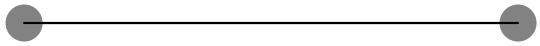
شارح: المسافة والإزاحة

في هذا الشارح، سوف نتعلم كيف نعرف المسافة بوصفها طول المسار بين موضعين، والإزاحة بوصفها طول الخط المستقيم بين الموضعين.

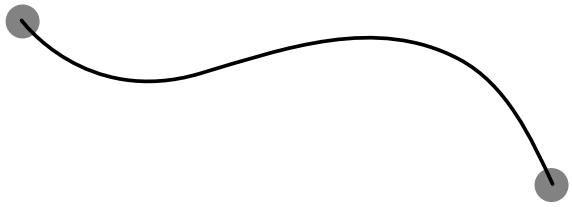
دعونا أولًا نتحدث عن المسافة.

عندما يتحرك جسم من نقطة إلى أخرى، فهو يتحرك على طول مسار يصل بين هاتين النقطتين. المسار الذي يتحرك فيه الجسم له طول. وهذا الطول يساوي المسافة التي قطعها الجسم.

ويمكن أن يكون المسار بين نقطتين خطًا مستقيمًا يصل بينهما. يوضح الشكل التالي مسارًا مستقيمًا يتحرك فيه جسم.



ويمكن أيضًا أن يكون المسار بين نقطتين منحنيًا، كما هو موضح في الشكل التالي.

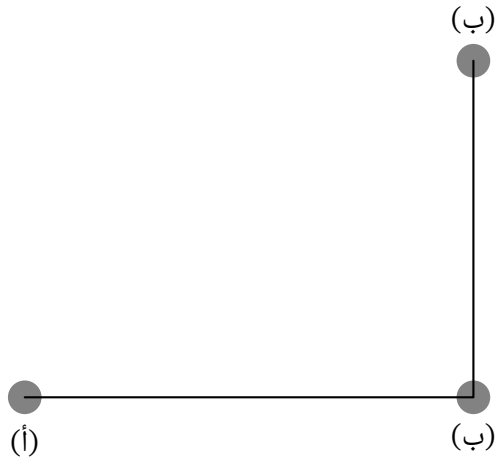


وبالنسبة لكل من الخطوط المستقيمة والمنحنيات، لا يهم أي النقطتين تحرك منهما الجسم وأيهما انتقل إليها، فلا يحدث ذلك اختلافًا في المسافة المقطوعة؛ لأن طول الخط متساوٍ في كلتا الحالتين. والمسافة ليس لها اتجاه، بل مقدار فقط.

الكميات التي لها مقادير وليس لها اتجاهات، هي كميات قياسية. وبالتالي، فالمسافة كمية قياسية.

عندما يتحرك جسم، يمكن أن تكون الحركة بين أكثر من نقطتين.

افترض أن الجسم ينتقل من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)، ثم من النقطة (ب) إلى النقطة (جـ)، كما هو موضح في الشكل التالي.



يمكن أن تنقسم حركة الجسم إلى حركتين، من (أ) إلى (ب) ومن (ب) إلى (جـ).

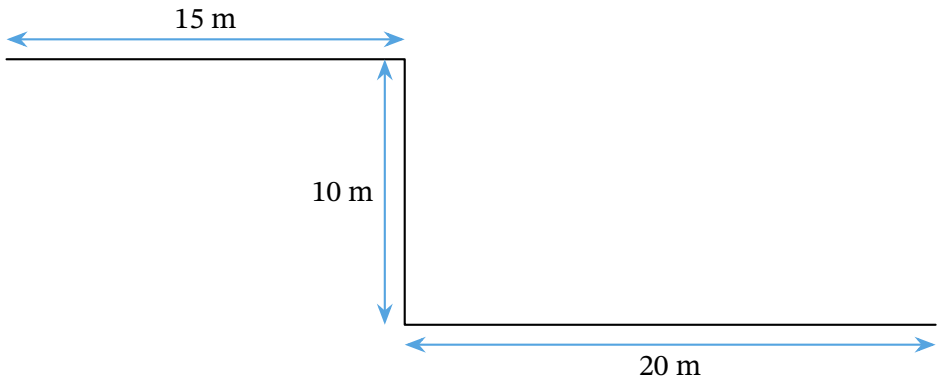
وتحسب المسافة، d، التي يقطعها الجسم كما يلي:

$$d = \text{(المسافة من (أ) إلى (ب))} + \text{(المسافة من (ب) إلى (جـ))}.$$

هيا نلقِ نظرة على مثال علينا فيه تحديد المسافة المقطوعة على طول مسار يتغير اتجاهه.

مثال ١: تحديد المسافة المقطوعة على طول مسار يتغير اتجاهه

ما المسافة الكلية التي قطعها شخص على امتداد الخطوط الموضحة في الشكل؟



الحل

يسير الشخص على امتداد ثلاثة خطوط مستقيمة. والمسافة التي قطعها تساوي مجموع أطوال هذه الخطوط. يتم احتساب المسافة المقطوعة، d، كما يلي:

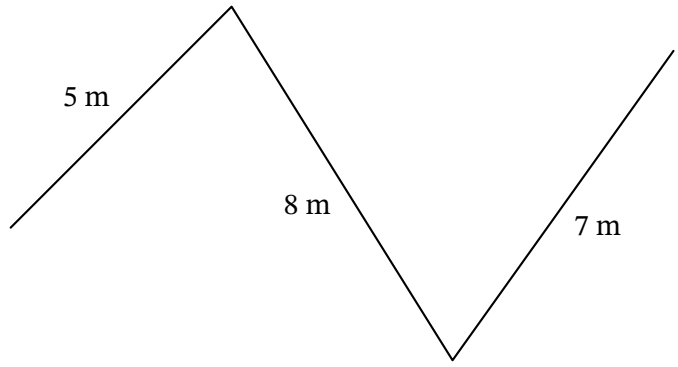
$$d = 15 + 10 + 20 = 45 \text{ m}.$$

يمكننا أن نلاحظ أن المسافة تزيد دائمًا كلما تحرك الجسم. وأقل مسافة يمكن لجسم أن يقطعها تساوي صفرًا، عندما يظل في حالة سكون.

هيا نلقِ نظرة الآن على مثال آخر علينا فيه تحديد المسافة المقطوعة على طول مسار يتغير اتجاهه.

مثال ٢: تحديد المسافة المقطوعة على طول مسار يتغير اتجاهه

إذا كانت الخطوط الموضحة بالشكل تُمثِّل المسار الذي قطعه أحدهم سيرًا على الأقدام، فما المسافة الكلية التي قطعها؟

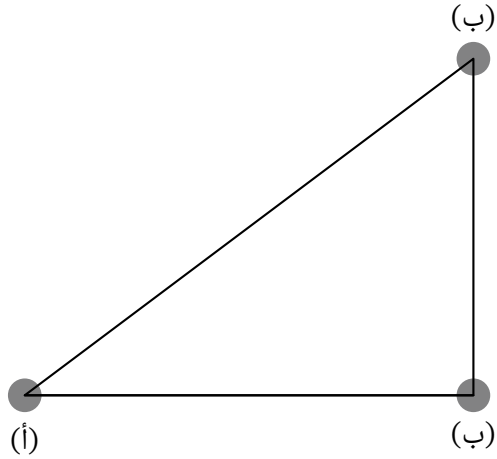


الحل

يسير الشخص على امتداد ثلاثة خطوط مستقيمة. والمسافة التي قطعها تساوي مجموع أطوال هذه الخطوط. يتم احتساب المسافة المقطوعة،d، كما يلي:

$$d = 5 + 8 + 7 = 20 \text{ m}.$$

افترض أن الجسم تحرك أيضًا من النقطة (جـ) رجوعًا إلى النقطة (أ)، كما هو موضح في الشكل التالي.



هنا، يتم حساب المسافة التي قطعها الجسم،d، كما يلي:

$$d = \left(\text{المسافة من (ب) إلى (أ)}\right) + \left(\text{المسافة من (أ) إلى (جـ)}\right) + \left(\text{المسافة من (جـ) إلى (ب)}\right).$$

نفترض أن الجسم ينتقل مرارًا وتكرارًا من (أ) إلى (ب)، ومن (ب) إلى (جـ)، ثم من (جـ) إلى (أ)، مكررًا بذلك رحلته عدة مرات. يمكننا أن **نطلق على عدد المرات التي يقطع فيها الجسم** هذه المسافة n.

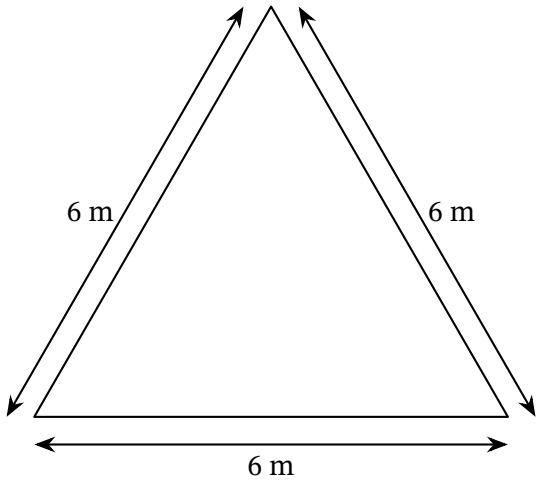
ويمكننا الآن أن نطلق على المسافة التي يقطعها الجسم، D، وتُعطَى بواسطة:

$$D = nd.$$

هيا نلقِ نظرة على مثال علينا فيه تحديد المسافة المقطوعة على طول مسار مغلق.

مثال ٣: تحديد المسافة المقطوعة على طول مسار يتغير اتجاهه

إذا كانت الخطوط الموضحة بالشكل تُمثِّل المسار الذي قطعه أحدهم سيرًا على الأقدام، فما المسافة الكلية التي قطعها إذا سار على كل خط مرة واحدة فقط؟



الحل

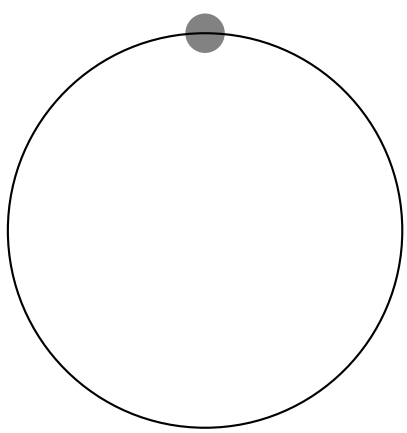
يسير الشخص على امتداد ثلاثة خطوط مستقيمة. ولا يوجد خط سار عليه الشخص أكثر من مرة، كما لا يوجد خط لم يسِر عليه، ما يعني أنه سار على كل خط مرة واحدة فقط.

إذن، المسافة التي يقطعها الشخص تساوي مجموع أطوال هذه الخطوط. ويتم حساب المسافة المقطوعة، d، كما يلي:

$$d = 6 + 6 + 6 = 18 \text{ m}.$$

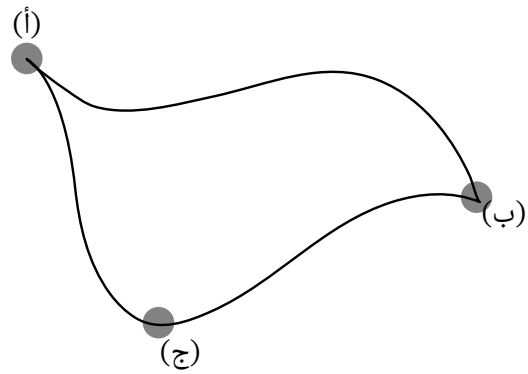
ما نستنتجه في هذه الأمثلة بالنسبة للمسافات المقطوعة في خطوط مستقيمة ينطبق أيضًا على المسافات المقطوعة على طول مسارات منحنية.

لنفترض أن الجسم يتحرك في مسار دائري، كما هو موضح في الشكل التالي.



لنفترض أيضًا أن الجسم يتحرك مرة واحدة حول المسار الدائري، عائدًا إلى نقطة بدايته دون أن يعكس اتجاهه. إذن، المسافة التي يقطعها الجسم تساوي محيط الدائرة.

افترض بدلًا من ذلك أن جسمًا يتحرك في المسار الموضح في الشكل التالي، حيث يتحرك الجسم من (أ) إلى (ب)، ثم من (ب) إلى (جـ)، وأخيرًا من (جـ) إلى (أ).



المسافة التي يقطعها الجسم تساوي مجموع أطوال المسارات المنحنية بين النقاط.

وبهذا نكون قد شرحنا المقصود بالمسافة.

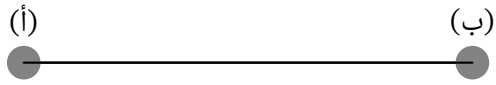
لنتحدث الآن عن الإزاحة.

عندما يغير الجسم موضعه، وكذلك عندما يقطع مسافة، تكون له إزاحة أيضًا.

الإزاحة هي كمية توضح كم تبعد النقاط بعضها عن بعض، لكنها ليست كالمسافة.

وسبب اختلاف الإزاحة عن المسافة هو أن الإزاحة لها اتجاه. والكميات التي لها اتجاه ومقدار هي كميات متجهة، لذا فالإزاحة كمية متجهة. وتُمثَّل الإزاحة عادةً بالرمز s.

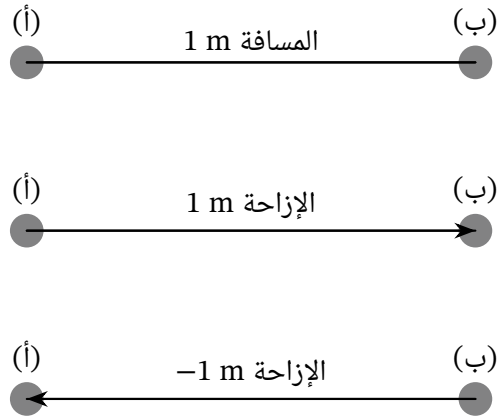
انظر إلى الخط الذي يصل بين النقطتين الموضحتين في الشكل الآتي.



يمكن أن يتحرك الجسم من (أ) إلى (ب) أو من (ب) إلى (أ). وإزاحة الجسم الذي يتحرك من (أ) إلى (ب) تكون في الاتجاه المعاكس لإزاحة الجسم الذي يتحرك من (ب) إلى (أ).

لنفترض أن المسافة من (أ) إلى (ب) تساويمتر واحد. وهي تساوي المسافة من (ب) إلى (أ).

وإزاحة الجسم الذي يتحرك من (أ) إلى (ب) تساوي متر واحد وإزاحة الجسم الذي يتحرك من (ب) إلى (أ) تساوي 1−متر كما هو موضح في الشكل التالي.



يمكننا أن نستنتج من ذلك أن المسافة بين (أ) و (ب) تساوي مقدار إزاحة الجسم الذي يتحرك من (أ) إلى (ب)، وتساوي مقدار إزاحة الجسم الذي يتحرك من (ب) إلى (أ). ويوضَّح اتجاه الإزاحة باستخدام إشارة موجبة أو سالبة.

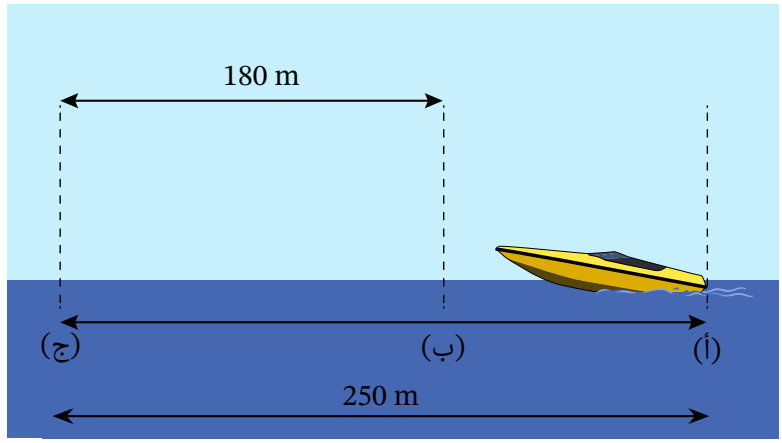
في هذا المثال، يكون الاتجاه موجبًا من (أ) إلى (ب). والاتجاه اتجاه موجب يمكن اختياره بحرية. وإذا كان أحد الاتجاهين موجبًا، فإن الاتجاه المعاكس لا بد أن يكون سالبًا.

وبما أن الإزاحة لها اتجاه، فلا بد أن تُمثَّل الإزاحة بين نقطتين بخط مستقيم. أما المسار المنحني، فيتغير اتجاهه على امتداد طوله، وبالتالي، ليس له اتجاه محدد.

هيا نلقِ نظرة الآن على مثال علينا فيه تحديد إزاحة نقاط من نقاط أخرى.

مثال ٤: تحديد الإزاحات بين المواضع

قارب سريع يمر بالعلامات عند النِّقاط (أ)، (ب)، (جـ)، كما هو موضَّح في الشكل. تتمثَّل الإزاحة الموجبة في التحرُّك من النقطة (أ) إلى النقطة (ج).



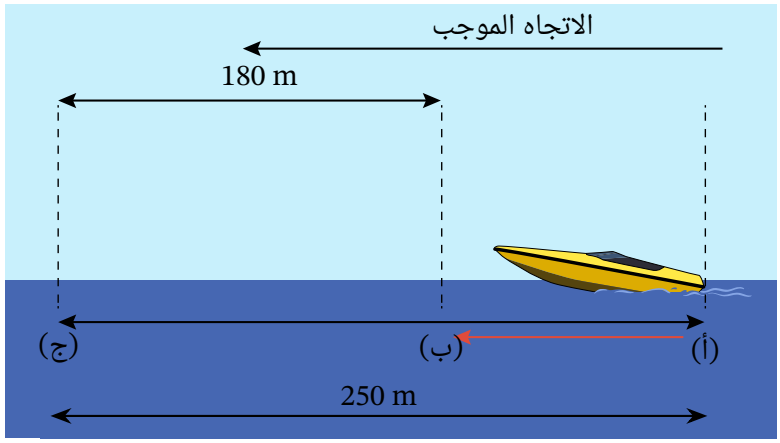
ما إزاحة القارب من النقطة (أ) عندما يكون عند النقطة (ب)؟

- ما إزاحة القارب من النقطة (جـ) عندما يكون عند النقطة (ب)؟
- ما إزاحة القارب من النقطة (أ) عندما يكون عند النقطة (جـ)؟
- ما إزاحة القارب من النقطة (جـ) عندما يكون عند النقطة (أ)؟

الحل

يوضح السؤال أن الاتجاه الموجب للإزاحة يكون من النقطة (أ) إلى النقطة (جـ). وهذا صحيح أيًا كانت النقطة التي يطلب السؤال حساب الإزاحة منها.

عندما يكون القارب عند النقطة (ب)، فإن الإزاحة من (أ) إلى (ب) تكون في نفس اتجاه الإزاحة من (أ) إلى (جـ)، وبالتالي، فهي في الاتجاه الموجب، كما هو موضح في الشكل التالي.

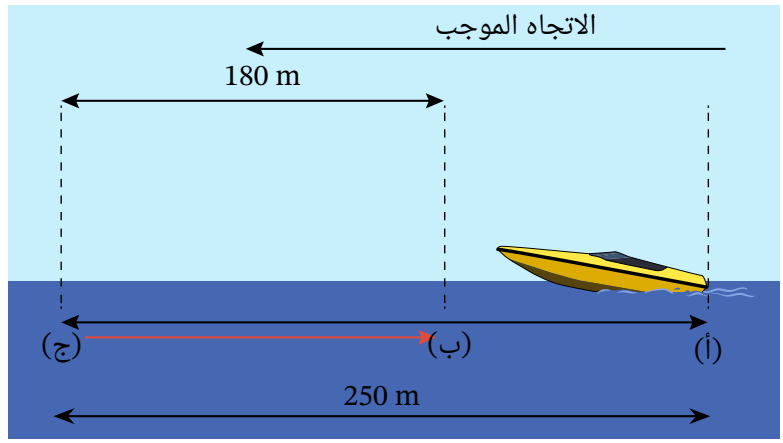


والمسافة من (أ) إلى (ب) تساوي المسافة من (أ) إلى (جـ) ناقص المسافة من (ب) إلى (جـ)، وبالتالي، فإن الإزاحة من (أ) إلى (ب) تساوي

$$s = 250 - 180 = 70 \text{ m}.$$

.

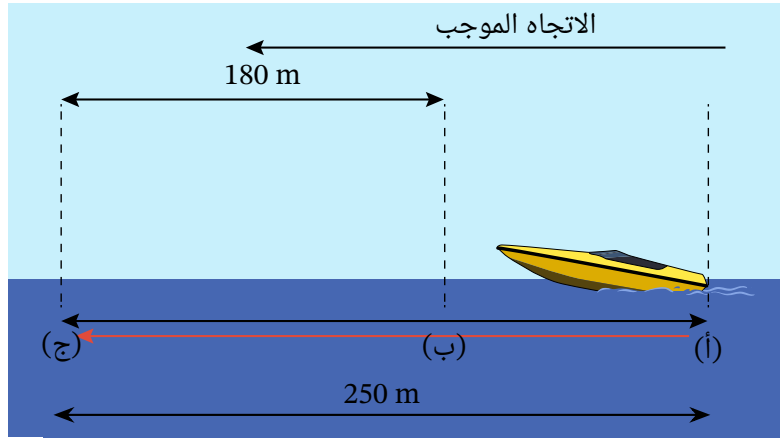
عندما يكون القارب عند النقطة (ب)، فإن الإزاحة من (جـ) إلى (ب) تكون في الاتجاه المعاكس للإزاحة من (أ) إلى (جـ)، وبالتالي، فهي في الاتجاه السالب، كما هو موضح في الشكل التالي.



والمسافة من (جـ) إلى (ب) تساوي 180 m، أي أن الإزاحة من (جـ) إلى (ب) تساوي

$$s = -180 \text{ m}.$$

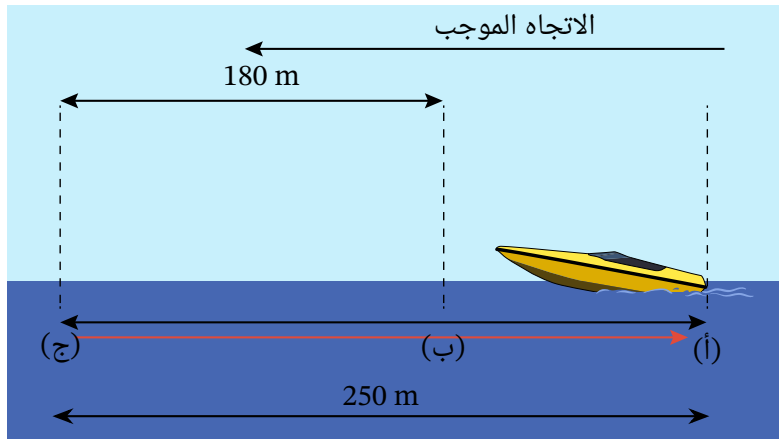
عندما يكون القارب عند النقطة (جـ)، فإن الإزاحة من (أ) إلى (جـ) تكون في الاتجاه الموجب، كما هو موضح في الشكل التالي.



والمسافة من (أ) إلى (جـ) تساوي 250 m، أي أن الإزاحة من (أ) إلى (جـ) تساوي

$$s = 250 \text{ m}.$$

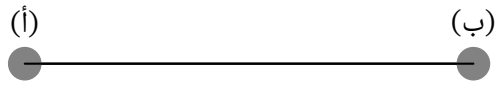
عندما يكون القارب عند النقطة (أ)، فإن الإزاحة من (جـ) إلى (أ) تكون في الاتجاه السالب، كما هو موضح في الشكل التالي.



والمسافة من (جـ) إلى (أ) تساوي 250 m، أي أن الإزاحة من (جـ) إلى (ب) تساوي

$$s = -250\ \text{m}.$$

يمكن لجسم أن يعود إلى نقطة البداية بالتحرك مسافة ما على طول خط مستقيم، ثم يقطع بعد ذلك المسافة نفسها في الاتجاه المعاكس على طول هذا الخط. يوضح الشكل التالي النقطتين (أ) و (ب) متصلتين بخط مستقيم.



إذا انتقل الجسم من (أ) إلى (ب) ثم عاد إلى (ب)، فإن إزاحته تساوي صفرًا. والمسافة التي قطعها الجسم لا تساوي صفرًا، لكنها تساوي ضعف المسافة من (أ) إلى (ب).

لنلقِ الآن نظرة على مثال نقارن فيه المسافة والإزاحة الناتجتين عن حركة جسم يعكس اتجاهه.

مثال ٥: تحديد الإزاحة الكلية لجسم يغير اتجاهه

تطايرت ورقة شجرة بسبب الرياح. تحرَّكت الورقة مسافة 5 m إلى الأمام، ثم تحرَّكت 3 m إلى الخلف.

- ما المسافة التي قطعتها الورقة؟
- ما الإزاحة الكلية للورقة في اتجاه الأمام؟

الحل

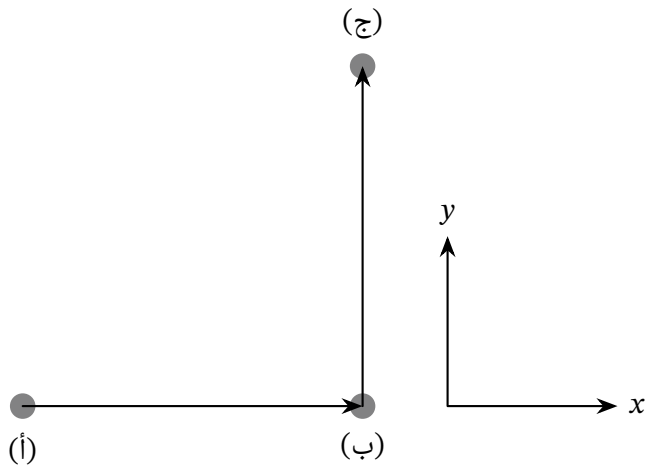
تتحرك ورقة الشجرة في خط مستقيم إلى الأمام مسافة 5 m، ثم تتحرك في خط مستقيم إلى الخلف مسافة 3 m. المسافة التي قطعتها الورقة تساوي مجموع طولي هذين المسارين. ويتم حساب المسافة المقطوعة، d، كما يلي:

$$d = 5 + 3 = 8 \text{ m}.$$

يطلب منا السؤال إيجاد الإزاحة الكلية للورقة إلى الأمام، لذا يمكن أن نعتبر حركة الورقة إلى الأمام موجبة، وبالتالي، يجب أن نعتبر حركة الورقة إلى الخلف سالبة. ونحصل على الإزاحة الكلية للورقة إلى الأمام كما يلي:

$$s = 5 + (-3) = 5 - 3 = 2 \text{ m}.$$

إذا تغيرت حركة الجسم في اتجاه ليس معاكسًا تمامًا، فهذا يعني أن الجسم لا يتحرك على طول خط واحد. وهكذا، يمكن اعتبار أن للجسم إزاحة في الاتجاهين x، y، كما يوضحه الشكل التالي.

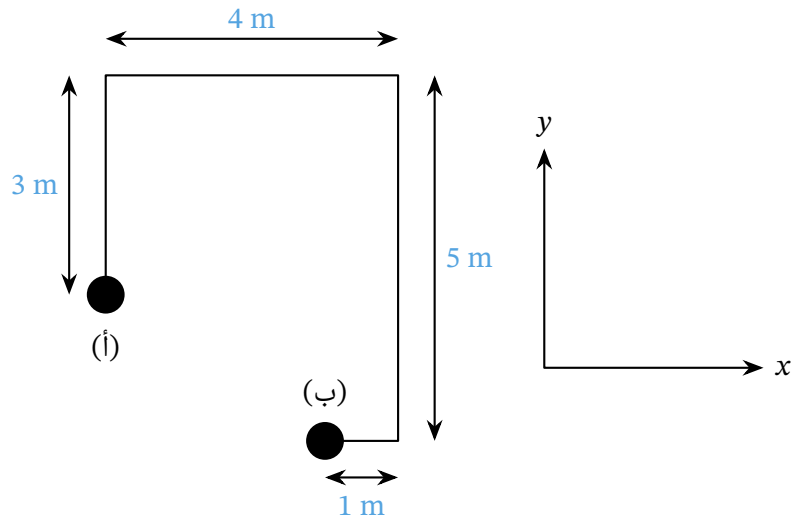


ويقطع الجسم مسافتين متساويتين في الاتجاهين x، y. ويكون للجسم إزاحتان، كل منهما في اتجاه مختلف.

هيا نلقِ نظرة على مثال علينا فيه تحديد إزاحة جسم يتحرك في الاتجاهين x، y

مثال ٦: تحديد الإزاحة الكلية لجسم في اتجاهين متعامدين

يمشي شخص من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) كما هو موضح في الشكل.



- ما إزاحة الشخص عند النقطة (ب) من النقطة (أ) في اتجاه x؟
- ما إزاحة الشخص عند النقطة (ب) من النقطة (أ) في اتجاه y؟

الحل

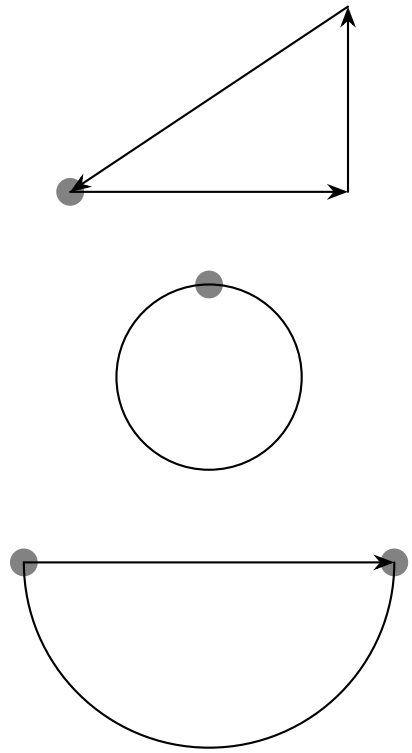
يوضح الشكل أن الاتجاه الموجب لـx يكون إلى اليمين. يتحرك الجسم مسافة 4 m إلى اليمين ويتحرك أيضًا مسافة 1 m إلى اليسار. ويتم حساب الإزاحة في اتجاه x كما يلي:

$$s = 4 + (-1) = 4 - 1 = 3 \text{ m}.$$

ويوضح الشكل أن الاتجاه الموجب لـ y يكون إلى لأعلى. يتحرك الجسم مسافة 3 m إلى أعلى ويتحرك أيضًا مسافة 5 m إلى أسفل. ويتم حساب الإزاحة في اتجاه y من

$$s = 3 + (-5) = 3 - 5 = -2 \text{ m}.$$

يمكن للجسم أن يعود إلى نقطة البداية بالتحرك على طول مسار مغلق يغير اتجاهه. ويمكن أن يكون المسار الذي يقطعه الجسم ليعود إلى نقطة بدايته عبارة عن خطوط مستقيمة أو منحنيات أو خطوط مستقيمة ومنحنيات، كما هو موضح في الشكل التالي.

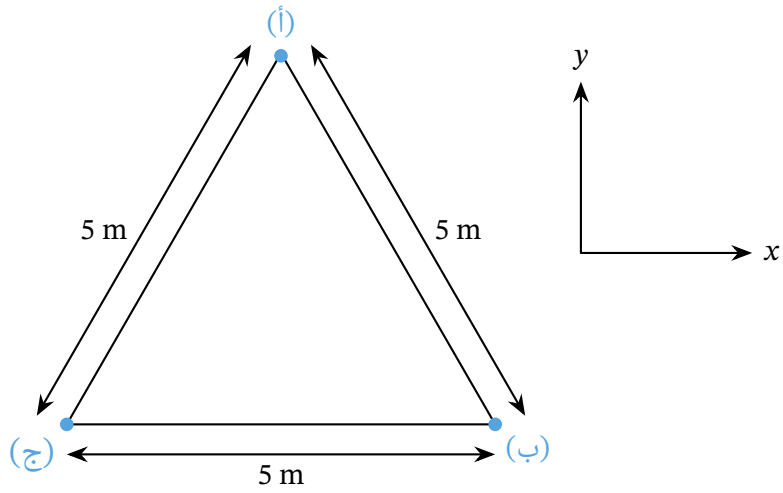


في المسارات المغلقة الموضحة في الشكل السابق، تُمثَّل الإزاحات بالخطوط المستقيمة فقط. والإزاحات فقط هي متجهات، ومن ثم، فإن الخطوط المستقيمة فقط لها أسهم توضح الاتجاه.

هيا نلقِ نظرة على مثال يتضمن إزاحات جسم يتحرك على طول مسارات مغلقة في الاتجاهين x، y.

مثال ٧: تحديد الإزاحة الكلية لجسم على طول مسار مغلق

يسير شخصان في مسار على شكل مثلث رءوسه النقاط (أ)، (ب)، (جـ) الموضحة بالشكل. يسير الشخص الأول من النقطة (أ) على طول مسار المثلث، ويعود مرة أخرى إلى النقطة (أ). يتوقف الشخص الأول عندما يعود إلى النقطة (أ). يسير الشخص الثاني من النقطة (ب) على طول مسار المثلث، ويعود مرة أخرى إلى النقطة (ب). يتوقف الشخص الثاني عندما يعود إلى النقطة (ب).



- ما إزاحة الشخص الأول من النقطة (أ) في الاتجاه x عندما يتوقف؟
- ما إزاحة الشخص الأول من النقطة (أ) في الاتجاه y عندما يتوقف؟
- ما إزاحة الشخص الثاني من النقطة (ب) في الاتجاه x الاتجاه عندما يتوقف؟
- ما إزاحة الشخص الثاني من النقطة (ب) في الاتجاه y عندما يتوقف؟

الحل

يبدأ الشخص الأول من النقطة (أ) ثم يسلك مسارًا على شكل مثلث ليعود إلى النقطة (أ) حيث يتوقف. والنقطة (أ) هي النقطة التي تبدأ وتنتهي عندها حركة الشخص. وبذلك، فإن إزاحة الشخص تساوي صفرًا. والإزاحة صفر تساوي صفرًا في أي اتجاه، لذا فإن الإزاحة في اتجاه x تساوي صفرًا والإزاحة في اتجاه y تساوي صفرًا.

وتكون حركة الشخص الثاني مطابقة تقريبًا لحركة الشخص الأول، ولكن الفرق الوحيد بينهما هو أن الشخص الثاني يبدأ عند النقطة (ب) بدلًا من النقطة (أ).

لا تؤثر مواضع البداية المختلفة للشخصين على إزاحتيهما، لأن كل شخص يعود إلى موضع بدايته، وهكذا، فإن إزاحتيهما تساوي صفرًا.

هيا نلخص الآن ما تعلمناه في هذه الأمثلة.

النقاط الرئيسية

- المسافة هي طول المسار بين نقطتين.
- يمكن أن يُمثَّل المسار بين نقطتين بخط مستقيم أو منحنى.
- لا يؤثر اتجاه الجسم الذي يتحرك بين نقطتين على المسافة التي يقطعها الجسم. المسافة لها مقدار وليس لها اتجاه، لذا فهي كمية قياسية.

- المسافة الكلية التي يقطعها جسم يتحرك بين عدة نقاط تساوي مجموع المسافات التي يقطعها الجسم بين هذه النقاط.
- الإزاحة هي المسافة المستقيمة من نقطة إلى نقطة أخرى.
- للإزاحة اتجاه وكذلك مقدار، ومن ثم، فهي كمية متجهة.
- بالنسبة للحركة على طول خط، يجب اختيار اتجاه من أحد طرفي الخط إلى الطرف الآخر بحيث تكون الإزاحة موجبة.وبالنسبة للاتجاه المعاكس، تكون الإزاحة سالبة.
- مقدار الإزاحة على طول مسار مستقيم بين نقطتين هو المسافة بين هاتين النقطتين على طول هذا المسار.
- حركة الجسم الذي ينتقل من نقطة ثم يعود إلى النقطة نفسها ينتج عنها إزاحة تساوي صفرًا.
- بالنسبة لجسم تتغير حركته في اتجاه ليس معاكسًا تمامًا، فإن الجسم تكون له أكثر من إزاحة على طول أكثر من خط واحد.