت أن $g = 10 \text{ m/s}^2$ و $g_{\text{Moon}} = 1.6 \text{ m/s}^2$ تقريباً، فأحسب مقدار:

- وزنها على سطح الأرض.
- كتلتها على سطح القمر.
- وزنها على سطح القمر.

الربط مع الفلك

تدور الأقمار الصناعية على ارتفاعات مختلفة فوق سطح الأرض؛ حيث تتناسب هذه الارتفاعات مع وظيفة كلٍّ منها. ولكي يوضع هذا القمر في مداره المناسب حول الأرض يجب معرفة مقدار تسارع الجاذبية الأرضية عند هذا الارتفاع، وتحديد السرعة المماسية المناسبة له في هذا المدار.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالوزن؟ وعلام تعتمد قوة التجاذب الكتلي بين أي جسمين؟ وعلام يعتمد تسارع الجاذبية الأرضية؟

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 ب. كتلة الجسم الأول ج. كتلتي الجسمين معًا.

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

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



$$m_E (5.98 \times 10^{24} \text{ kg})$$

$$r_E (6.38 \times 10^6 \text{ m})$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11}$$

5. **أصدر حكماً:** في أثناء دراستي وزميلي هند لهذا الدرس، قالت: "إن مفهومَي الكتلة والوزن مترادفان، وهما يُعبّران عن الكمية الفيزيائية نفسها". أناقش صحة قول هند.

الوزن Weight

قوة جذب الأرض للجسم

كمية متجهة

يقاس بوحدة newton

يتغير وزن الجسم

من مكان إلى آخر في الفضاء

ومن جرم إلى آخر

الكتلة Mass

مقدار المادة الموجودة في جسم

كمية قياسية

تقاس بوحدة (kg)

كتلة الجسم ثابتة

سواء أكان الجسم ساكناً أم متحركاً

على سطح الأرض، أو على أي كوكب آخر

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؟ أضح إجابتي.

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

لا ، لأن تسارع الجاذبية لا يعتمد فقط على كتلة الكوكب، إنما يعتمد أيضاً على نصف قطره، ونصف قطر القمر لا يساوي نصف قطر الأرض

عسرك في وطنك
أطيب من يسرك
في غربتك

تطبيقات على القوى

قوة الشد Tension Force

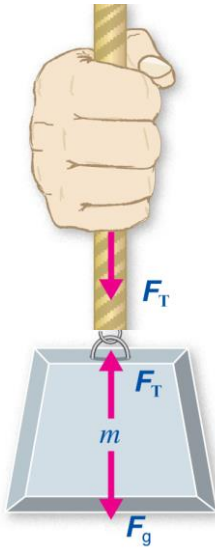
هي قوة سحب تؤثر في جسم عن طريق سلك أو خيط أو حبل

رمزها F_T

تؤثر في اتجاه طول الخيط أو الحبل أو السلك

للتبسيط عند التعامل مع المسائل

سنهمل كتلتها ونعدها غير قابلة للاستطالة.



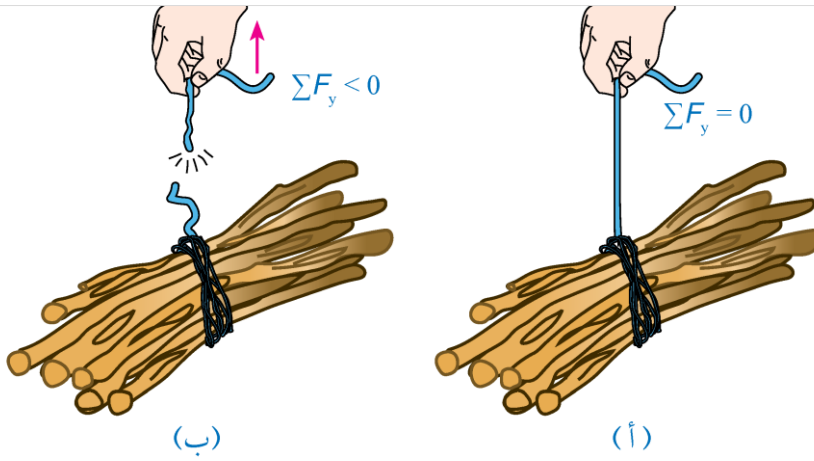
الشكل (7): تنتقل قوة الشد من يد الشخص إلى الثقل عن طريق الحبل، وتكون قوى الشد متساوية في جميع أجزاء الحبل عند إهمال كتلته.

متساوية في جميع أجزاء الحبل أو الخيط أو السلك (عند إهمال كتلته).

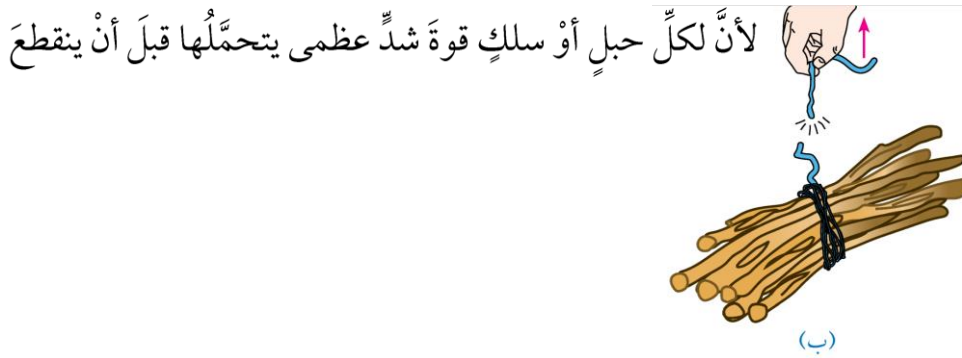
تكون قوتا الشد المؤثرتان في طرفي حبل أو سلك متساويتين في المقدار، ومتعاكستين في الاتجاه.

مساوية لوزن الثقل المعلق به في حال كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه صفراً؛ أي في حالة الاتزان السكوني أو الاتزان الديناميكي.





الشكل (8): (أ) قوة الشد في الخيط مساوية لوزن حزمة الحطب عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفراً. (ب) وعند رفع الخيط إلى أعلى بشكل مفاجئ وبسرعة كبيرة قد ينقطع الخيط.



أفكر: في الشكل (8/ب)، عند رفع حزمة الحطب بشكل مفاجئ وبسرعة كبيرة قد ينقطع الخيط. أفسر ذلك. سؤال: كيف يمكن رفع حزمة الحطب دون أن ينقطع الخيط؟

✓ **أتحقق:** ما المقصود بقوة الشد؟ وما العلاقة بين قوتي الشد عند طرفي الحبل؟



الشكل (9): تُستخدم الحبال والأسلاك لنقل القوى عبر مسارات منحنية في أنظمة الكوابح في الدراجات الهوائية.



الفيزياء والحياة

تُستخدم الحبال والأسلاك لنقل القوة عبر مسارات منحنية، مثل: أنظمة المكابح في الدراجات الهوائية. أنظر الشكل (9). وفي هذه الحالات يتم تغيير اتجاه القوة فقط، أما مقدارها فينقل عن طريق الحبل أو السلك دون تغيير، عند انعدام قوى الاحتكاك وإهمال كتلة الحبل أو السلك في هذه الأنظمة.

المثال 4

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



أ. قوة الشد المؤثرة في الحبل.

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

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

تمرين

يستخدم عبد الله دلو ماءً مربوطاً بحبلٍ لرفع الماء من بئرٍ. إذا كانت كتلة الدلو وهو مملوء بالماء (15 kg)، ومقدار أكبر قوة شدٍ يتحملها الحبل قبل أن ينقطع (180 N)، والحبل مهمل الكتلة، وغير قابلٍ للاستطالة، فأحسب مقدار:

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

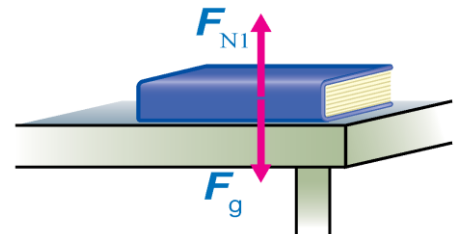
ب. أكبر تسارع يمكن أن يُسحب به الدلو قبل أن ينقطع الحبل.

القوة العمودية Normal Force

قوة التلامس التي يؤثر بها جسم في جسم آخر ملاس له

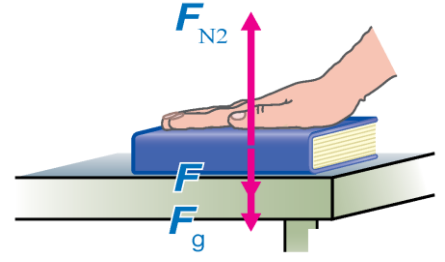
رمزها F_N

تكون دائماً عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين



القوة العمودية المؤثرة
في الكتاب تساوي وزنه.

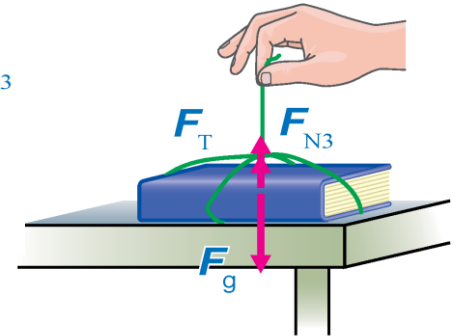
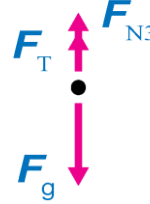
الكتاب في حالة اتزانٍ سكونيٍّ



القوة العمودية أكبر من وزن الكتاب

الكتاب في حالة اتزان سكوني

سؤال: أجد علاقة لحساب القوة العمودية المؤثرة في الكتاب في الشكل (ج).



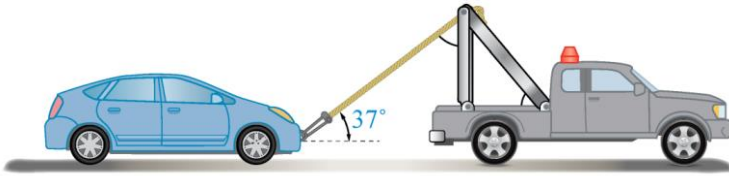
القوة العمودية أقل من وزن الكتاب

الكتاب في حالة اتزان سكوني

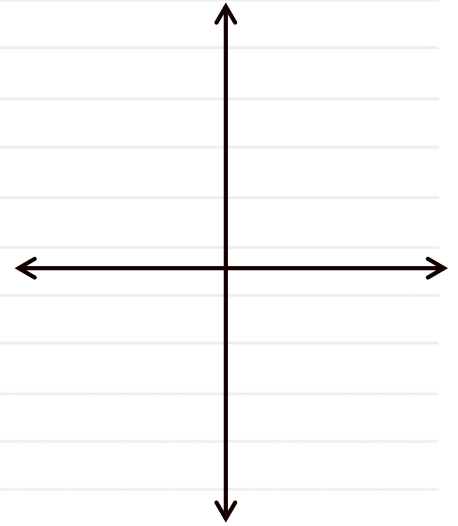
✓ **أتحقق:** هل القوة العمودية المؤثرة في جسم تساوي دائماً وزنه؟
أفسر إجابتي.

المثال 5

تسحب رافعة سيارة كتلتها (900 kg) من السكون على طريق أفقيّ أملس بقوة شدّ مقدارها (2000 N) بحبل يميل على الأفقيّ بزاوية (37°)، كما هو موضّح في الشكل (12). إذا علمت أن الحبل مهمل الكتلة، وغير قابل للاستطالة، و $\sin 37^\circ = 0.6$ ، $\cos 37^\circ = 0.8$ ، $g = 10 \text{ m/s}^2$ ، فأحسب مقدار:



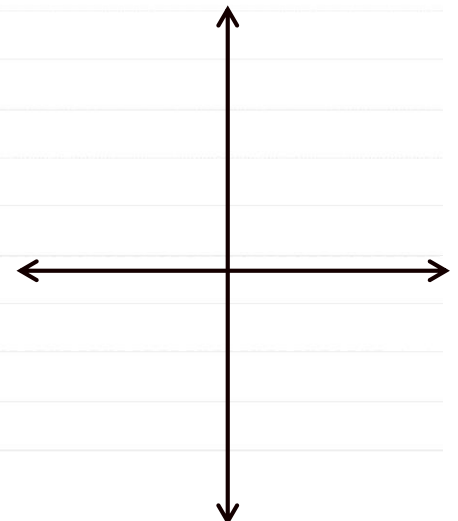
- المركبتين الأفقية والعمودية لقوة الشدّ في الحبل.
- القوة العمودية المؤثرة في السيارة.
- تسارع السيارة.



لتدريّة

أعيد حلّ المثال السابق إذا أصبحت زاوية ميلان الحبل بالنسبة للأفقيّ (53°)، إذا علمت أن:

$$g = 10 \text{ m/s}^2, \sin 53^\circ = 0.8, \cos 53^\circ = 0.6.$$

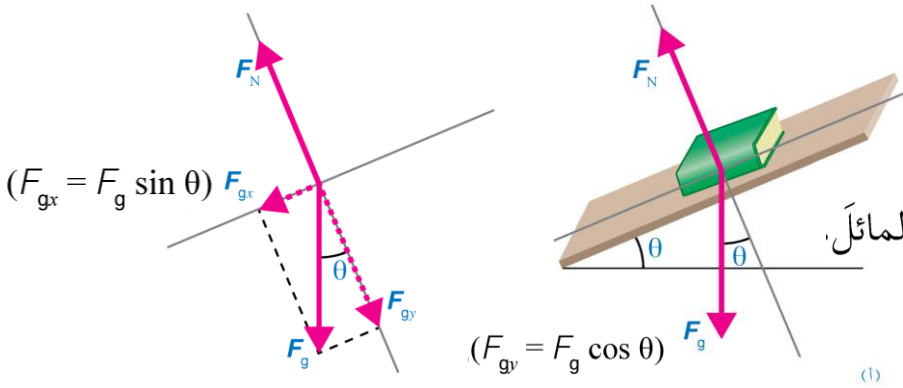


المستوى المائل Inclined Plane

اختيار محاور الإسناد

المحور (x) في اتجاه يوازي المستوى المائل.

يكون المحور (y) عمودياً عليه



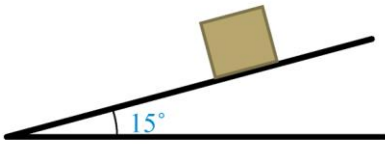
هنا تكون القوة العمودية أقل من وزن الجسم

المثال 6

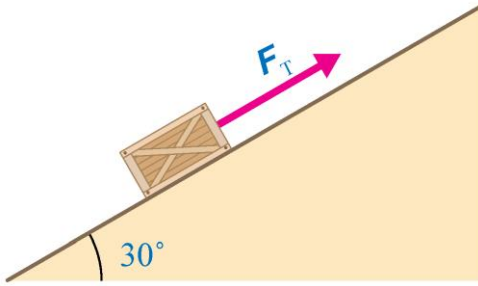
ينزل صندوق كتلته (4 kg) إلى أسفل مستوى مائل أملس يميل على الأفقي بزاوية (15°)، كما هو موضح في الشكل (14). إذا علمت أن: $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sin 15^\circ = 0.26$, $\cos 15^\circ = 0.97$ فأحسب مقدار:

أ. القوة العمودية المؤثرة في الصندوق.

ب. تسارع الصندوق.



تمرين



يوضح الشكل (15) صندوقاً كتلته (20 kg)، يُسحبُ بحبلٍ غير قابلٍ للاستطالة إلى أعلى مستوى مائلٍ أملسٍ بسرعةٍ ثابتةٍ. إذا كان الحبل موازياً لسطح المستوى، وزاوية ميلان المستوى على الأفقي (30°)، و $\sin 30^\circ = 0.5$ ، $\cos 30^\circ = 0.87$ ، $g = 10 \text{ m/s}^2$ ، فأحسب مقدار:

أ. القوة العمودية المؤثرة في الصندوق.

ب. قوة الشد المؤثرة في الصندوق.

قوة الاحتكاك Friction Force

بحسب القانون الأول لنيوتن

وبحسب القانون الثاني لنيوتن

تنشأ هذه القوى التي تُعيق حركة الأجسام نتيجة

حركة مادة صلبة بالنسبة إلى مادة صلبة انزلاق إطارات سيارة على سطح الطريق

حركة مواد صلبة وموائع (سوائل وغازات) نسبة إلى بعضها حركة غواصة داخل مياه البحر

تحليق طائرة في الهواء

انزلاق لوح تزلج على سطح الماء

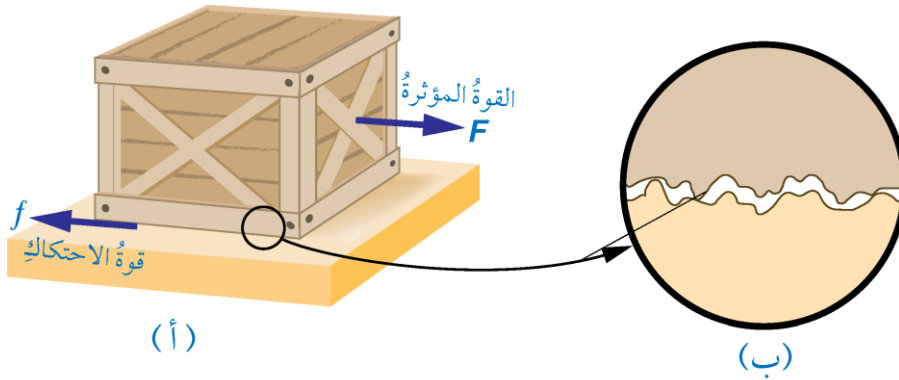
بين طبقات الموائع المتحركة

سوف ندرس هنا حركة الأجسام الصلبة نسبة إلى بعضها

هي قوة تلامس تعيق حركة الأجسام الصلبة المتلامسة بعضها فوق بعض

تؤثر بشكلٍ موازٍ لسطحي التلامس بين الجسمين

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



ولتحريك 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.

يعتمد مقدارها على عاملين

أ. طبيعة السطحين المتلامسين (نوعا مادتيهما)

يمكن تفسير سبب استخدام العاملين في المصانع والأماكن التي تكون أرضياتها مغطاة بالزيوت والسوائل، أحذية نعالها مصنوعة من المطاط؛ فانزلاق الأحذية ذات النعل المطاطي يكون أقل منه للأحذية ذات النعل الجلدي.

ب. مقدار القوة العمودية المؤثرة في الجسم

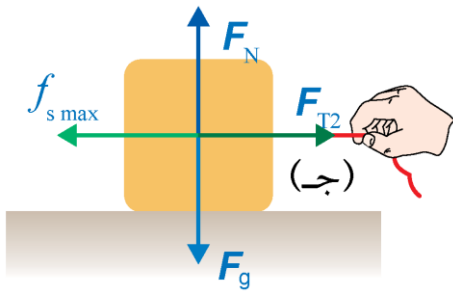
يزداد مقدار قوة الاحتكاك بزيادة مقدار القوة العمودية

Friction Force قوة الاحتكاك

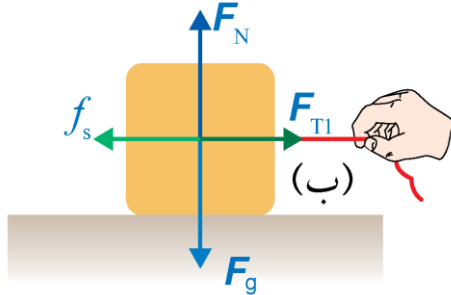
قوة الاحتكاك الحركي

قوة الاحتكاك السكوني

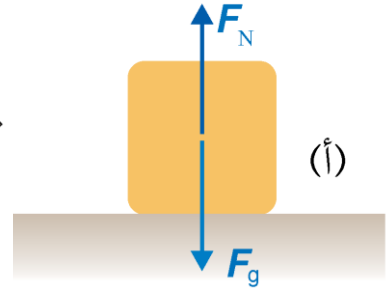
قوة الاحتكاك السكوني هي قوة تُمانع حركة جسمين ساكنين متلامسين عند محاولة تحريك بعضهما فوق بعض. رمزها (f_s)



الصندوق على وشك الحركة ($f_{s,max} = F_{T2}$)



$$f_s = F_{T1}$$



$$f_s = 0$$

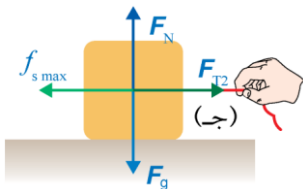
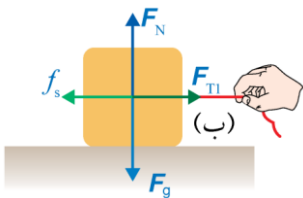
قوة الاحتكاك السكوني هي قوة تُمانع حركة جسمين ساكنين متلامسين عند محاولة تحريك بعضهما فوق بعض. رمزها (f_s)

يُعطى مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى رياضياً بالعلاقة: $f_{s,max} = \mu_s F_N$

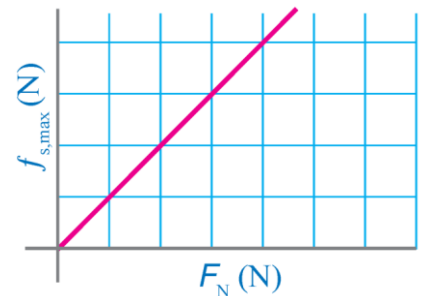
حيث يرمز (μ_s) إلى معامل الاحتكاك السكوني وهو يعتمد على طبيعة السطحين المتلامسين.

معامل الاحتكاك السكوني (μ_s)

نسبة مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى إلى مقدار القوة العمودية، وبما أنه نسبة قوى فليس له وحدة قياس.



الشكل (19): يتناسب مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى طردياً مع مقدار القوة العمودية.

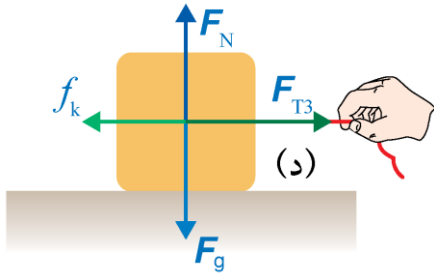


لا تعتمد قوة الاحتكاك السكوني على مساحة سطح التماس بين الجسمين، ولا على حجميهما، مقدارها عند أية لحظة يحقق المتباينة:

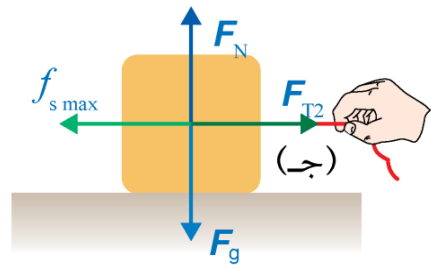
$$f_s \leq \mu_s F_N$$

✓ **أتحقق:** علام تعتمد قوة الاحتكاك السكوني بين سطحين متلامسين؟ وما وحدة قياس معامل الاحتكاك السكوني؟

قوة الاحتكاك الحركي



بعد تحريك الصندوق تؤثر فيه قوة احتكاك حركي (f_k)، ويكون مقدارها أقل من مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى.



الصندوق على وشك الحركة ($f_{s,max} = F_{T2}$)

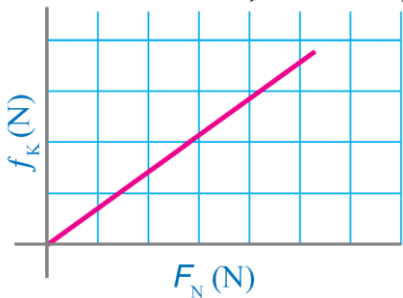
قوة الاحتكاك الحركي

رمزها (f_k)

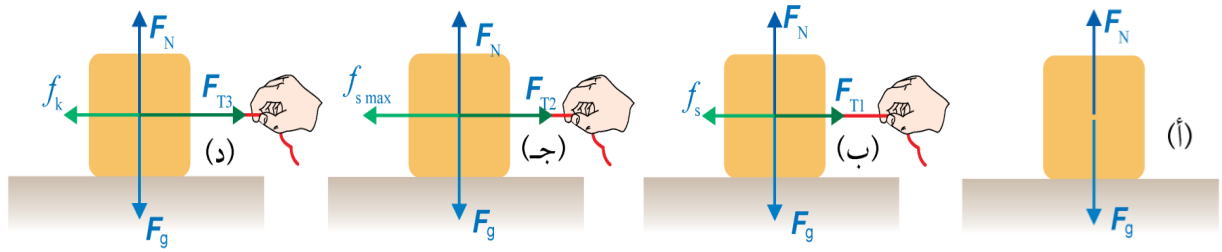
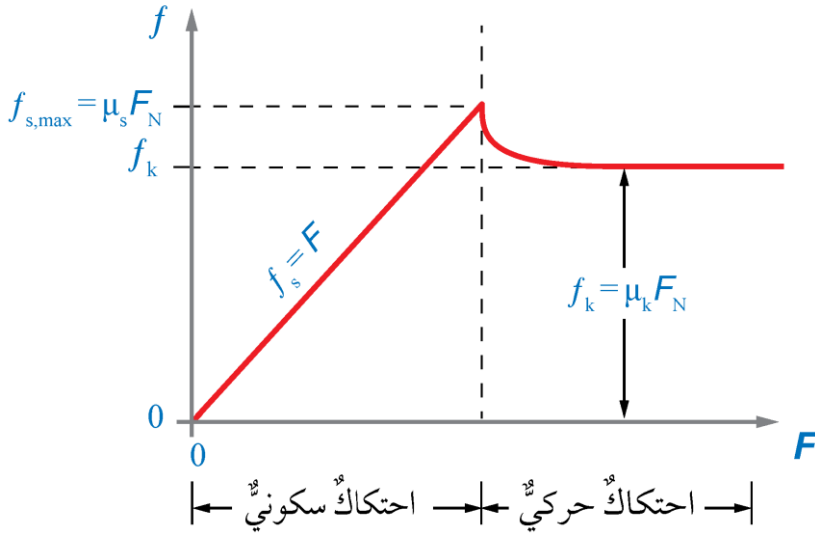
تؤثر في سطح جسمين متلامسين عندما يتحرك أحدهما بالنسبة إلى الآخر

$$f_k = \mu_k F_N$$

يرمز (μ_k) إلى معامل الاحتكاك الحركي وهو يعتمد على طبيعة السطحين المتلامسين



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.



الجدول (1): القيم التقريبية لبعض معاملات الاحتكاك

نوعا السطحين المتلامسين	معامل الاحتكاك السكوني μ_s	معامل الاحتكاك الحركي μ_k
فولاذ فوق فولاذ (جاف)	0.8	0.6
فولاذ فوق فولاذ (مع الزيت)	0.15	0.05
مطاط فوق خرسانة جافة	1.0	0.8
مطاط فوق خرسانة مبللة	0.5 - 0.7	0.3 - 0.5
مطاط فوق ثلج	0.3	0.2
خشب فوق خشب	0.5	0.3
خشب مشمع (waxed wood) فوق ثلج	0.14	0.1
فلز فوق خشب	0.5	0.3
جليد فوق جليد	0.1	0.03
زجاج فوق زجاج	0.9	0.4
فولاذ فوق جليد	0.4	0.02
الحذاء فوق الخشب	0.9	0.7
الحذاء فوق الجليد	0.1	0.05
مفاصل العظام بوجود السائل الزلالي	0.016	0.015

$$\mu_s > \mu_k$$

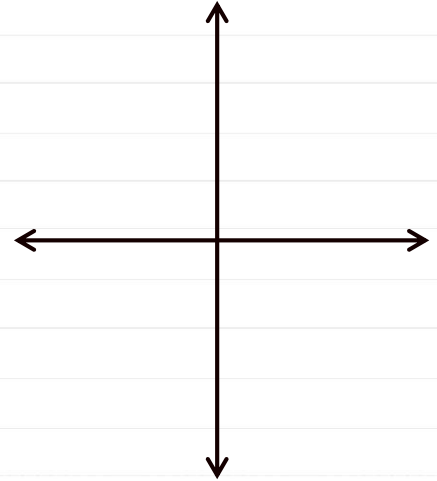
المثال 7

وُضِعَ صندوقٌ كتلته (40 kg) على زلاجةٍ لسحبهِ على أرضيةٍ أفقيةٍ مغطاةٍ بالثلج. إذا علمتُ أنَّ قوةَ الشدِّ المؤثرة في الزلاجةَ أفقيةٌ تمامًا، ومعامل الاحتكاك السكوني بين الزلاجة والثلج (0.15)، ومعامل الاحتكاك الحركي بينهما (0.10)، وتسارع السقوط الحر (10 m/s^2)، وبإهمال كتلة الزلاجة، فأحسب مقدار:

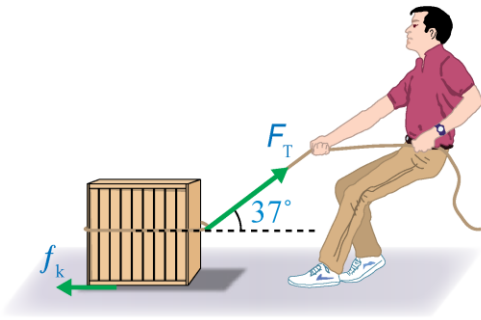
أ. أقل قوة يلزم التأثير بها في الزلاجة بحيث تكون على وشك الحركة.

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

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



المثال 8

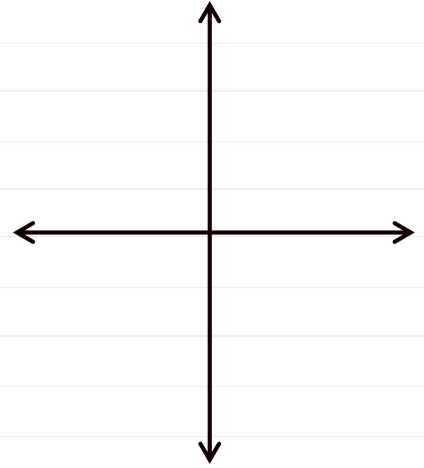


يُسحب صندوق كتلته (50 kg) على أرضية أفقية خشنة بحبل يصنع زاوية (37°) على الأفقي، أنظر الشكل (21). إذا كان مقدار قوة الشد في الحبل (200 N)، وتسارع الصندوق بمقدار (1.3 m/s²)، والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، و $\cos 37^\circ = 0.8$ ، $\sin 37^\circ = 0.6$ ، $g = 10 \text{ m/s}^2$ ، فأحسب مقدار:

أ. قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق.

ب. معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق والأرضية.

الشكل (21): سحب صندوق على أرضية أفقية خشنة.



وللمقارنة بين حركة متزلج بوجود الاحتكاك، وبإهماله، أنظر المثال الآتي:

المثال 9

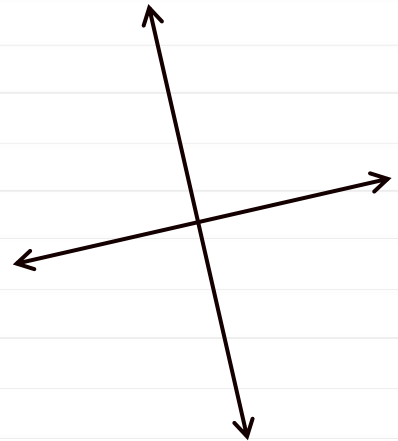
يتزلج رياضي على منحدر ثلجي يميل على الأفقي بزاوية (25°) ، كما هو موضح في الشكل (22). إذا علمت أن كتلة الرياضي (50 kg) ، و $g = 10 \text{ m/s}^2$ ، $\sin 25^\circ = 0.42$ ، $\cos 25^\circ = 0.91$ ،

فأحسب مقدار تسارعه في الحالتين الآتيتين:

أ. إذا كان المنحدر الثلجي أملس.

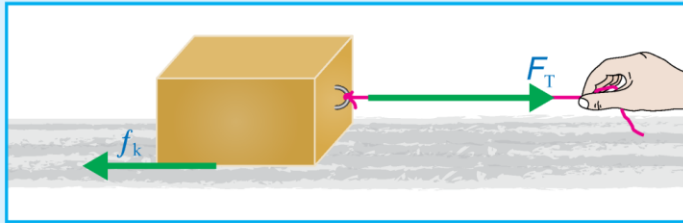
ب. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والثلج (0.10) .

الشكل (22): انزلاق رياضي على منحدر ثلجي.



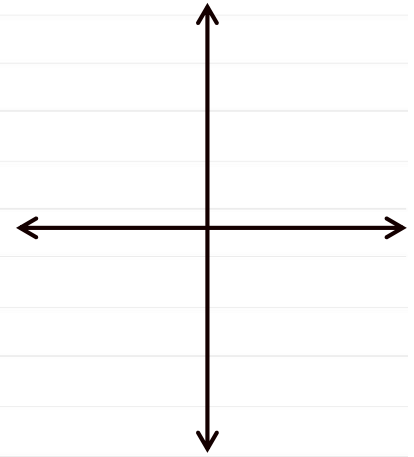
تمرين

أثَّرت قُوَّة شَدَّ أفقيَّة مقدارُها (200 N) في اتجاهِ اليمينِ، في صندوقٍ كتلتهُ (50 kg)، يستقرُّ على سطحٍ أفقيٍّ خشنٍ، كما هو موضحٌ في الشكل (23). إذا علمتُ أنَّ معاملَ الاحتكاكِ الحركيِّ (0.3)، تسارعُ السقوطِ الحرِّ (10 m/s^2)، فأحسبُ مقدارَ:



الشكل (23): صندوقٌ ينزلقُ على سطحٍ أفقيٍّ خشنٍ.

- قوة الاحتكاكِ الحركيِّ المؤثرة في الصندوق.
- القوة المحصلة المؤثرة في الصندوق.
- تسارع الصندوق.



أفكر: عادةً تُلفَّ جنازيرُ حول إطارات السيارات، وبخاصة سيارات الدفاع المدني في العواصف الثلجية. بناءً على ما تعلمته في هذا الدرس، ما الهدف من وضع هذه الجنازير حول إطارات السيارات؟ أفسرُ إجابتي.

الفيزياء والحياة:

عند سقوط الأمطار أو الثلوج

تتكون طبقة فاصلة بين إطار السيارة و سطح الطريق

هذا يقلل من مقدار معامل الاحتكاك

سهولة انزلاق إطارات السيارة على الطريق

ويزيد المسافة اللازمة لإيقاف السيارة

ويجعل قيادة السيارة والسيطرة عليها أمراً صعباً

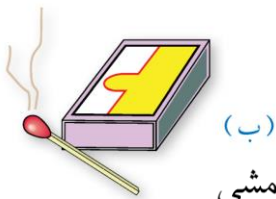


✓ **أتحقق:** إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك بين الخرسانة ونعل الحذاء المصنوع من المطاط أكبر منه بين الخرسانة والنعل المصنوع من الجلد، فأَيُّ الحذاءين أختار للمشي في يوم ماطر؟ أفسر إجابتي.



إيجابيات قوى الاحتكاك وسلباتها

إيجابيات قوى الاحتكاك



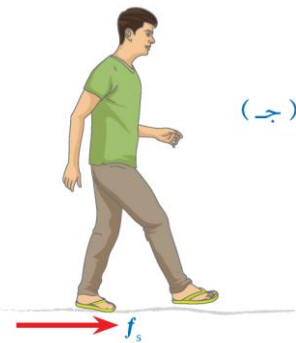
حركة المركبات؛ فعند انعدام قوى الاحتكاك بين إطارات المركبة و سطح الطريق، فإن الإطارات تدور في مكانها، فتبقى المركبة ساكنة.

ونحتاج إلى قوى الاحتكاك للكتابة على الورق والسبورة، وإشعال أعواد الثقاب، والمشي

وتتضح أهمية الاحتكاك السكوني عند محاولة المشي

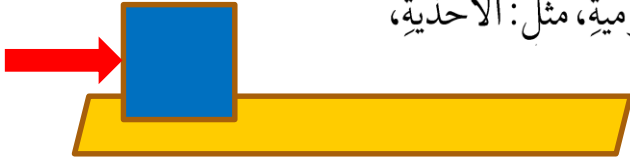
على سطوح ملساء أو زلقة، حيث يصعب ذلك.

سؤال: لماذا لا يمكن المشي على أرضية زلقة؟ أفسر إجابتي.



سليبات قوى الاحتكاك

تعيق انزلاق الأجسام بعضها فوق بعض، وتُسبب تباطؤها؛ ما يتطلب التأثير فيها بقوة أكبر لتحريكها والمحافظة على استمرارية حركتها
تُسبب تآكل بعض المنتجات التي نستخدمها في حياتنا اليومية، مثل: الأحذية، والملابس، وتُسبب تآكل بطانة مكابح المركبات.



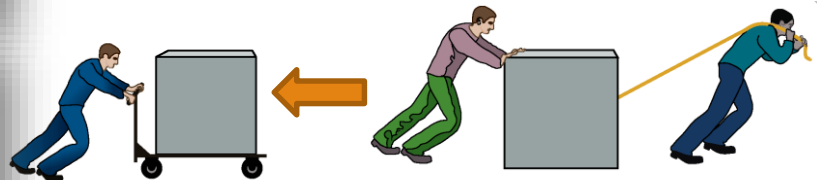
تجري معالجة بعض هذه الآثار والتقليل منها باستخدام العجلات، والتزييت، والتشحيم



التشحيم



كرات البيليا



سؤال: هل يلزم تشحيم كرات البيليا وتزييتها؟ أفسر إجابتي.





الفيزياء والطب:

تسمى المناطق التي تجمع اثنين أو أكثر من العظام في جسم الإنسان المفاصل

تكون قوى الاحتكاك بين العظام في منطقة المفصل قليلة جدا

الشكل (27): صورة بالأشعة السينية لمفصل ركبتي ملتهب مصاب بهشاشة عظام، ومفصل ركبتي صناعي.

لأن سطوح العظام في منطقة المفصل مغطاة بغضاريف

إضافة إلى وجود غشاء زلالي يفرز مائعا لزجا يسمى السائل الزلالي داخل المفصل

عند تعرض المفصل للتلف يُستخدم مفصل صناعي

يُصنع من الفولاذ المقاوم للصدأ أو التيتانيوم، أو البلاستيك.

ولهذه المفاصل الصناعية معاملات احتكاك صغيرة جدا

تُستخدم فيه مواد تشحيم صناعية، مثل المواد الهلامية لتقليل الاحتكاك.

توجد مواد لزجة طبيعية في جسم الإنسان تقلل من قوى الاحتكاك داخل الأعضاء أو بينها.

فمثلاً، يُساعد إفراز اللعاب في عملية البلع؛ إذ يُقلل من احتكاك المواد الغذائية التي يجري تناولها مع جدران البلعوم والمريء، ويُسهّل انزلاقها.

كما يُساعد وجود مخاط لزج بين أعضاء الجسم على حرية حركتها نسبة إلى بعضها في أثناء حركة الإنسان، وفي أثناء عمليتي التنفس،

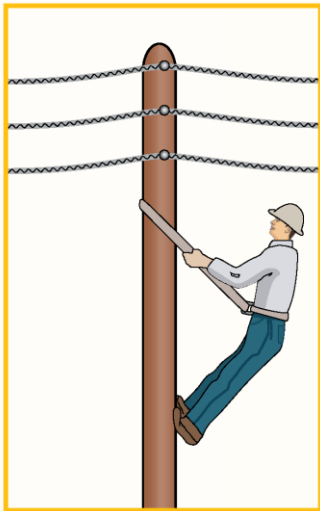
وخفقان القلب.

✓ **أتحقق:** أذكر ثلاث إيجابيات لقوة الاحتكاك، وثلاث سلبيات.

مراجعة الدرس

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

2. **أحلل وأستنتج:** يوضح الشكل المجاور تسلك عامل صيانة في شركة الكهرباء لعمود كهرباء؛ إذ يتعل حذاء بمواصفات خاصة، وأيضاً يستخدم حزاماً أحد طرفيه ملتف حول خصره، وطرفه الآخر ملتف حول العمود.



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

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

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



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

- إذا كان الثقل ساكناً.
- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أعلى بسرعة متجهة ثابتة.
- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أعلى بتسارع مقداره (1 m/s^2) .
- إذا تحرك الثقل والميزان إلى أسفل بتسارع مقداره (1 m/s^2) .

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

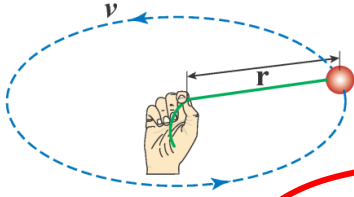
- سطح أفقي.
- مستوى مائل يميل عن الأفق بزاوية (20°) .

5. **التفكير الناقد:** في أثناء دراستي وزميلتي شيما لموضوع قوى الاحتكاك، قالت: «إنَّ زيادة عرض إطار السيارة يزيد من قوة الاحتكاك المؤثرة فيها؛ لذا ينبغي على السائقين استخدام إطارات أقلَّ عرضًا لتقليل احتكاكها بالطريق». أناقش صحة قول شيما بناءً على ما تعلمته في هذا الدرس.

الفشل في التخطيط
يقود إلى
التخطيط للفشل

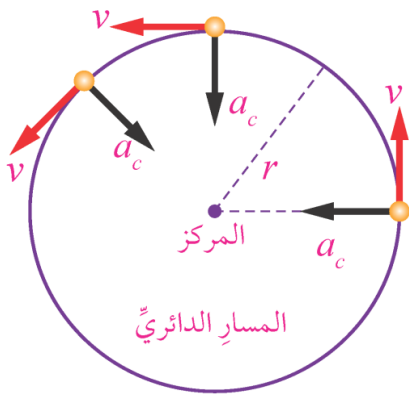
القوة المركزية مراجعة سريعة

الحركة الدائرية المنتظمة Uniform circular motion



تعرفتُ سابقاً أنَّ الجسمَ الذي يتحركُ بسرعةَ ثابتةٍ مقداراً في خطٍّ مستقيمٍ لا يمتلكُ تسارعاً؛ فالتسارعُ يُمثلُ تغيراً في مقدارِ السرعةِ، أو اتجاهها، أو كليهما معاً.

يُبينُ الشكلُ كرةً مربوطةً بخيطٍ، تدورُ في مسارٍ دائريٍّ أفقيٍّ بسرعةٍ ثابتةٍ مقداراً، لكنها مُتغيِّرةٌ اتجاهًا. يُطلقُ على الحركةِ



يملكُ الجسمُ في الحركةِ الدائريةِ تسارعاً مركزيّاً ويُرمزُ إليه بالرمز (a_c)

يكون دائماً في اتجاهِ مركزِ الدورانِ

ويؤدي إلى تغيرٍ في اتجاهِ السرعةِ (Δv)

يتعامدُ مُتجهُ التسارعِ المركزيِّ باستمرارٍ مع مُتجهِ السرعةِ

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

يُعطى التسارعُ المركزيُّ للحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ بالعلاقة الآتية:

مُتجهُ السرعةِ يكونُ دائماً على امتدادِ المماسِ للدائرة، وتُسمى السرعةُ هنا سرعةً مماسيةً

السرعةُ القياسيةُ المتوسطةُ تساوي السرعةُ القياسيةُ اللحظيةُ

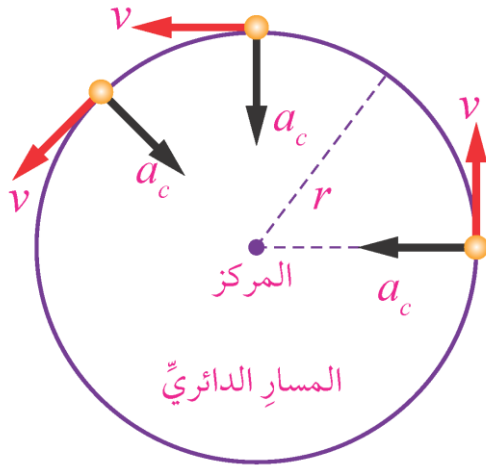
$$v_s = \bar{v}_s = \frac{\Delta s}{T} = \frac{2\pi r}{T}$$

محيط الدائرة →
الزمن الدوري →

هو الزمنُ اللازمُ حتّى يُكملَ الجسمُ دورةً كاملةً حولَ مركزِ الدورانِ

من الأمثلة على الحركة الدائرية المنتظمة:

- حركة نقطة مرسومة على طرف مروحة تدور
- حركة سيارة بسرعة ثابتة مقداراً حول الدوّار
- حركة بعض الأقمار الصناعية حول الأرض

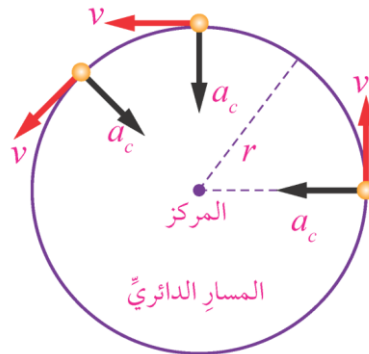
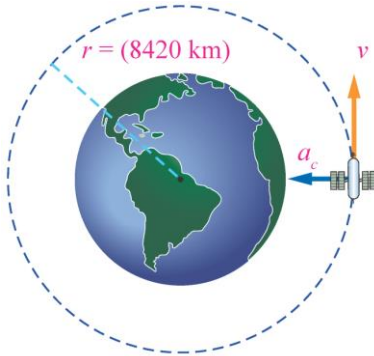


$$v_s = \frac{2\pi r}{T}$$

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

القوة المركزية والحركة الدائرية المنتظمة

حركة جسم أو جسم بسرعة ثابتة المقدار في مسار دائري نصف قطره (r) حول محور، ويحدد موقعه بالنسبة إلى هذا المحور (محور الدوران).



هل يلزم تأثير قوة محصلة في الجسم؛ لكي يتحرك حركة دائرية منتظمة؟

كل سيارة تتحرك في مسار منحنٍ

بحسب القانون الأول لنيوتن



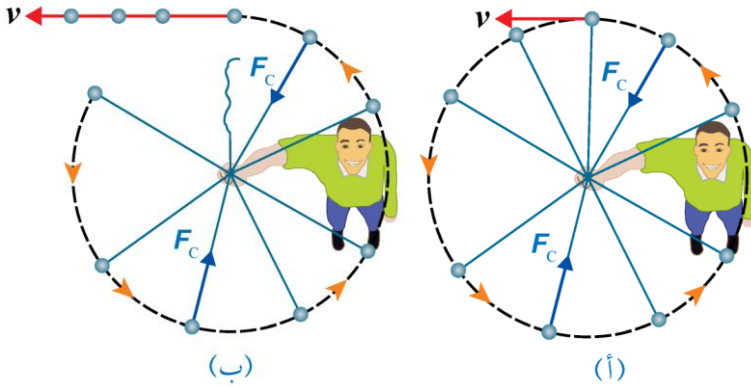
تتحرك السيارات في مسار مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر فيها قوة محصلة، وبما أن مساراتها غير مستقيمة؛ فهي تتأثر بقوة محصلة.

لندرس حركة إحدى هذه السيارات عند المنعطف، ونفترض أنها تتحرك بسرعة مماسية ثابتة مقداراً. إن اتجاه هذه السرعة يتغير بشكل مستمر، ويدل تغيرها على وجود تسارع، وبحسب القانون الثاني لنيوتن، فإن وجود التسارع يعني وجود قوة محصلة تؤثر فيها.

القوة المركزية ومنشؤها

بحسب القانون الأول لنيوتن

تميل الكرة إلى الحركة في مسار مستقيم بسبب قصورها الذاتي.



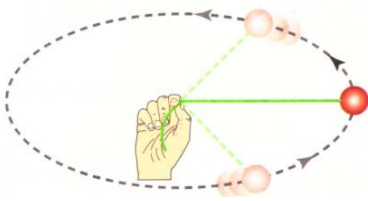
(أ) تؤثر قوة مركزية في الكرة نحو مركز مسارها الدائري. (ب) عند انقطاع الخيط تنعدم القوة المركزية، وتحرك الكرة في اتجاه سرعتها المماسية للمسار الدائري عند نقطة انقطاع الخيط.

وللمحافظة على استمرار حركتها حركة دائرية منتظمة يلزم تأثير قوة محصلة فيها نحو مركز المسار الدائري

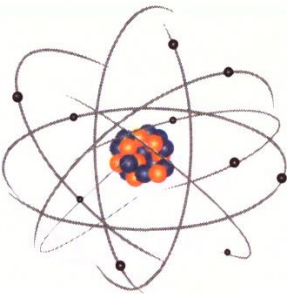
تسمى القوة المركزية رمزها (F_c)

تسبب تغيراً في سرعتها المتجهة ← تكسبها تسارعاً مركزياً

هل القوة المركزية نوع جديد من أنواع القوى؟ وما منشأ هذه القوة؟

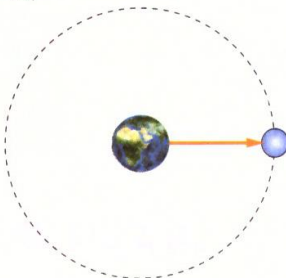


اسم يُطلق على القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري.



فهي يمكن أن تكون:

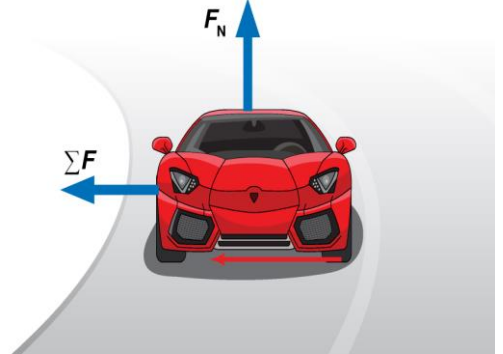
- قوة شد في خيط تؤثر في الكرة المربوطة به، لتدور في مسار دائري
- قوة جذب كتلي تؤثر بها الأرض في القمر، فيدور القمر حولها
- قوة جذب كهربائي تؤثر بها النواة في إلكترون، فيدور الإلكترون حولها



يمكن أن تكون:

■ قوة احتكاك سكوني بين سطحي جسمين، كما هو حال سيارة تسير حول دوار

وعند انعدام قوة الاحتكاك السكوني، كأن يكون الطريق مغطى بالجليد أو الزيت، فإنه وبحسب القانون الأول لنيوتن في الحركة سوف تتحرك السيارة بسرعة ثابتة مقداراً في مسار مستقيم مماسي للمسار الدائري عند موقع انعدام القوة المركزية.

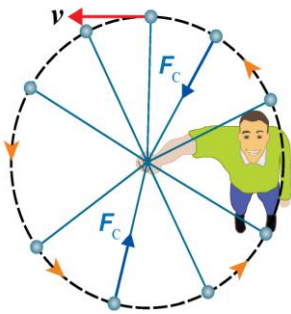


■ قوة عمودية يؤثر بها السطح الداخلي لأسطوانة دوارة على جسم بداخلها، فيدور معها،

كما في الغسالة



✓ **أتحقّق:** ما القوة المركزية؟ وهل القوة المركزية نوع جديد من القوى؟ أفسّر إجابتي.

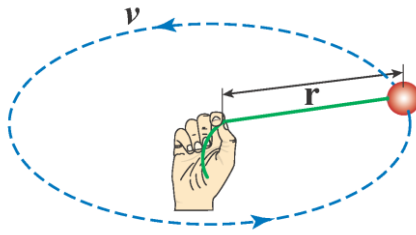


حساب القوة المركزية

القانون الثاني لنيوتن في الحركة

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

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



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

واعتماداً على معادلة حساب القوة المركزية، يُمكنُ التوصلُ إلى أنَّ مقدار القوة المركزية المؤثرة في جسم كتلته (m) يتحركُ حركةً دائريةً منتظمةً - يعتمدُ على:

أ. نصف قطر المسار الدائري عند ثبات مقدار السرعة المماسية

وتوجدُ قيمةٌ قصوى لمقدار قوة الشد التي يتحملها الخيط قبل أن ينقطع فيكون هنالك حدودٌ لنصف قطر المسار.

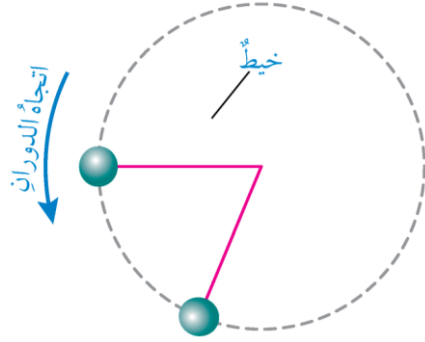
ب. مربع مقدار السرعة المماسية عند ثبات نصف قطر المسار الدائري.

ويكونُ هنالك حدودٌ لمقدار السرعة المماسية.

أفكر: عندما يجلس شخص في سيارة تتحرك خلال منعطف حاد، فإنه يشعر أنه توجد قوة تدفعه إلى خارج المنعطف نحو باب السيارة، حيث يُسميها بعض الأشخاص قوة طاردة مركزية Centrifugal force. وعندما تدور كرة مربوطة بنهاية خيط في مسار دائري أفقي تشعر أنه توجد قوة تؤثر فيها خارج المسار. هل هذه القوة حقيقية، أم قوة وهمية؟ أفسر إجابتي.

ملاحظة: يُساعد رسم مخطط الجسم الحر لراكب السيارة أو الكرة في استقصاء حقيقة هذه القوة.

✓ **أنحقق:** علام يعتمد مقدار القوة المركزية اللازم التأثير بها في جسم يتحرك حركةً دائريةً منتظمةً؟



الشكل (32): منظر علوي لكرة مربوطة في نهاية خيوط.

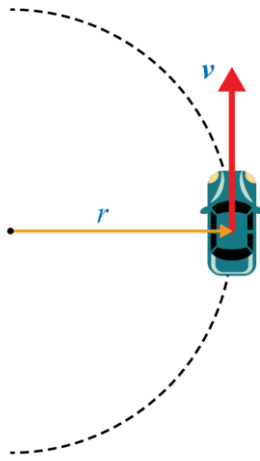
المثال 10

كرة كتلتها (50 g) مربوطة في نهاية خيط طوله (100 cm)، تتحرك حركة دائرية منتظمة في مسار دائري أفقي، كما هو موضح في الشكل (32). فإذا علمت أن الزمن الدوري للكرة (0.5 s)، فأحسب مقدار:

لتدريه

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

المثال ١١



الشكل (33): منظر علوي لسيارة تتحرك في مسار دائري.

تتحرك سيارة كتلتها $(1.5 \times 10^3 \text{ kg})$ في مسار دائري نصف قطره (50 m) بسرعة ثابتة مقدارها (15 m/s) ، كما هو موضح في الشكل (33). إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.8) ، وسطح الطريق أفقي، فأحسب مقدار:

أ. التسارع المركزي للسيارة.

ب. القوة المركزية المؤثرة في السيارة.

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

تمرين

2. سيارة كتلتها $(1.5 \times 10^3 \text{ kg})$ ، تتحرك في مسار دائري نصف قطره (90 m) بسرعة ثابتة مقدارها (50 km/h) . إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.6) ، وسطح الطريق أفقي، فأحسب مقدار:
- أ. القوة المركزية المؤثرة في السيارة.
- ب. أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة على هذا الطريق دون أن تنزلق.

مراجعة الدرس

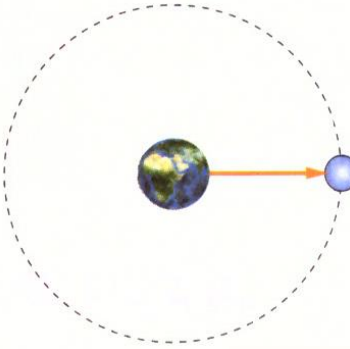
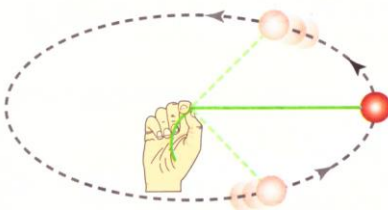
1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالقوة المركزية؟ وهل هي نوع جديد من القوى؟ أفسر إجابتي.

اسم يُطلق على القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على متجه السرعة المماسية لجسم متحرك في مسار دائري.

فهي يمكن أن تكون:

■ قوة شد في خيط تؤثر في الكرة المربوطة به، لتدور في مسار دائري

■ قوة جذب كتلي تؤثر بها الأرض في القمر، فيدور القمر حولها



2. **أستخدم المتغيرات:** متوسط نصف قطر مدار القمر حول الأرض ($3.8 \times 10^8 \text{ m}$) تقريباً،

وسرعته المماسية المتوسطة ($1.0 \times 10^3 \text{ m/s}$)، وكتلته ($7.3 \times 10^{22} \text{ kg}$) تقريباً.

أ. **أحسب** زمنه الدوري في مداره.

ب. **أحسب** مقدار تسارعه المركزي.

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

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

3. **أستخدم المتغيرات:** سيارة كتلتها $(1.1 \times 10^3 \text{ kg})$ ، تتحرك بسرعة (12 m/s) في منعطف نصف قطره (25 m) .

أ. **أحسب** مقدار التسارع المركزي للسيارة.

ب. **أحسب** مقدار القوة المركزية المؤثرة في السيارة.

ج. ما منشأ القوة المركزية المؤثرة في السيارة؟

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



4. **أحسب:** قمر صناعي كتلته $(5.5 \times 10^2 \text{ kg})$ ، يدور حول الأرض على ارتفاع $(2.1 \times 10^3 \text{ km})$ من سطح الأرض. إذا كان الزمن الدوري للقمر ساعتين وتسع دقائق، ونصف قطر الأرض $(6.38 \times 10^3 \text{ km})$ ، فأحسب مقدار:
- أ. السرعة المماسية للقمر.
- ب. القوة المركزية المؤثرة في القمر.

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

لا تستح من
إعطاء القليل
فإن الحرمان أقل منه

أسئلة الوحدة - تطبيقات على قوانين نيوتن

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

1. قوة ناتجة عن تلامس جسمين، وتكون دائماً عمودية على مستوى التلامس بينهما، 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 مواز لسطح الطاولة.
ب. 20 N. إلى أعلى عمودياً على سطح الطاولة.
ج. 200 N. بشكل مواز لسطح الطاولة.
د. 200 N. إلى أعلى عمودياً على سطح الطاولة.



الثقل ساكن

A



الثقل يتحرك بسرعة متجهة ثابتة

B



الثقل يتحرك بتسارع ثابت

C



الثقل يتحرك بتسارع ثابت

D

توضّح الأشكال المجاورة ثقلاً مقداره (10 kg) معلقاً في الهواء في إحدى نهايتي خيط خفيف غير قابل للاستطالة، ويُمسك شخص طرفه الآخر. أستعين بهذه الأشكال للإجابة عن الأسئلة 3 - 5:

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

- أ. A و B ب. B و C ج. A و C د. A و D

4. في أيّ الأشكال قوة الشدّ في الحبل هي الأكبر؟

- أ. A ب. B ج. C د. D

5. في أيّ الأشكال قوة الشدّ في الحبل هي الأصغر؟

- أ. A ب. B ج. C د. D

6. القوة التي تجذب الأرض بها الجسم تسمى:

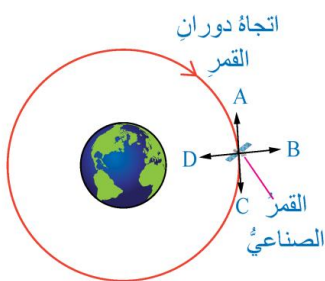
- أ. قوة الشدّ ب. قوة الاحتكاك ج. الوزن د. القوة العمودية

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

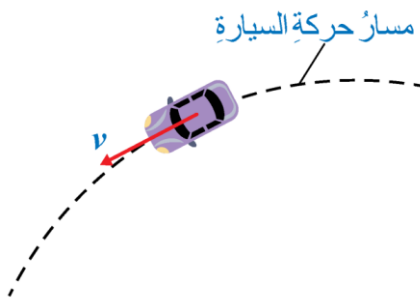
8. إذا انعدمت القوة المؤثرة في القمر الصناعي، فإنه سيتحرك في اتجاه السهم:

- أ. A ب. B ج. C د. D



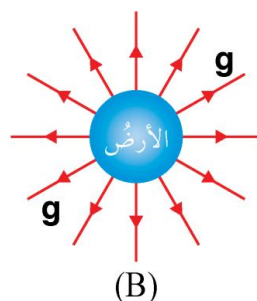
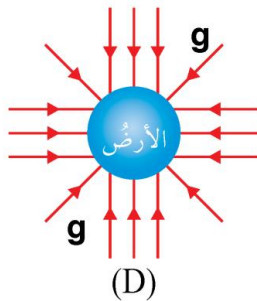
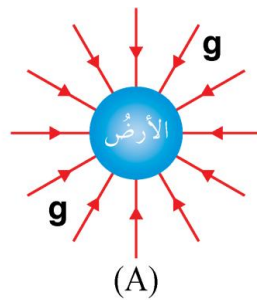
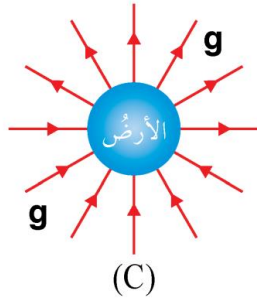
9. منشأ القوة المحصلة المؤثرة في القمر الصناعي هو قوة:
 أ. احتكاك ب. قوة عمودية ج. تجاذب كتلي د. شد
10. إذا تضاعفت المسافة بين مركزي الأرض والقمر الصناعي مرتين،
 فإن قوة التجاذب الكتلي بينهما:
 أ. تصبح ربع قيمتها الابتدائية. ب. تتضاعف أربع مرات.
 ج. تصبح نصف قيمتها الابتدائية. د. تتضاعف مرتين.
11. مسبار (مجس) فضائي (space probe) على بُعد معين من الأرض.
 إذا كان وزن جسم موجود في المسبار (3.5 N)، وتسارع السقوط
 الحر في موقع المسبار (7 m/s^2)، فإن 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 منظرًا علويًا لسيارة تتحرك في مسار دائري أفقي
 بسرعة ثابتة مقدارًا. بناءً على ما سبق؛ فأَيُّ الجمل الآتية صحيحة؟
 أ. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة تساوي صفرًا؛ لأنها تتحرك
 بسرعة ثابتة.
 ب. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة لا تساوي صفرًا، وتؤثر فيها
 نحو خارج المسار.
 ج. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة لا تساوي صفرًا، وتؤثر فيها
 نحو مركز المسار.
 د. القوة المحصلة المؤثرة في السيارة لا تساوي صفرًا، وتؤثر فيها
 في اتجاه حركتها.



13. أيُّ الأشكالِ الموضحةِ في الشكلِ المجاورِ يُمثِّلُ اتجاهَ تسارعِ الجاذبيةِ الأرضيةِ؟

أ. A ب. B ج. C د. D



14. تستقرُّ سيارةٌ كتلتُها ($1.5 \times 10^3 \text{ kg}$) على طريقٍ أفقيٍّ خشنٍ. عندَ محاولةِ سائقِها تشغيلِها لم يعملِ المحركُ، فساعدَهُ شخصٌ ودفعَ السيارةَ بقوةٍ أفقيةٍ مقدارُها (400 N)، ولم يستطعَ تحريكُها. أيُّ القوى الآتيةِ تساوي مقدارَ قوةِ دفعِ هذا الشخصِ:

- أ. قوةُ الاحتكاكِ السكونيِّ التي يؤثرُ بها سطحُ الطريقِ في قدمي الشخصِ.
- ب. قوةُ الجاذبيةِ المؤثرةِ في السيارةِ.
- ج. القوةُ العموديةُ المؤثرةُ في السيارةِ.
- د. قوةُ الاحتكاكِ الحركيِّ التي يؤثرُ بها سطحُ الطريقِ في قدمي الشخصِ.

2. **أفسِّر:** في أيِّ اتجاهٍ يؤثرُ التسارعُ المركزيُّ؟ وهل يؤدي إلى تغييرِ مقدارِ السرعةِ المماسيةِ؟ أفسِّرْ إجابتي.

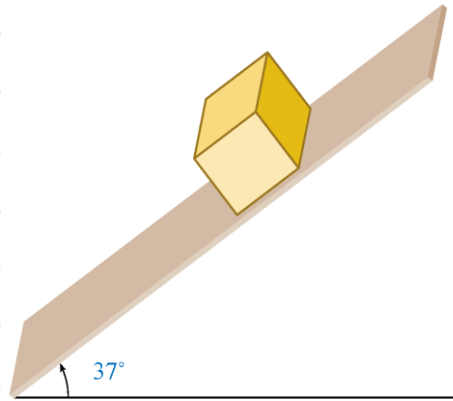
3. أحدد منشأ القوة التي تسبب الحركة الدائرية للأجسام الآتية:

- أ . حركة الأرض في مدار حول الشمس.
- ب . حركة الملابس في حوض التجفيف الأسطواني في غسالة (أي مجففة الملابس).
- ج . حركة كرة مربوطة في نهاية خيط في مسار دائري أفقي.
- د . حركة الإلكترون حول النواة.

4. أحسب: صندوق كتلته (2 kg)، ينزلق على مستوى مائل أملس، يميل

على الأفقي بزاوية (37°)، كما هو موضح في الشكل المجاور. إذا علمت أن $\sin 37^\circ = 0.6$ ، $\cos 37^\circ = 0.8$ ، فأحسب:

أ . القوة العمودية المؤثرة في الصندوق. ب . تسارع الصندوق.



5. **أحسب:** يدور قمر صناعي لتحديد المواقع (GPS) حول الأرض في مدار ارتفاعه $(2.02 \times 10^7 \text{ m})$ فوق سطحها. إذا علمت أن كتلته $(1.6 \times 10^3 \text{ kg})$ ، فأحسب:
- أ . قوة التجاذب الكتلي بين القمر الصناعي والأرض.
- ب . تسارع الجاذبية الأرضية في موقع القمر الصناعي.

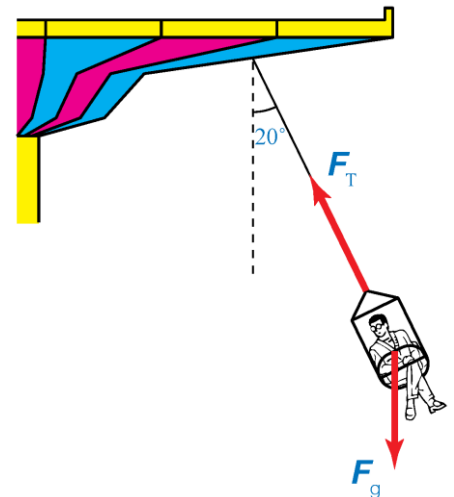
6. **تفكير ناقد:** تُزوّد سيارات السباق بإطارات مسطحة (slick)؛ للسباق على طرق جافة، بينما تُزوّد بإطارات بها أخاديد للسباق على طرق مبتلة. أنظر الشكل المجاور.
- أ . **أفسر** سبب استخدام كل نوع.



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

7. **أحسب:** إذا علمت أن كتلة المشتري ($1.9 \times 10^{27} \text{ kg}$) تقريبًا، ونصف قطره ($7.15 \times 10^7 \text{ m}$) تقريبًا، فأحسب مقدار:
- أ. تسارع السقوط الحر على سطح المشتري.
- ب. وزن هدى على سطح المشتري، إذا علمت أن كتلتها (60 kg).

8. **أحل:** يجلس راكب على كرسي أفعوانية معلق بسلسلة مهمة الكتلة متصلة بقرص دوّار، كما هو موضح في الشكل المجاور. إذا علمت أن الأفعوانية تتحرك حركة دائرية منتظمة، وكتلة الراكب والكرسي (95 kg)، ونصف قطر المسار الدائري الذي يتحرك به الراكب والكرسي (4.5 m)، وتصنع السلسلة زاوية (20°) بالنسبة إلى الرأس، فأحسب مقدار:
- أ. قوة الشد في السلسلة.
- ب. السرعة المماسية للراكب في الكرسي.



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؛ فأجب عما يأتي:
- أ. **أحسب** مقدار السرعة المماسية للقمر الصناعي في مداره.
- ب. **أحسب** مقدار التسارع المركزي للقمر الصناعي.
- ج. **أحسب** مقدار القوة المركزية المؤثرة فيه.
- د. أصف منشأ القوة المركزية المؤثرة في القمر الصناعي.

10. **أحلّ:** في إحدى الألعاب الرياضية يدور لاعب مطرقة كتلتها (7.26 kg) متصلة بإحدى 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 الحرّ للسلسلة على بُعد (0.64 m) من محور دورانه، وأكمل دورة كاملة خلال (0.55 s)، وبافتراض أن اللاعب حرك السلسلة والمطرقة في مسار دائري أفقي في أثناء دورانه، فأحسب مقدار:

أ . السرعة المماسية للمطرقة.

ب . القوة المركزية المؤثرة في المطرقة قبيل إفلاتها.



11. **أحسب:** تتحرك سيارة كتلتها ($9 \times 10^2 \text{ kg}$) في مسارٍ دائريٍّ نصف قطره (70 m) بسرعة ثابتة مقداراً. إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق (0.70)، والقوة المركزية المؤثرة فيها ($2.5 \times 10^3 \text{ N}$)، وسطح الطريق أفقي، فأحسب مقدار:
- التسارع المركزي للسيارة.
 - السرعة المماسية للسيارة.
 - أكبر سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة على هذا الطريق دون أن تنزلق.

12. **أحسب:** يبين الشكل المجاور لعبة الحصان الدوّار (دوّامة الخيل) (carousel)، في إحدى مدن الألعاب؛ حيث تتحرك حركة دائرية منتظمة حول محور دوران. فإذا ركب طفل كتلته (30 kg) أحد الأحصنة الموجودة على اللعبة، وكان بعده عن محور الدوران (3 m)، والحصان يُتم دورة كاملة كل (20 s)، فأحسب مقدار كل من:

- أ . السرعة المماسية للطفل.
ب . القوة المركزية المؤثرة في الطفل.
ج . السرعة المماسية للطفل عندما يجلس على حصان آخر يبعد عن محور الدوران (4 m).



13. حلقت في أحد العروض الجوية إحدى طائرات سلاح الجو الملكي الأردني كتلتها $(1.2 \times 10^4 \text{ kg})$ ، في مسار دائري أفقي نصف قطره (1 km) ، بحيث أتمت الطائرة دورتين خلال (1 min) . أجب عما يأتي:
- أ . **أحسب** مقدار سرعتها المماسية.
- ب . **أحسب** مقدار تسارعها المركزي.
- ج . **أحسب** مقدار القوة المركزية المؤثرة في الطيار؛ إذا علمت أن كتلته (70 kg) .
- د . **أقارن** مقدار التسارع المركزي المؤثر في الطيار بتسارع السقوط الحر على سطح الأرض ، ماذا أستنتج؟



كالشمع يبكي
وما يدري أعبته
من حرقه النار
أم من فرقة العسل

والله وليّ التوفيق

الأول

في الفيزياء



بتقدر تابعنا على جميع مواقع التواصل الاجتماعي



أ. مهند القرم