الفصل الثاني

الحركة الخطية (Linear Motion)

1-2 الحركة (Motion)

يُمكن تعريف الحركة بصورة عامة بكونها تغيّر موقع الجسم بالنسبة إلى نقطة معينة ، وتُعتبر الحركة الخطية أبسط أنواع الحركة .

2-2 الإزاحة والسرعة والتعجيل (Displacement, Velocity and Acceleration)

إذا تحرّك جسم على مسار معين من النقطة (a) إلى النقطة (b) فالمتجه الواصل بينهما يسمى بالإزاحة (Displacement) ويرمز لها ($\Delta\vec{x}$) وهي كمية متجهة .

أما السرعة (Velocity) في أي نقطة على مسار الجسم فهي المعدّل الزمني للإزاحة أو تغيّر الإزاحة مع الزمن ويعبّر عنها بالعلاقة التفاضلية الآتية :-

$$\boxed{\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} m/s ...(1-2)}$$

حيث أن ($d\vec{x}$) هو عنصر الإزاحة الذي يقطعها الجسم خلال الفترة الزمنية القصيرة (dt) .

يُطلق على السرعة ($\vec{v}$) بالسرعة الآنية (Instantaneous Velocity) لأنها تُمثّل السرعة عند لحظة زمنية قصيرة (dt) وتكون السرعة كمية متجهة لأنها تنتج من حاصل قسمة كمية متجهة (الإزاحة) على كمية عددية (الزمن) .

إذا بقى مقدار وإتجاه السرعة ($\vec{v}$) ثابتيين أثناء الحركة سُميت السرعة (سرعة منتظمة) (Uniform Velocity) ، أما إذا تغيّر مقدار السرعة أو إتجاهها أو كلاهما أثناء الحركة سُميت السرعة (سرعة غير منتظمة) (Non-Uniform Velocity) وعندئذٍ تكون الحركة معجّلة (Accelerated) ويُعرف تعجيلها ($\vec{a}$) وفقا للعلاقة الآتية :-

$$\boxed{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\vec{x}}{dt}\right) = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2} m/s^2 ...(2-2)}$$

3-2 أنواع الحركة الخاصة (Types of Special Motion)

1-3-2 الحركة ذات السرعة المنتظمة على خط مستقيم (Motion Of Uniform Velocity On Straight Line)

عندما يكون الجسم في حركة ذات سرعة منتظمة على خط مستقيم تكون سرعته ثابتة ، أي أن :

$$\vec{v} = constant$$

أي أن تعجيل الجسم = صفرا لأن سرعته تكون ثابتة .

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} \Rightarrow d\vec{x} = \vec{v}dt$$

$$\int_{\vec{x}_o}^{\vec{x}} d\vec{x} = \int_{t_o}^{t} \vec{v}dt$$

$$\vec{x} - \vec{x}_o = \vec{v}\int_{t_o}^{t} dt \Rightarrow \vec{x} - \vec{x}_o = \vec{v}(t - t_o)$$

$$\boxed{\vec{x} = \vec{x}_o + \vec{v}(t - t_o) ...(3-2)}$$

2-3-2 الحركة ذات التعجيل المنتظم على خط مستقيم (Motion Of Uniform Acceleration On Straight Line)

عندما يكون الجسم في حركة ذات تعجيل منتظم على خط مستقيم يكون تعجيله ثابتا ، أي أن :

$$\vec{a} = constant$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow d\vec{v} = \vec{a}dt$$

$$\int_{\vec{v}_o}^{\vec{v}} d\vec{v} = \int_{t_o}^{t} \vec{a}dt$$

$$\vec{v} - \vec{v}_o = \vec{a}\int_{t_o}^{t} dt \Rightarrow \vec{v} - \vec{v}_o = \vec{a}(t - t_o)$$

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}(t - t_o) ...(4-2)}$$

عندما $t_o = 0$ تصبح المعادلة (2- 4) كالآتي :

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}t$$

$$\vec{x} = \vec{x}_o + \int_{t_o}^{t} \vec{v}dt = \vec{x}_o + \int_{t_o}^{t} [\vec{v}_o + \vec{a}(t - t_o)]dt$$

$$\vec{x} = \vec{x}_o + v_o \int_{t_o}^{t} dt + \vec{a} \int_{t_o}^{t} (t - t_o)dt$$

$$\boxed{\vec{x} = \vec{x}_o + \vec{v}_o(t - t_o) + \frac{1}{2}\vec{a}(t - t_o)^2 ...(5-2)}$$

عندما $t_o = 0$ تصبح المعادلة (2- 5) كالآتي :

$$\vec{x} = \vec{x}_o + \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

عندما $x_o = 0$

$$\boxed{\vec{x} = \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 ...(6-2)}$$

وكما نعلم أن :

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{t - t_o}$$

$$\boxed{t = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{\vec{a}} ...(7-2)}$$

نعوّض قيمة (t) في المعادلة (2 – 6) فنحصل على :

$$\vec{x} = \frac{\vec{v}^2 - \vec{v}_o^{\,2}}{2\vec{a}}$$

ومنها نحصل على :

$$\boxed{\vec{v}^2 = \vec{v}_o^{\,2} + 2\vec{a}\vec{x} ...(8-2)}$$

مثال : يبدأ جسم الحركة من السكون بتعجيل ثابت مقداره ($8m/s^2$) في خط مستقيم . أوجد :

1- مقدار السرعة بعد خمس ثواني ؟

2- الإزاحة المقطوعة خلال خمس ثواني ؟

الحل :-

قبل البدء بحل المثال يتم كتابة المعطيات والمجاهيل الواردة في منطوق المثال .

$$\vec{x} = ? \text{،} \quad \vec{v} = ? \text{ ،} \quad \vec{a} = 8m/s^2 \text{ ،} \quad t_o = 0 \ , \quad \vec{v}_o = 0$$

1- من المعادلة (4 – 2) :

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}(t - t_o) \ldots (4-2)$$

$$\vec{v} = 0 + 8(5-0) \Rightarrow \vec{v} = 8x5$$

$$\boxed{\vec{v} = 40m/s}$$

2- من المعادلة (6 – 2) :

$$\vec{x} = \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \ldots (6-2)$$

$$\vec{x} = (0)(5) + \frac{1}{2}(8)(5)^2 \Rightarrow \vec{x} = \frac{200}{2}$$

$$\boxed{\vec{x} = 100m}$$

مثـــال : سـيارة مُتحركـة بسـرعة مقـدارها ($30m/s$) تتباطـأ بإنتظـام إلـى ($10m/s$) فـي زمـن مقـداره خمس ثواني ، أوجد :

1- تعجيل (عجلة ، تسارع) السيارة ؟

2- الإزاحة التي تتحركها السيارة في الثانية الثالثة ؟

الحل :-

قبل البدء بحل المثال يتم كتابة المعطيات والمجاهيل الواردة في منطوق المثال .

$$\vec{x}_{(3\sec)} = ? \text{ ،} \quad \vec{a} = ? \text{ ،} \ t = 5s \text{ ،} \quad t_o = 0 \text{ ،} \ \vec{v} = 10m/s \text{ ،} \quad \vec{v}_o = 30m/s$$

1- من المعادلة (4 – 2) :

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}(t - t_o) \ldots (4-2)$$

$$10 = 30 + \vec{a}(5-0) \Rightarrow 10 = 30 + 5\vec{a}$$

$$10 - 30 = 5\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{10-30}{5}$$

$$\therefore \vec{a} = -4m/s^2$$

2 -

x = (distance covered in 3 sec) - (distance covered in 2 sec)

من المعادلة (2 – 6) :

$$\vec{x} = \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 ...(6-2)$$

$$\vec{x} = (\vec{v}_o t_{(3\sec)} + \frac{1}{2}\vec{a}t_{(3\sec)}{}^2) - (\vec{v}_o t_{(2\sec)} + \frac{1}{2}\vec{a}t_{(2\sec)}{}^2)$$

$$\boxed{\vec{x} = \vec{v}_o (t_{(3\sec)} - t_{(2\sec)}) + \frac{1}{2}\vec{a}(t_{(3\sec)}{}^2 - t_{(2\sec)}{}^2)}$$

من خلال تعويض القيم الآتية :

$$\vec{a} = -4m/s^2 \quad t_{(3\sec)} = 3s \quad t_{(2\sec)} = 2s \quad \vec{v}_o = 30m/s$$

$$\vec{x}_{(3\sec)} = 30(3-2) + \frac{1}{2}(-4)((3)^2 - (2)^2)$$

$$\vec{x}_{(3\sec)} = 30 - \frac{20}{2}$$

$$\boxed{\therefore \vec{x}_{(3\sec)} = 20m}$$