علم الحركة

أولاً : مقدمة

1. نعتمد في دراستنا على الميكانيك الكلاسيكي أو ميكانيك نيوتن حيث نعتبر أن سرعة الجسم أصغر بكثير من سرعة الضوء وأن أبعاد الجملة المدروسة أكبر بكثير من الأبعاد الذرية.
2. نعتبر دائماً أن حركة جسم هي تغير دائم لموضع هذا الجسم.
3. تصنف أنواع الحركة إلى ثلاث فئات: الحركة الإنسحابية والحركة الدورانية والحركة الاهتزازية.
4. يهتم علم الحركة بتوصيف حركة الأجسام من خلال دراسة الموضع والسرعة والتسارع فقط دون الاهتمام بمسببات الحركة (القوى.).
5. نعتبر هنا أن الجسم نقطة مادية أي لها كتلة بينما حجمها متناهي في الصغر.
6. نهتم في هذا الفصل بالحركة ذات البعد الواحد فقط أي على محور واحد.

ثانياً القوانين الأساسية في علم الحركة:

عند دراسة الحركة الانسحابية ببعد واحد يجب رسم محور الحركة ox وتحديد جهة موجبة له مع مبدأ الفواصل أو مبدأ الإحداثيات، وكذلك تحديد مبدأ للزمن $(t=0)$.

و عند توصيف حركة نقطة مادية نُعين عادة التوابع التالية:

1) **تابع الموضع :**

موضع نقطة مادية هو فاصلة (إحداثيات) هذه النقطة على المحور الذي تتحرك عليه ومنه الموضع له قيمة جبرية موجبة أو سالبة.

بتعيين تابع الموضع بدلالة الزمن $x(t)$ نستطيع معرفة موضع الجسم المتحرك في أي لحظة زمنية (النقطة المادية المتحركة).

الانزياح: يُعبر الانزياح Δx عن تغير موضع النقطة المادية خلال مجال زمني Δt . فإذا تحركت النقطة المادية من موضع أولي x_1 إلى موضع ثاني x_2 فإن الانزياح هو:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \qquad (1)$$

للانزياح قيمة جبرية أي أنها قد تكون موجبة وقد تكون سالبة.

2) تابع السرعة:

تعريف السرعة الوسطية: عند انتقال النقطة المادية من موضع إلى موضع آخر خلال فترة زمنية طويلة نسبياً فإن السرعة الوسطية هي المعدل الزمني لتغير الموضع $x(t)$، أي نسبة الانزياح إلى الفترة الزمنية التي تم خلالها الانزياح، أو تغير الموضع خلال واحدة الزمن (خلال 1 ثانية) أو الانزياح الذي تنجزه النقطة المادية خلال واحدة الزمن (خلال 1 ثانية) وبما أن للانزياح قيمة جبرية موجبة أو سالبة فإن للسرعة الوسطية قيمة جبرية موجبة أو سالبة .

نلاحظ أن السرعة الوسطية تكون موجبة إذا كانت جهة السرعة (وهي جهة الحركة) مع جهة محور الحركة والعكس صحيح .

يُعبر عن السرعة المتوسطة بالعلاقة:

$$V_{ave} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right) \qquad (2)$$

السرعة اللحظية (Instantaneous velocity):

وهي سرعة النقطة المادية في أي لحظة زمنية t ويمكن الحصول عليها من العلاقة الآتية:

$$V(t) = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right) = \left(\frac{dx}{dt}\right) = x'(t) \qquad (3)$$

أي أن السرعة اللحظية هي **مشتق تابع** الموضع.

تعني العلاقة (3) أنه ابتداءً من اللحظة الزمنية t نختار مجال زمني طويل Δt ونحسب الانزياح Δx خلال هذه الفترة ثم نحسب النسبة $(\Delta x / \Delta t)$، وبعد ذلك نجعل الفترة الزمنية متناهية في الصغر ونرمز لها بالرمز dx بدلاً من Δt ويصبح الانزياح Δx أيضاً صغيراً جداً ونرمز له بالرمز dx بدلاً من Δx، ومنه يمكن التعبير عن السرعة اللحظية $V(t)$ بالعلاقة الآتية:

$$V(t) = \left(\frac{dx}{dt}\right) = x'(t) \qquad (3)'$$

3) تابع التسارع:

التسارع الوسطي a_{ave}:

عند انتقال النقطة المادية من موضع إلى موضع آخر خلال فترة زمنية طويلة نسبياً فإن التسارع الوسطي هو المعدل الزمني لتغير السرعة اللحظية $V(t)$ أو هو نسبة تغير السرعة اللحظية ΔV

إلى الفترة الزمنية التي تم خلالها هذا التغير (الفترة الزمنية طويلة) أو مقدار تغير السرعة خلال واحدة الزمن (خلال ثانية واحدة) يعطى التسارع الوسطي بالمعادلة:

$$a_{ave} = \left(\frac{\Delta V}{\Delta t}\right) \qquad (4)$$

التسارع اللحظي $a(t)$:

هو تابع التسارع بدلالة الزمن t أي قيمة التسارع في أي لحظة زمنية t:

$$a(t) = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta V}{\Delta t}\right) = \left(\frac{dV}{dt}\right) = V'(t) \qquad (5)$$

أي أن التسارع اللحظي يساوي **مشتق تابع** السرعة.

ويمكن الحصول على التسارع اللحظي كما يلي :

نختار مجال زمني طويل نسبياً Δt ونحسب التغير في السرعة اللحظية ΔV خلال هذا المجال الزمني ثم نحسب النسبة $\left(\Delta V / \Delta t\right)$، بعد ذلك نجعل المجال الزمني متناهي في الصغر ونرمز له بالرمز dt بدلاً من Δt أما التغير في السرعة ΔV فيصبح أيضاً صغيراً جداً ونرمز له بالرمز dV بدلاً من ΔV ومنه يعطى التسارع اللحظي $a(t)$ بالعلاقة (6).

ثالثاً أنواع الحركة:

1. الحركة بسرعة ثابتة:

إذا كانت السرعة اللحظية ثابتة $V(t) = const$ فإن تابع الموضع هو من الشكل:

$$V(t) = V = \frac{dx}{dt} \Rightarrow dx = V \times dt \qquad (7)$$

نفرض أن موضع الجسم في اللحظة $t = 0$ هو x_0 وأن موضعه في اللحظة t هو $x(t)$، ونجري التكامل من لحظة بدء الحركة $t = 0$ إلى اللحظة المعتبرة t فنجد أن:

$$\int_{x_0}^{x(t)} dx = \int_{t=0}^{t} V \times dt = V\int_{t=0}^{t} dt \Rightarrow x - x_0 = V \times t \qquad (8)$$

ومنه تصبح معادلة الحركة:

$$x = V \times t + x_0 \qquad (9)$$

2. الحركة بتسارع ثابت:

إذا كان التسارع اللحظي ثابت $a(t)=const$ ، نبدأ بمعادلة التسارع اللحظي لإيجاد تابع السرعة اللحظية ثم إيجاد تابع الموضع:

$$a(t)=a=\frac{dV}{dt} \Rightarrow dV=a\times dt \qquad (10)$$

نفرض أن السرعة اللحظية للجسم في اللحظة $t=0$ هي V_0 وأن سرعته اللحظية في اللحظة t هي $V(t)$، ونجري التكامل من لحظة بدء الحركة $t=0$ إلى اللحظة المعتبرة t فنجد أن:

$$\int_{V_0}^{V(t)} dV=\int_{t=0}^{t} a\times dt \Rightarrow V-V_0=a\times t \qquad (11)$$

ومنه يُعطى تابع السرعة بالعلاقة:

$$V=a\times t+V_0 \qquad (12)$$

ونستخدم معادلة السرعة اللحظية (12) لإيجاد تابع الموضع:

$$V=\frac{dx}{dt}=a\times t+V_0 \qquad (13)$$

نكتب المعادلة (13) كما يأتي:

$$dx=(a\times t+V_0)dt \Rightarrow dx=a\times t\,dt+V_0\,dt \qquad (14)$$

نعتبر أن موضع الجسم في اللحظة t هو $x(t)$وأن موضعه في اللحظة $t=0$ هو x_0 ونجري التكامل من لحظة بدء الحركة $t=0$ إلى اللحظة المعتبرة t :

$$\int_{x_0}^{x(t)} dx=\int_{t=0}^{t} a\times t\times dt+V_0\times dt=\int_{t=0}^{t} a\times t\times dt+\int_{t=0}^{t} V_0\times dt \qquad (15)$$

وبالتالي:

$$x-x_0=\frac{1}{2}a\times t^2+V_0\times t \qquad (16)$$

ومنه يُعطى تابع الموضع بدلالة الزمن بالعلاقة الآتية:

$$x=\frac{1}{2}a\times t^2+V_0\times t+x_0 \qquad (17)$$

يمكن إيجاد معادلة السرعة بدلالة الموضع فقط كما يلي:

نكتب معادلة السرعة اللحظية $V=a\times t+V_0$ كما يلي:

$$t = \frac{V - V_0}{a} \qquad (18)$$

نعوض المعادلة (18) في معادلة الموضع (17):

$$x = \frac{1}{2} a \times \left(\frac{V - V_0}{a} \right)^2 + V_0 \times \left(\frac{V - V_0}{a} \right) + x_0 \qquad (19)$$

وبالتالي:

$$\begin{aligned} 2a(x - x_0) &= (V - V_0)^2 + 2V_0 \times (V - V_0) \\ &= V^2 - 2V.V_0 + V_0^2 + 2V.V_0 - 2V_0^2 \end{aligned} \qquad (20)$$

ومنه:

$$V^2 - V_0^2 = 2a(x - x_0) \qquad (21)$$

الخاتمة: المعادلات التالية مهمة:

1. في حالة الحركة بسرعة ثابتة: $x = V \times t + x_0$
2. في حالة الحركة بتسارع ثابت:

$V = a \times t + V_0$، و $V^2 - V_0^2 = 2a(x - x_0)$، و $x = \frac{1}{2} a \times t^2 + V_0 \times t + x_0$