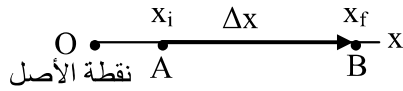


الفصل الثالث: الحركة الخطية

Linear Motion

تعتبر الحركة من المواضيع الهامة التي يتحتم علينا دراستها ابتداءً من حركة الجسيمات الصغيرة إلى كرة القدم و السيارة وانتهاءً بحركة النجوم والكواكب. ويسمى العلم الذي يبحث في حركة الجسيمات بعلم الميكانيكا . في هذا الفصل سندرس حركة الجسيمات في خط مستقيم ومن خلاله أيضا سنتعرف على مفاهيم الإزاحة والسرعة والتسارع وعلاقتها ببعضها البعض ومع الزمن أيضا.

1-3 الإزاحة Displacement



شكل (1-3) Δx تمثل إزاحة الجسم على خط مستقيم من الموضع A إلى الموضع B

نعرف إزاحة الجسم بأنها التغير في موضعه بالنسبة إلى نقطه إسناد (مرجع) معينة وهي كمية متجهة تعتمد على نقطة البداية ونقطة النهاية بغض النظر عن المسار الذي يتبعه الجسم في تحركه.

عندما يتحرك جسم على خط مستقيم و ليكن محور x فإن اتجاه حركته يكون محدداً على هذا المحور. أي أن إزاحة الجسم هي Δx فإذا كانت موجبة فإن ذلك يعني أنها باتجاه محور x الموجب و إذا كانت سالبة فيعني أنها باتجاه محور x السالب. يبين الشكل (1-3) جسماً ينتقل على محور x من الموضع الابتدائي A عند زمن t_i إلى الموضع النهائي B عند زمن t_f . إزاحة الجسم تعطى حسب الصيغة التالية:

$$\Delta x = x_f - x_i \quad (3-1)$$

ملاحظة/ يجب التفريق بين المسافة distance والإزاحة displacement حيث أن المسافة تمثل الطول الفعلي للمسار الذي يقطعه الجسم وهي كمية قياسية ، أما الإزاحة فتمثل أقصر مسافة بين نقطة البداية ونقطة النهاية وهي كمية متجهة.

2-3 السرعة (الاتجاهية) المتوسطة Average velocity

نعلم أن حركة جسم ما من موضع عند زمن ابتدائي t_i إلى موضع آخر عند زمن نهائي t_f تستغرق فترة زمنية Δt . تعرّف السرعة المتوسطة بأنها نسبة الإزاحة إلى الزمن واتجاهها هو اتجاه الإزاحة وتعطى بالعلاقة :

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} \quad (3-2)$$

3-3 السرعة (الاتجاهية) اللحظية Instantaneous velocity

تعرف على أنها معدل تغير متجه الموضع بالنسبة للزمن وهي تعبر عن سرعة الجسم عند لحظة معينة وتعطى حسب العلاقة :

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (3-3)$$

4-3 التسارع المتوسط Average acceleration

عندما يتحرك جسم ما بسرعة معينة على خط مستقيم و تزداد سرعته نقول بأنه يتسارع وإذا تناقصت سرعته فنقول أن تسارعه سالب أي أنه يتباطأ وبشكل عام نعرف متوسط التسارع (العجلة المتوسطة) a بأنه نسبة تغير السرعة اللحظية للزمن.

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \quad (3-4)$$

5-3 التسارع اللحظي Instantaneous acceleration

يعرف على أنه معدل تغير السرعة اللحظية بالنسبة للزمن وتعطى حسب العلاقة :

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (3-5)$$

مثال (1-3)

يتحرك جسم من نقطة الأصل شرقاً مسافة 40m في ست ثواني ، ثم تابع شرقاً مسافة 60m في أربع ثواني . أوجد

(أ) إزاحة الجسم

(ب) متوسط سرعته المتجهة

(ج) متوسط سرعته المتجهة خلال الفترة الزمنية الثانية .

الحل:

(أ) بما أن الجسم يتحرك من نقطه الأصل على خط مستقيم فتكون إزاحة الجسم

$$\Delta x = x_1 + x_2 + x_3$$

وحيث أن الإزاحة كمية متجهة فإنه يجب الأخذ بعين الاعتبار إشارة الإزاحات الثلاثة وعليه فإن الإزاحة الكلية

$$\Delta x = 40m + 60m = 100m$$

وحيث أن الإزاحة موجبة فإنها تكون باتجاه الشرق.

(ب) متوسط السرعة المتجهة

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{100m}{6s + 4s} = 10 \text{ m/s}$$

وبما أنها موجبه فهي أيضاً في اتجاه الشرق.

(ج) في الفترة الزمنية الثانية كانت

$$\Delta x = 60 \text{ m} = \text{التغير في المسافة}$$

$$\Delta t = 4s = \text{التغير في الزمن}$$

$$\bar{v} = \frac{60m}{4s} = 15 \text{ m/s}$$

6-3 الحركة الخطية بعجله منتظمة Linear motion with constant acceleration

عندما يتحرك جسم ما بسرعة متزايدة أو متناقصة بمعدل ثابت فإن حركته تكون بعجله منتظمة a تعرف بأنها السرعة بالنسبة للزمن.

دعنا نفترض أن جسماً ما يسير بسرعة $v_1 = v_0$ عند بداية الحركة $t_1 = 0$ و بعد زمن معين $t_2 = t$ أصبحت سرعته $v_2 = v$ فإن التسارع (عجلة الجسم)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V - V_0}{t - 0} \quad (3-6)$$

وتتلخص قوانين الحركة الخطية ذات العجلة المنتظمة فيما يأتي:

أولاً: إذا كان الجسم يتحرك بسرعة ابتدائية v_0 وبعجلة منتظمة a ، فمن المعادلة (3-6) تكون سرعته v عند الزمن t هي

$$v = v_0 + at \quad (3-7)$$

ثانياً: إذا كانت المسافة التي يقطعها الجسم خلال الزمن t هي x فإن:

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (3-8)$$

وهذه العلاقة تربط بين المتغيرات الثلاث t و a و x

ثالثاً : من تعريف العجلة

$$a = \frac{V - V_0}{t} \quad \therefore t = \frac{V - V_0}{a}$$

إذا عوضنا في العلاقة (3-8) عن قيمه t نحصل على:

$$\boxed{V^2 = V_0^2 + 2ax} \quad (3-9)$$

مثال (2-3)

يتحرك جسم من السكون بتسارع منتظم 5 m/s^2 . جد سرعته بعد مضي ثلاث ثوان على حركته.

الحل:

$$v_0 = 0, t = 3 \text{ s}, a = 5 \text{ m/s}^2$$

$$v = v_0 + at$$

$$v = 0 + (5)(3) = 15 \text{ m/s}$$

مثال (3-3)

تتسارع طائرة بدءاً من السكون إلى أن تصل سرعتها إلى 360 Km/hr وهي السرعة اللازمة للإقلاع . جد التسارع اللازم لذلك إذا كان طول المدرج 1200 m .

الحل:

$$v_0 = 0, v = 360 \text{ Km/hr} = 360 \times 10^3 / 60 \times 60 = 100 \text{ m/s}$$

$$x = 1200 \text{ m}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2ax$$

$$(100)^2 = 0 + 2(a)(1200) \Rightarrow 10000 = 2400(a)$$

$$a = 10000 / 2400 = 4.16 \text{ m/s}^2$$

مثال (4-3)

تتحرك سيارة من السكون على خط مستقيم بتسارع منتظم مقداره 2.5 m/s^2 . جد

أ) الزمن اللازم حتى تقطع مسافة 50 m .

ب) سرعتها في نهاية هذه الفترة.

الحل:

$$v_0 = 0 , \quad a = 2.5 \text{ m/s}^2 , \quad x = 50 \text{ m}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2ax$$

(أ)

$$x = v_0 t + 1/2 a t^2 \Rightarrow 50 = (0) (t) + 1/2 (2.5) t^2$$

$$50 = (2.5 / 2) t^2 = 1.25 t^2$$

$$t^2 = 50 / 1.25 = 40$$

$$t = (40)^{1/2} = 6.32 \text{ s}$$

(ب)

$$v = v_0 + at \Rightarrow v = 0 + (2.5) (6.32) = 15.8 \text{ m/s.}$$

مثال (5-3)

كانت حافلة تسير على خط مستقيم بسرعة 45 km/hr ، عندما شاهد سائقها حائطا أمامه استعمل الفرملة لإيقاف الحافلة ، ولكنه اصطدم بالحائط بعد أربع ثوان من بداية استعمال الفرملة. فإذا كان الحائط على بعد 40 m من مقدمة الحافلة جد:

(أ) تسارع (تباطؤ) السيارة قبل التصادم.

(ب) سرعة السيارة لحظة التصادم.

الحل:

(أ) لدينا المعلومات التالية

$$t = 4 \text{ sec}$$

$$v_0 = 45 \text{ km/hr} = 45 (1000 \text{ m} / 60 \times 60 \text{ sec}) = 12.5 \text{ m/s}$$

$$x = 40 \text{ m}$$

$$x = v_0 t + 1/2 a t^2$$

$$40 = (12.5) (4) + (1/2) a (4)^2$$

$$a = -1.5 \text{ m/s}^2$$

نلاحظ ظهور إشارة سالبة وهذا يعني أن تسارع السيارة كان بالاتجاه المعاكس لحركتها (تباطؤ).
(ب) أصبحت لدينا جميع المتغيرات معلومة ما عدا السرعة النهائية لحظة التصادم ، وبالتالي:

$$v = v_0 + at \Rightarrow v = 12.5 + (-1.25) (4) = 7.5 \text{ m/s.}$$

مثال (6-3) (السقوط الحر)

جسم كتلته 2kg يسقط من ارتفاع 80m تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية،

(أ) احسب السرعة النهائية عند ارتطامه بالأرض.

(ب) الزمن اللازم لوصوله الأرض .

الحل

$$v_0 = 0 , x = 80 \text{ m} , a = g = 10 \text{ m/s}^2 \quad (\text{أ})$$

$$v^2 = v_0^2 + 2ax$$

$$v^2 = 0 + 2 (10) (80) = 1600$$

$$v = 40 \text{ m/s}$$

$$v = v_0 + at \quad (\text{ب})$$

$$t = (40-0)/10 = 4\text{s}$$

مسائل على الفصل الثالث

1- إذا كنت تقود سيارة بسرعة 100km/hr ونظرت جانبا لمدة ثانيتين، ما هي المسافة التي تقطعها السيارة خلال هذه الفترة.

2- يتحرك جسم على خط مستقيم بسرعة 10m/s مسافة 200m ثم بسرعة 20m/s مسافة 140m في نفس الاتجاه. جد متوسط سرعة الجسم المتجهة خلال هذه الرحلة.

3- سيارة تبدأ حركتها من السكون بتسارع منتظم، وبعد مضي 12 ثانية أصبحت سرعتها 120m/s . احسب:
(أ) تسارع السيارة.

(ب) المسافة المقطوعة خلال هذه الفترة.

4- جسم كان يتحرك بسرعة ثابتة قيمتها 6.4m/s . إذا تسارع الجسم بعجلة منتظمة مقدارها 3.5m/s^2 لمدة 2.8sec فما هي سرعته النهائية بعد هذه الفترة.

5- قطار يتحرك بتسارع منتظم فقطع مسافة 60m خلال 6 ثواني، إذا كانت سرعته النهائية بانتهاء هذه الفترة هي 15m/s فاحسب ما يلي:

(أ) تسارع القطار.

(ب) سرعته الابتدائية.