

فيزياء

الحركة على خط مستقيم وقوانين نيوتن

الجدارة : ربط العلاقة بين عناصر الحركة لجسم و القوة الخارجية المؤثرة عليه و حل المسائل التي يكون فيها محور القوة منطبقاً على محور الحركة فقط .

الأهداف : عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على أن :

1. تعرف الإزاحة و المسافة .
2. تعرف السرعة المتوسطة.
3. تعرف التسارع وتذكر وحدته و تعدد حالاته .
4. تذكر معادلات الحركة في خط مستقيم و بتسارع منتظم .
5. تطبق معادلات الحركة في حساب الكميات الآتية : الإزاحة - السرعة - التسارع - الزمن .
6. تذكر قانون نيوتن الأول نصاً و رياضياً .
7. تذكر قانون نيوتن الثاني نصاً و رياضياً .
8. تطبق قانون نيوتن الثاني على جسم واقع تحت تأثير قوة أو قوتين تعمل على نفس محور الحركة.
9. تذكر قانون نيوتن الثالث نصاً و رياضياً .
10. تذكر أمثلة على قانون نيوتن الثالث للأجسام المتحركة و الساكنة .

الوقت المتوقع للتدريب : 10 ساعات .

الحركة على خط مستقيم وقوانين نيوتن

مقدمة :

تعد دراسة مفهوم الحركة العمود الفقري في جسم الفيزياء ، لما لها من أهمية قصوى في مختلف العلوم والتقنية التي تتعامل مع حركة الأجسام ، ولكن قبل دراسة الحركة علينا أن ندرس مفهوم الإزاحة والسرعة والتسارع . بغض النظر عن السبب الذي أدى إلى حركتها .

الإزاحة :

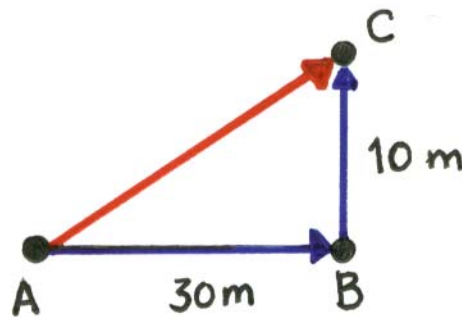
مر معنا سابقاً في الفصل الدراسي الأول أن المسافة كمية قياسية ، وأن الإزاحة كمية متجهة وكلاهما تقاسان بوحدة الطول وهي المتر (m) في النظام العالمي ولكنهما من الناحية الفيزيائية مختلفتان . والمثال التالي يوضح الفرق بين المفهومين :

مثال (3-1) :

تحركت سيارة من نقطة A إلى B مسافة قدرها 30m باتجاه الشرق ثم تحركت من B إلى C مسافة قدرها 10m باتجاه الشمال كما هو موضح بالشكل (3-1) والمطلوب :

أ- كم المسافة التي قطعها حتى وصلت إلى C .

ب- كم تبعد نقطة النهاية C عن نقطة البداية A .



شكل (3-1)

الحل :

1- مقدار المسافة من A إلى C مروراً بـ B هو :

$$S = AB + BC$$

$$S = 30 \text{ m} + 10 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

2- البعد بين نقطة النهاية C ونقطة البداية A يمثلها السهم المتجه من A إلى C مباشرة ، ويمكن

حسابها باستخدام نظرية فيثاغورس كما يلي :

$$AC = \sqrt{30^2 + 10^2} = 31.6 \text{ m}$$

وعلى هذا فإنه يمكننا أن نعرف المسافة على النحو الآتي:

المسافة : هي عبارة عن طول المسار الفعلي الذي سلكه الجسم

فالمسافة في المثال السابق هي 40 m.

وأما الإزاحة فهي :

البعد المستقيم المتجه من نقطة بداية الحركة والمنتهي بنقطة نهايتها .

فالسهم المنطلق من A إلى C مباشرة في المثال السابق يمثل الإزاحة وهي تساوي 31.6m .

السرعة المتوسطة :

عندما تقطع سيارة مسافة 200 km/h في اتجاه معين خلال زمن قدره أربع ساعات ، فإننا نقول إنها كانت تسير بسرعة متوسطة مقدارها 50km/h ، وهذا لا يعني بالضرورة أن السيارة كانت تسير بهذه السرعة طوال الوقت ، ونعرف السرعة المتوسطة في اتجاه معين بأنها :

الإزاحة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن .

وتقدر رياضياً على النحو الآتي :

$$\text{السرعة} = \frac{\text{الإزاحة}}{\text{الزمن}}$$

أي أن :

$$v = \frac{s}{t}$$

(3-1)

حيث v السرعة تقاس بوحدة m/s (متر / ثانية)

s الإزاحة بوحدة m (متر)

t الزمن بوحدة s (ثانية)

مثال (3-2) :

ما هي سرعة طائرة تقطع مسافة 450 km في 45 min .

الحل :

$$s = 450 \text{ km} = 450 \times 1000 = 450000 \text{ m}$$

$$t = 45 \text{ min} = 45 \times 60 = 2700 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{450000}{2700} = 166.66 \text{ m / s}$$

التسارع :

عندما تبدأ سيارة بالحركة من حالة السكون (سرعتها = صفر) حتى تصل سرعتها إلى مقدار معين (سرعتها = 80km) ، عندئذ يقال أن السيارة أخذت تتسارع أي تتزايد سرعتها تدريجياً مع مرور الزمن ، ويعرف التسارع بأنه :

معدل التغير في السرعة خلال وحدة الزمن .

ويعبر عن ذلك رياضياً كما يلي :

$$\text{التسارع} = \frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{الزمن الذي حصل فيه التغير}}$$

أو

$$a = \frac{V_f - V_o}{t} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

حيث a : التسارع بوحدة m/s^2

V_f : السرعة النهائية { بوحدة m/s

V_o : السرعة الابتدائية

t : الزمن الذي حصل فيه التغير بوحدة S.

ماذا لو حدث العكس ؟

أي عندما نحاول إيقاف السيارة فإن سرعتها تتناقص تدريجياً حتى تصل إلى الصفر مع مرور الزمن ، وهو ما يعرف بالتباطؤ ويمكن تعريف التباطؤ على أنه تسارع سلبي .

نستنتج مما سبق أن التسارع يكون :

- 1- سالباً عندما تكون سرعة الجسم في تناقص .
أي أن السرعة الابتدائية $V_0 < V_f$ السرعة النهائية .
- 2- موجباً عندما تكون سرعة الجسم في تزايد ، أي أن :

$$V_0 < V_f$$

س : إذا كانت سرعة الجسم ثابتة ما قيمة التسارع ؟

ج : قيمة التسارع = صفر

مثال (3-3) :

تسير سيارة في خط مستقيم بسرعة 10 m/s ثم بدأت تتسارع بشكل منتظم حتى وصلت سرعتها إلى 31 m/s خلال فترة زمنية قدرها ثلاث ثواني . احسب مقدار تسارع السيارة .

الحل :

$$v_0 = 10\text{ m/s} , \quad v_f = 31\text{ m/s} , \quad t = 3\text{ s}$$

$$a = \frac{v_f - v_0}{t}$$

$$a = \frac{31 - 10}{3}$$

$$a = 7\text{ m/s}^2$$

وهذا يعني أن سرعة السيارة تزيد في كل ثانية بمقدار 7 m/s .

فبعد مرور ثانية من بدأ الحركة تكون سرعتها 17 m/s .

وبعد مرور الثانية الثانية تكون سرعتها 24 m/s .

وبعد مرور الثانية الثالثة تكون سرعتها 31 m/s .

مثال (3-4) :

تسير سيارة بسرعة مقدارها 50 km/h . اضطر سائقها إلى إيقافها ، فتوقفت بعد أربع ثواني من ضغط السائق على الفرامل . احسب تسارع السيارة بوحدة m/s^2 .

الحل :

$$v_o = 50 \text{ km / h} = 50 \times 0.2778 = 13.89 \text{ m / s}$$

$$v_f = 0 \quad t = 4 \text{ s}$$

$$a = \frac{v_f - v_o}{t}$$

$$a = \frac{0 - 13.89}{4} = -3.47 \text{ m / s}^2$$

إشارة التسارع سالبة ، لماذا ؟

معادلات الحركة :

إذا تحرك جسم على خط مستقيم بسرعة ابتدائية قدرها (v_o) ثم أخذ يتسارع بمعدل منتظم بمقدار (a) خلال زمن قدره (t) فإنه سيقطع مسافة مقدارها (s) وتصل سرعته إلى (v_f) يمكن وصف حركة هذا الجسم من خلال المعادلات الآتية :

$$v_f = v_o + at$$

$$s = v_o t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v_f^2 - v_o^2 = 2 as$$

(3-3)

ملحوظة: في حالة التسارع السلبي (التباطؤ) تكون إشارة (a) سالبة.

مثال (3-5) :

تتحرك سيارة بسرعة 20 m/s ثم أخذت تتسارع بمعدل 3 m/s^2 احسب المسافة التي قطعتها حتى تصل إلى سرعة 26 m/s من لحظة بدء تسارعها ثم احسب الزمن اللازم لذلك.

الحل

$$v_f = 20 \text{ m/s} \quad v_f = 26 \text{ m/s} \quad , \quad a = 3 \text{ m/s}^2$$

1- احسب المسافة s :

$$v_f^2 - v_o^2 = 2as$$

$$s = \frac{v_f^2 - v_o^2}{2a}$$

$$s = \frac{(26)^2 - (20)^2}{2 \times 3}$$

$$s = 46 \text{ m}$$

2- حساب الزمن اللازم t :

$$v_f = v_o + at$$

$$t = \frac{v_f - v_o}{a}$$

$$t = \frac{26 - 20}{3} = 2 \text{ s}$$

مثال (3-6)

يتحرك قطار بسرعة 80 km/h ضغط السائق على جهاز الإيقاف (الفرامل) ليووقف القطار، فأخذ القطار يتباطأ بمعدل 2 m/s^2 احسب ما يلي:

1. الزمن اللازم لتوقف القطار .

2. المسافة التي قطعها القطار من لحظة الضغط على جهاز الإيقاف حتى يتوقف .

الحل :

$$v_0 = 80 \text{ km/h} = 80 \times \frac{1000}{3600} = 22.2 \text{ m/s}$$

$$v_f = 0, a = 2 \text{ m/s}^2$$

1 - حساب الزمن t :

$$v_f = v_0 - a t$$

$$t = \frac{v_f - v_0}{-a} = \frac{0 - 22.2}{-2}$$

$$t = 11.1 \text{ s}$$

2 - حساب المسافة s :

$$v_f^2 - v_0^2 = -2 a s$$

$$s = \frac{v_f^2 - v_0^2}{-2 a} = \frac{-(22.2)^2}{-2 \times 2}$$

$$s = 123.2 \text{ m}$$

قانون نيوتن الأول

نلاحظ من مشاهداتنا اليومية أن أي جسم من حولنا مثل المقعد أو المنضدة ، أو أي جسم ساكن لا يغير وضعه من تلقاء نفسه ما لم ندفعه أو نسحبه . أو بوجه عام ما لم نؤثر عليه بقوة خارجية تغير من حالة سكونه .

وكذلك بالنسبة لجسم يتحرك في خط مستقيم وبسرعة ثابتة لا يغير من مقدار سرعته سواء بالزيادة أو بالنقصان أو يغير اتجاه سرعته ما لم تؤثر عليه قوة خارجية .

ولقد عبر نيوتن عن هذه المفاهيم في قانونه الأول الذي ينص على ما يلي :

يبقى الجسم محافظاً على حالته من سكون أو حركة بسرعة ثابتة وعلى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية .

تكمن أهمية هذا القانون في كونه ساعد على إيجاد مفهوم للقوة وارتباطها بتغير سرعة الجسم مقدارا أو اتجاهاً أو كلاهما معاً .

س : قد يكون هناك جسم تؤثر عليه مجموعة من القوى ورغم ذلك يبقى الجسم على حالته من حيث السكون أو الحركة بسرعة ثابتة . فكيف تفسر ذلك ؟

ج: محصلة هذه القوى على الجسم تساوي صفراً ، وتكتب هذه النتيجة رياضياً على النحو الآتي :

$$\Rightarrow \quad v F_{\text{ext}} = 0 = \text{مقدار ثابت}$$

..... (3-6)

حيث F_{ext} : تعني محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم .

قانون نيوتن الثاني

عندما تؤثر قوى خارجية على جسم ما بحيث أن محصلتها لا تساوي صفراً فإن الجسم يكون في حالة حركة غير منتظمة ، أي أن سرعة الجسم في تزايد أو تناقص أو تغيير في اتجاهها ونتيجة لذلك فإن الجسم يكتسب تسارعاً وهذا ما عبر عنه نيوتن في قانونه الثاني والذي ينص على ما يلي :

إذا أثرت قوة (F) على جسم كتلته (m) فإنها تكسبه تسارعاً مقداره a في نفس اتجاه القوة، بحيث تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة و عكسياً مع كتلة الجسم .

ونعبر عن ذلك رياضياً على النحو الآتي :

$$F = m a$$

(3-7)

حيث F : القوة المؤثرة بوحدة نيوتن (N)

m : كتلة الجسم بوحدة (kg)

a : تسارع الجسم بوحدة (m/s²)

مثال (3-7) :

جسم كتلته 245g يتحرك على مستوى أفقي أملس . أوجد القوة التي تكسبه تسارعاً مقداره 2.45m/s² .

الحل :

$$m = 245 \text{ g} = \frac{245}{1000} = 0.245 \text{ kg}$$

$$a = 2.45 \text{ m / s}$$

$$F = m a$$

$$F = 0.245 \times 2.45 = 0.6 \text{ N}$$

مثال (3-8)

أعتبر القوة في المثال السابق (3-7) والتي تساوي $F = 0.6N$ وتؤثر على جسم كتلته $490g$ فكم مقدار التسارع الذي يكتسبه الجسم ؟ ثم قارن مقدار التسارع في المثالين .
الحل :

$$m = 490g = \frac{490}{1000} = 0.49kg$$

$$F = 0.6N$$

$$F = ma$$

$$\Rightarrow a = \frac{F}{m}$$

$$\therefore a = \frac{0.6}{0.49} = 10225 \text{ m/s}^2$$

بمقارنة النتائج :

$$m_1 = 249 \text{ g} , a = 2.45 \text{ m/s}^2$$

$$m_2 = 490 \text{ g} , a = 1.225 \text{ m/s}^2$$

نستنتج من ذلك أنه كلما زاد مقدار الكتلة كلما قل مقدار التسارع والعلاقة بينها عكسية.

مثال (3-9) :

تؤثر قوة مقدارها 20 N على جسم كتلته 5 kg فكم مقدار التسارع الذي يكتسبه الجسم .
الحل :-

$$F = 10 \text{ N} , m = 5 \text{ kg}$$

$$\therefore a = \frac{F}{m} = \frac{20}{5} = 4 \text{ m/s}^2$$

بمقارنة النتائج :

$$F = 20 \text{ N} , a = 4 \text{ m/s}^2$$

$$F = 10 \text{ N} , a_2 = 2 \text{ m/s}^2$$

نستنتج من ذلك أنه كلما زاد مقدار القوة المؤثرة على الجسم زاد مقدار التسارع والعلاقة بينهما علاقة طردية .

مثال (11 - 3)

جسم ساكن كتلته 10 kg أثرت عليه قوة مقدارها 80 N فاكسب الجسم بذلك تسارعاً ، إذا كان الجسم يلقي مقاومة وهي قوة احتكاك الجسم بالأرض تساوي 19.6 N احسب ما يلي :

1. مقدار التسارع الذي اكتسبه الجسم.

2. المسافة التي قطعها الجسم خلال 10 s

الحل :

$$F_1 = 80 \text{ N} \quad F_2 = 19.6 \text{ N} \quad m = 10 \text{ kg}$$



شكل (3-2)

1. مقدار التسارع (a)

$$F = ma$$

ولكن القوة المؤثرة \vec{F} عبارة عن محصلة القوتين F_1, F_2 وهي تساوي الفرق بين هاتين القوتين

$$F = F_1 - F_2$$

$$\therefore F_1 - F_2 = ma$$

$$\Rightarrow a = \frac{F_1 - F_2}{m} = \frac{80 - 19.6}{10} \text{ أي أن :}$$

$$a = 6.04 \text{ m/s}^2$$

$$v_0 = 0 \quad \text{2. المسافة (S) :}$$

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$S = 0 + \frac{1}{2} \times 6.04 \times 10^2 = 302 \text{ m}$$

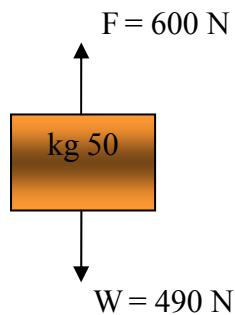
مثال : (3-12)

صندوق شحن كتلته 50 kg سحب رأسياً إلى الأعلى بواسطة آلة رافعة بقوة مقدارها 600 N احسب مقدار تسارع الصندوق إلى الأعلى .

الحل :

يؤثر على الجسم قوتين $F = 600 \text{ N}$ اتجاهها إلى الأعلى والقوة الأخرى هي وزن الجسم (W) واتجاهها إلى أسفل وهي تساوي :-

$$\begin{aligned} W &= m g \\ &= 50 \times 9.5 = 490 \text{ N} \end{aligned}$$



شكل (3-3)

$$F = m a$$

$$\Rightarrow F - W = m a$$

$$a = \frac{F - W}{m} = \frac{600 - 490}{50}$$

$$a = 2.2 \text{ m/s}^2$$

قانون نيوتن الثالث :

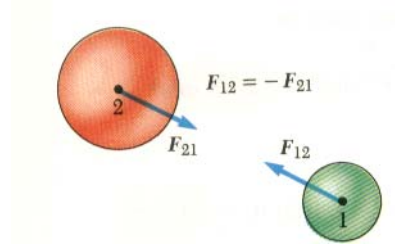
لا توجد في الكون قوة بمفردها ، بل تحدث القوى دائماً في أزواج متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه تسمى الفعل ورد الفعل .

وهكذا إذا بذل الجسم الأول قوة F_{12} على الجسم الثاني كما في الشكل (3-4) فإن الجسم

الثاني سيؤثر على الجسم الأول بقوة F_{21} مساوية لها في المقدار ومتعاكسة لها في الاتجاه . أي أن :

$$F_{12} = - F_{21}$$

الإشارة (-) تعني أن القوة F_{21} عكس اتجاه القوة F_{12}



شكل (3-4)

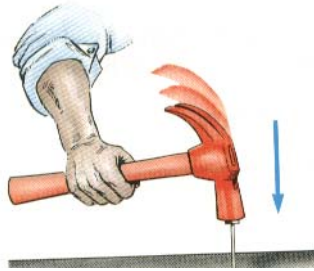
وهذا ما يعرف بقانون نيوتن الثالث الذي صيغته على النحو الآتي :

لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومتعاكسة لها في الاتجاه

ومن الأمثلة على ذلك ما يلي :

1- إذا حاولت دفع سيارة معطلة ستشعر بدفع معاكس متناسب مع قوة دفعك للسيارة .

2- قوة فعل المطرقة على المسمار ورد فعل قوة المسمار على المطرقة كما في الشكل (3-5)



شكل (3-5)

3- يشعر رجل الإطفاء بقوة رد فعل تدفعه إلى الخلف بسبب قوة فعل اندفاع الماء من الخرطوم كما في الشكل (3-6) .



شكل (3-6)

أسئلة

- 1- ما الفرق بين الإزاحة والمسافة .
- 2- عرف : التسارع ، السرعة.
- 3- ما المسافة التي تقطعها سيارة تسير بسرعة 30 km/h خلال انشغال سائقها لمدة ثانية بالنظر إلى حادث مروري على جانب الطريق .
- 4- تسير سيارة بسرعة 10 m/s ثم أخذت تتسارع بشكل منتظم حتى وصلت سرعتها إلى 25 m/s في فترة زمنية قدرها 5 s احسب تسارع السيارة .
- 5- يسير قطار بسرعة 100 km/h ، ضغط السائق على جهاز الإيقاف (الفرامل) ليوقف القطار ، فبدأ القطار يتباطأ بمعدل منتظم حتى وقف تماماً في زمن قدره 9 s احسب مقدار التباطؤ . ثم احسب المسافة اللازمة لتوقف القطار .
- 6- تسير سيارة بسرعة 36 km/h أخذت تتسارع بمعدل منتظم مقداره 2 m/s^2 ولمدة 10 s احسب ما يلي :-
 أ - السرعة التي تصل إليها .
 ب - المسافة اللازمة التي تقطعها .
- 7- يتناقص مقدار سرعة سيارة بانتظام من 15 m/s إلى 7 m/s خلال اجتياز مسافة 90 m احسب ما يلي :-
 أ - تسارع السيارة .
 ب - المسافة الإضافية التي يقطعها القطار قبل أن يصل على السكون .
- 8- جسم كتلته 60 kg أثرت عليها قوة أفقية ثابتة فاكتسب تسارعاً مقداره 7 m/s^2 ، احسب مقدار هذه القوة .
- 9- قوة ثابتة تؤثر على جسم كتلته 5 kg ، فغيرت سرعتها من 7 m/s إلى 3 m/s في زمن قدره 2 s احسب هذه القوة .

10- إذا كان مقدار قوة اندفاع الماء من خرطوم إطفاء حريق هو 800 N فما هو مقدار

القوة التي يجب أن يؤثر بها رجال الإطفاء على الخرطوم لكي يكون ساكناً .

11. - جسم كتلته 7 kg سحب رأسياً إلى الأعلى بواسطة حبل بتسارع مقداره 3 m/s^2 ،

احسب قوة الشد في الحبل .

12. - سيارة متحركة بسرعة 20 m/s على طريق أفقي ضغط سائقها على الفرامل فأخذت السيارة

تتباطأ بمعدل منتظم حتى توقفت ، إذا كانت قوة الاحتكاك بين الإطارات والطريق 8820 N

وكتلة السيارة 1000 kg

احسب ما يلي :-

أ - تسارع السيارة .

ب - المسافة التي قطعتها لحظة الضغط على الفرامل حتى توقفت .

13. - صندوق كتلته 70 kg ينزلق على أرضية بقوة مقدارها 400 N إذا كانت قوة الاحتكاك

بين الصندوق والأرض 344 N ، احسب تسارع الصندوق .

14- - يسحب عامل صندوق كتلته 70 kg على أرضية بقوة أفقية مقدارها 400 N إذا كانت قوة

الاحتكاك بين الصندوق والأرض هي 344 N احسب ما يلي :

أ - تسارع الصندوق .

ب - المسافة التي قطعها الصندوق خلال 5 s من لحظة السكون .

15. - أثرت قوة على جسم ساكن كتلته 49 kg فأصبحت سرعته 7 m/s بعد 3 s احسب مقدار

هذه القوة بفرض أن الاحتكاك مهمل بين الجسم والأرض .

16. - صندوق كتلته 5 kg موضوع على طاولة ، احسب القوة التي يؤثر بها الصندوق على الطاولة

وكذلك قوة رد فعل الطاولة على الصندوق .