

الوحدة الثانية

الحركة في بعد واحد

➤ علم الكينماتيكا هي دراسة حركة الأجسام.

- سنركز فقط على الحركة الانتقالية، أي الحركة بدون دوران.
- سنعتبر الأجسام على أنها جسيمات نقطية.

➤ متجه الموقع ومتجه الإزاحة والمسافة

- **متجه الموقع ($\vec{r}$)** هو رمز لموقع الجسم في نقطة معينة.

- لأننا سنتعامل مع حركة في بعد واحد فقط ← فسيكون لمتجه الموقع مركبة واحدة فقط (x في اتجاه أفقي، y في اتجاه رأسي)

- لذلك يحدد رقم واحد متجه الموقع ← يمكن أن يكون موجب أو سالب وفقاً لموقع النقطة واتجاه المحور الذي نختار أن يكون موجباً، واختيارنا لموقع نقطة الأصل.

- يمكن أن يتحرك الجسم، فيكون موقع الجسم دالة للزمن ← $\vec{r} = \vec{r}(t) \leftarrow x = x(t_1)$

- **متجه الإزاحة** هي الفرق بين متجه الموقع النهائي $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$ ومتجه الموقع الابتدائي $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$ ويكتب على النحو التالي:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

- يمكن أن يكون موجب أو سالب ← $\Delta \vec{r}_{ab} = \vec{r}_b - \vec{r}_a = -(\vec{r}_a - \vec{r}_b) = -\Delta \vec{r}_{ba}$

- **المسافة (L) في حالة الحركة في خط مستقيم دون تغيير اتجاهات**، تكون المسافة هي القيمة المطلقة لمتجه الإزاحة.

$$l = |\Delta \vec{r}|$$

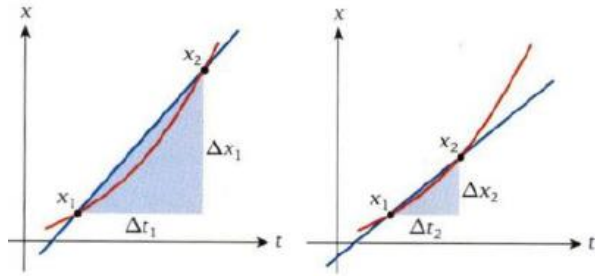
- المسافة كمية قياسية ← **لذلك إذا لم تكن الإزاحة في خط مستقيم** ← فيجب تقسيم الإزاحة إلى أجزاء مستقيمة وأحادية الاتجاه، ثم جمع المسافات للحصول على المسافة الكلية.

- إذا كان الموقع الأول للجسم هو نفسه الموقع النهائي ← فإن الإزاحة الكلية تساوي صفر ← لذلك فإن العلاقة بين القيمة المطلقة للإزاحة والمسافة تصلح فقط إذا لم يغير الجسم المتحرك اتجاهه.

➤ متجه السرعة المتجهة و السرعة المتجهة المتوسطة والسرعة (تقاس بوحدة m/s)

- السرعة المتجهة المتوسطة هي نسبة الإزاحة في فترة زمنية معينة ←
$$\bar{v}_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\bar{v}_{x1} \cdot \Delta t_1 + \bar{v}_{x2} \cdot \Delta t_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2}$$

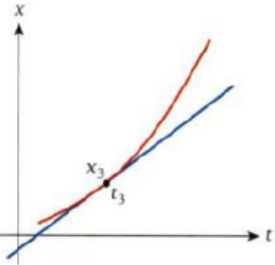
▪ الخط القصير أعلى الرمز يرمز لحساب المتوسط "



▪ إيجاد السرعة المتجهة المتوسطة بيانيًا ← ميل الخط القاطع بين النقطتين

- السرعة المتجهة اللحظية (السرعة المتجهة) هو المتجه الذي تكون كل مركبة له هي مشتقة الزمن لمركبة الموقع المناظرة.

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad \leftarrow \text{أو هي مشتقة الزمن للإزاحة}$$



▪ إيجاد السرعة المتجهة اللحظية بيانيًا ← ميل المستقيم المماس لمنحنى الموقع عند الزمن المحدد.

✓ قواعد الاشتقاق:

▪ اشتقاق العدد الثابت = صفر

$$\frac{d}{dy}(x^n) = n \times x^{n-1}$$

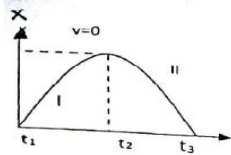
- الكميات القياسية للسرعة ← السرعة هي القيمة المطلقة لمتجه السرعة المتجهة، وتكون دائمًا موجبة. $v = |\vec{v}| = |v_x|$

← السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة لمتجه السرعة المتوسطة، وتكون دائمًا موجبة.

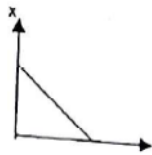
$$\bar{v} = \frac{l}{\Delta t}$$

▪ أو هي قسمة المسافة الكلية على الزمن الكلي.

- تحديد السرعة من التمثيل البياني للموقع X والزمن t



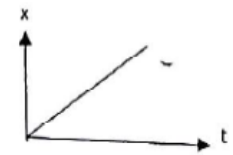
المرحلة I: الجسم يتحرك بسرعة متناقصة بالاتجاه الموجب لأن ميل المماس يتناقص، تنعدم سرعة الجسم باللحظة t2 ثم تزداد السرعة بالاتجاه السالب بالمرحلة II حيث يزداد الميل.



الجسم يتحرك بسرعة ثابتة بالاتجاه السالب
ميل الخط = v



الجسم متوقف
v = 0 ميل الخط = 0



الجسم يتحرك بسرعة ثابتة بالاتجاه الموجب.
ميل الخط = v

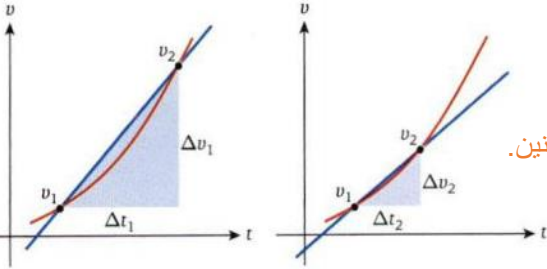
➤ متجه العجلة (تقاس بوحدة m/s^2)

$$\overline{a_x} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$$

• متجه العجلة المتوسطة هي تغير السرعة المتجهة في فترة زمنية معينة

- إذا زادت السرعة، فإن العجلة في نفس اتجاه السرعة، ولهما نفس الإشارة.
- إذا قلت السرعة، فإن العجلة في عكس اتجاه السرعة، ولهما إشارتين مختلفتين.

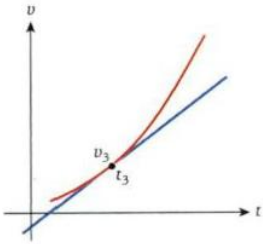
▪ إيجاد العجلة المتجهة المتوسطة بيانياً ← ميل الخط القاطع بين النقطتين عند الزمنين.



$$a_x = \frac{dv_x}{dt}$$

• العجلة اللحظية المتجهة هي نهاية العجلة المتوسطة عند اقتراب الفترة الزمنية من 0.

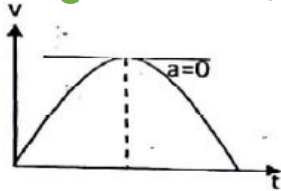
▪ إيجاد العجلة المتجهة اللحظية بيانياً ← ميل المستقيم المماس لمنحنى السرعة عند الزمن المحدد.



▪ العجلة هي مشتقة الزمن للسرعة المتجهة ← والسرعة المتجهة هي مشتقة الزمن للإزاحة ← والعجلة هي

$$a_x = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

▪ يصل الجسم إلى أقصى سرعة له، عندما تصبح عجلته = صفر.



عند أقصى سرعة تنعدم العجلة $a=0$

فمن معرفة معادلة الموقع

$$x=3t^2-2t^3 \quad \text{مثلاً:}$$

$$v=6t-6t^2 \quad \text{نشتق:}$$

$$a=6-12t \quad \text{نشتق:}$$

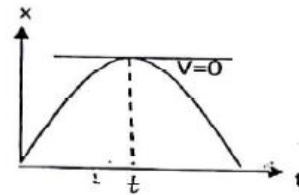
عند أقصى سرعة $a=0$

$$6-12t=0 \Rightarrow t=0.5 \text{ s}$$

وتكون السرعة عند هذا الزمن قصوى:

$$v=6(0.5)-6(0.5)^2=1.5 \text{ m/s}$$

▪ يصل الجسم إلى أقصى إزاحة له، عندما تصبح سرعته = صفر.



عند أقصى إزاحة تكون $v=0$

فمن معرفة معادلة الموقع مثلاً: $x=2t^3-6t^2$

$$v=6t^2-12t \quad \text{نشتق:}$$

توجد (t) عند $v=0$, $x_{\max}$

$$6t^2-12t=0 \Rightarrow t=2 \text{ s}$$

$$x=2(2)^3-6(2)^2 \quad \text{نعوض بمعادلة الموقع:}$$

$$x=-8 \text{ m}$$

لحساب العجلة عند أقصى إزاحة: نشتق السرعة.

$$a=12t-12=12 \text{ m/s}^2$$

➤ إيجاد الإزاحة والسرعة المتجهة من العجلة

$$\int v_x^n(t) dt = \frac{1}{n+1} v_x^{n+1} + c$$

✓ عن طريق التكامل ← وهو العملية العكسية للتفاضل.

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t v_x(t) dt$$

✓ لذلك، بتكامل معادلة السرعة المتجهة ← نحصل على الإزاحة.

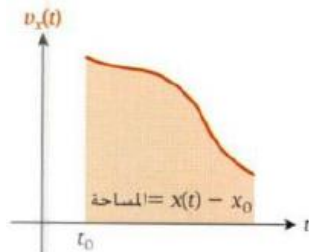
$$v_x(t) = v_{x0} + \int_{t_0}^t a_x(t) dt$$

✓ وبتكامل معادلة العجلة ← نحصل على السرعة المتجهة.

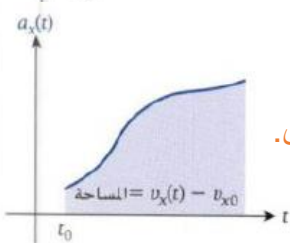
■ لذلك، بمعرفة القيمة الابتدائية لمتجه السرعة المتجهة و تغير العجلة مع الزمن ← يمكن حساب متجه السرعة.

■ وبمعرفة القيمة الابتدائية لمتجه الإزاحة و تغير السرعة المتجهة مع الزمن ← يمكن حساب متجه الإزاحة.

✓ التفسير الهندسي للتكامل المحدد ← هو مساحة أسفل منحنى.



• فتعبر المساحة أسفل منحنى v_x و t ← عن الفرق في الموضع بين هذين الزمنين.



• وتعتبر المساحة أسفل منحنى a_x و t ← عن الفرق في السرعة المتجهة بين هذين الزمنين.

➤ الحركة بعجلة ثابتة

$$v_x(t) = v_{x0} + \int_{t_0}^t a_x dt \rightarrow v_x(t) = v_{x0} + a_x \int_{t_0}^t dt \rightarrow$$

$$v_x = v_{x0} + a_x t$$

• لذلك مع العجلة الثابتة تكون السرعة المتجهة دائماً دالة خطية مع الزمن.

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t v_x dt \rightarrow x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t (v_x + a_x t) dt \rightarrow$$

$$x = x_0 + v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

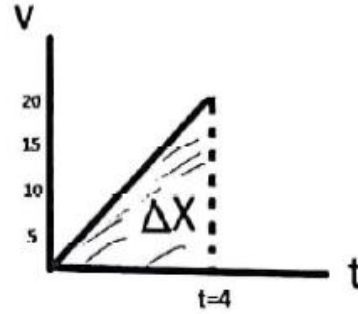
• لذلك مع العجلة الثابتة يكون الموقع دائماً دالة تربيعية مع الزمن.

$$x = x_0 + \overline{v_x} t$$

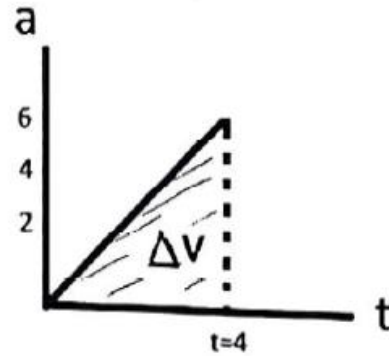
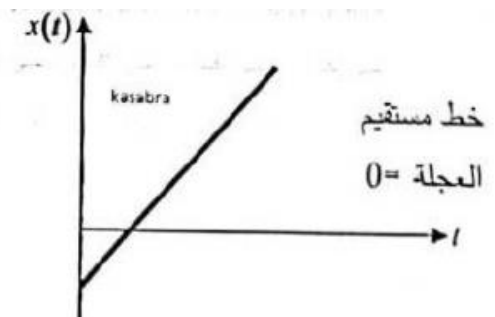
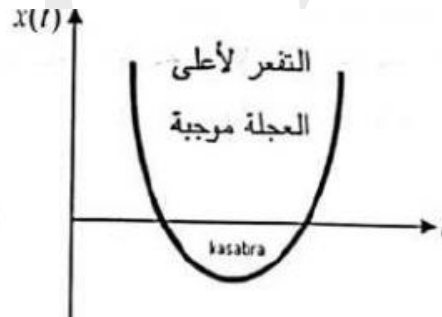
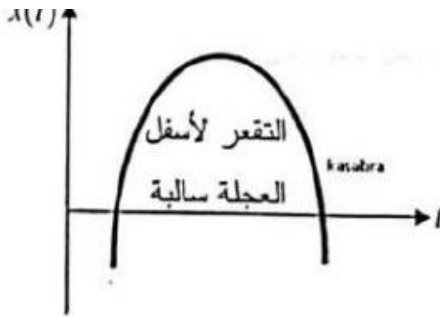
$$\overline{v_x} = \frac{1}{2}(v_x + v_{x0})$$

$$v_x^2 = v_{x0}^2 + 2a_x(x - x_0)$$

• في حالة الحركة بسرعة ثابتة ← $v_x = \overline{v_x} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

التمثيل البياني للتحرك بعجلة ثابتةميل الخط $a = \vec{a}$ المساحة تحت الخط البياني Δx المساحة تحت الخط $x = x_0 +$ موقع الجسم عند $(t = 4)$ التمثيل البياني للتحرك بعجلة غير ثابتة

ميل الخط : لا معنى له

المساحة تحت الخط البياني Δv (تغير السرعة)المساحة تحت الخط $v = v_0 +$ كيف نستدل على إشارة العجلة من منحنى (x, t) 

➤ السقوط الحر هي الحركة تحت تأثير عجلة الجاذبية وحدها.

✓ تكون عجلة الجاذبية ثابتة بالقرب من الأرض، ويكون اتجاهها للأسفل، فإذا اعتبرنا الاتجاه الموجب للأعلى، فتكون $ay = -g$

$$y = y_0 + v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y = y_0 + \overline{v_y} t$$

$$v_y = v_{y0} - gt$$

$$\overline{v_y} = \frac{1}{2}(v_y + v_{y0})$$

$$v_y^2 = v_{y0}^2 - 2g(y - y_0)$$

✓ حركة المقذوف الساقط ليس لها علاقة بوزن الجسم ← كرتي الحديد والخشب تصلان للأرض بنفس التوقيت إذا سقطتا من نفس الارتفاع بنفس الوقت.

✓ عند إسقاط بطيخة من ارتفاع y وإطلاق سهم بسرعة v_0 رأسية باتجاهها بنفس اللحظة ← فإنهما يتصادمان بعد زمن قدره :

$$t_c = \frac{y}{v_0}$$

✓ مقدار ارتفاع المقذوف الراسي يتناسب طردياً مع مربع سرعته الابتدائية v_0 ← $\Delta y \propto v_0^2$

✓ مقدار الزمن الذي يستغرقه المقذوف الراسي في الهواء يتناسب طردياً مع سرعته الابتدائية v_0 ← $t \propto v_0$

✓ سرعة الجسم المقذوف رأسياً أو الساقط عند منتصف ارتفاعه الأقصى تعرف من العلاقة ← $v_{\frac{y}{2}} = \sqrt{g \cdot y}$ (حيث y أقصى ارتفاع).

✓ وسرعته عند ربع ارتفاعه الأقصى عند قذفه رأسياً ← $v_{\frac{y}{4}} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot g \cdot y}$