بسم الله الرحمن الرحيم الجذع المشترك الفيزياء-جزء الميكانيك	الحركة *Le Mouvement*	المحور الثاني : الحركة الوحدة 3 6 س

1- الحركة :

1-1- نسبية الحركة :

1-1-1- نشاط :

عمر وسمير جالسان بينما صعد خالد الحافلة ويتجه نحو مقعده بجانب عمر ، أما ليلى فتنتظر حافلة أخرى .

أ- أثناء حركة الحافلة :

بالنسبة لـ	عمر	للحافلة	للطريق (الأرض)
هل سمير في حركة	لا	لا	نعم
هل ليلى في حركة	نعم	نعم	لا

ب- بالنسبة لأي جسم يوجد خالد في حركة ؟

خالد في حركة بالنسبة للأرض و الحافلة و سمير و ليلى و عمر .

ج - ماذا تتطلب دراسة مفهومي الحركة والسكون ؟

تتطلب دراسة مفهومي الحركة والسكون تحديد الجسم الذي تتم بالنسبة إليه الدراسة .

1-1-2- خلاصة :

نقول إن جسما يتحرك بالنسبة لجسم آخر ، اختير جسما مرجعيا ، إذا انتقل وتغير موضعه بالنسبة لهذا الجسم المرجعي .

الحركة والسكون مفهومان نسبيان يتعلقان بالجسم المرجعي الذي يدرسان فيه .

1-2- الجسم المرجعي :

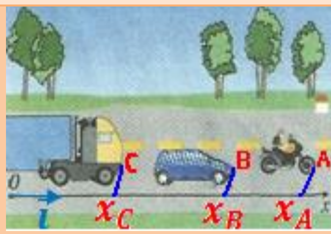
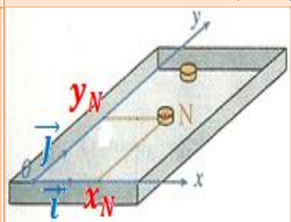
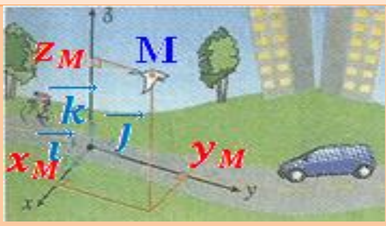
الجسم المرجعي هو جسم (أو مجموعة أجسام) صلب غير قابل للتشويه تدرس بالنسبة إليه حركة جسم .

- المرجع الأرضي : يتكون من أي جسم صلب مرتبط بالأرض (ثابت على سطح الأرض) ، ويستعمل لدراسة حركة جميع الأجسام التي تنتقل على سطح الأرض أو على ارتفاع ضئيل منه .
- المرجع المركزي الأرضي : هو مرجع مرتبط بمركز الأرض و يستعمل لدراسة الطائرات...

2- معلمة الحركة :

2-1- معلم الفضاء :

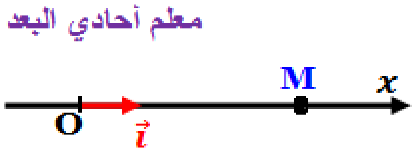
2-1-1- نشاط :

	الدراجة والسيارة والشاحنة في حركة مستقيمية بالنسبة للأرض	الحامل الذاتي في حركة بالنسبة للمنضدة	السيارة والدراجة والطائر في حركة بالنسبة للأرض
حدد في كل حالة :			
الجسم المرجعي	الأرض	المنضدة	الأرض
معلم الفضاء	$R(O,\vec{i})$	$R(O,\vec{i},\vec{j})$	$R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$
إحداثيات النقط	$A(x_A);\ B(x_B);\ C(x_C)$	$N(x_N,y_N)$	$M(x_M,y_M,z_M)$
متجهة الموضع	$\overrightarrow{OA}=x_A\vec{i}$ و $\overrightarrow{OB}=x_B\vec{i}$ و $\overrightarrow{OC}=x_C\vec{i}$	$\overrightarrow{ON}=x_N\vec{i}+y_N\vec{j}$	$\overrightarrow{OM}=x_M\vec{i}+y_M\vec{j}+z_M\vec{k}$

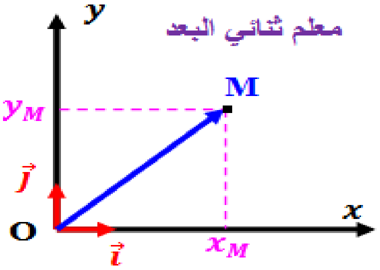
2-1-2-خلاصة :

لدراسة حركة جسم ما نختار جسما مرجعيا و نرفق به معلما يسمى **معلم الفضاء** .

يحدد موضع نقطة M من جسم في حركة في معلم الفضاء **بمتجهة الموضع** $\overrightarrow{OM}$.

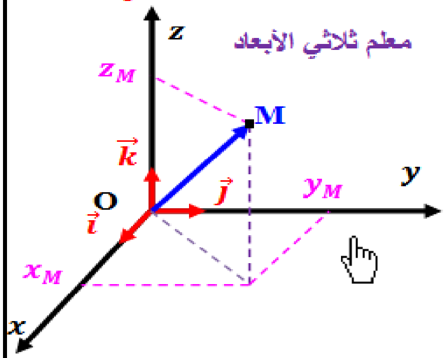


- **إذا كانت الحركة مستقيمية** : نختار معلما $R(O,\vec{i})$ يتكون من محور واحد Ox أصله O و موجه بالمتجهة الواحدية $\vec{i}$ و نكتب **متجهة الموضع** كالتالي : $\overrightarrow{OM} = x_M\vec{i}$ و $\|\overrightarrow{OM}\| = \sqrt{x_M^2}$



- **إذا كانت الحركة مستوية** : نختار معلما $R(O,\vec{i},\vec{j})$ يتكون من محورين متعامدين و ممنظمين و نكتب **متجهة الموضع** كالتالي :

$$\overrightarrow{OM} = x_M\vec{i} + y_M\vec{j} \quad \text{و} \quad \|\overrightarrow{OM}\| = \sqrt{x_M^2 + y_M^2}$$



- **إذا كانت الحركة فضائية** : نختار معلما $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ يتكون من ثلاثة محاور متعامدة و ممنظمة و نكتب **متجهة الموضع** كالتالي :

$$\overrightarrow{OM} = x_M\vec{i} + y_M\vec{j} + z_M\vec{k}$$

و $$\|\overrightarrow{OM}\| = \sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2}$$

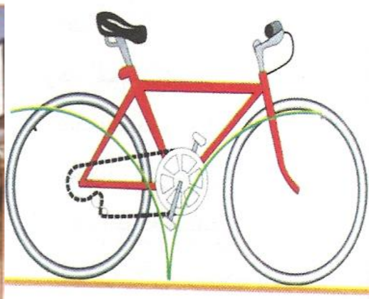
عند انتقال النقطة M تتغير إحداثياتها x_M و y_M و z_M مع الزمن .

2-2- معلم الزمان :

يقتضي وصف حركة نقطة من جسم الإشارة إلى تواريخ اللحظات التي تحتل خلالها هذه النقطة مواضع معينة ، إذ نقرن بكل موضع M تاريخا t .

- **المدة** هي المجال الزمني الفاصل بين بداية الحدث ونهايته .
- **التاريخ** هي لحظة وقوع الحدث ، ولتحديده نختار وحدة للزمن (الثانية s) ، ومنحى موجبا (من الماضي إلى المستقبل) ، وأصلا اعتباطيا (يأخذ القيمة 0) .

2-3- المسار :



مسار نقطة من جسم في حركة هو **الخط المستمر الذي يصل مجموع المواضع المتتالية التي تحتلها هذه النقطة أثناء حركتها** .

يتعلق شكل مسار نقطة من جسم متحرك **بالجسم المرجعي** الذي تدرس فيه الحركة .

تكون **الحركة مستقيمية** إذا كان المسار مستقيميا .

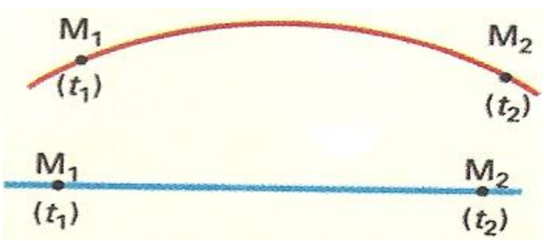
تكون **الحركة منحنية** إذا كان المسار منحنيا .

تكون **الحركة دائرية** إذا كان المسار دائريا .

3- متجهة السرعة :

3-1- السرعة المتوسطة :

السرعة المتوسطة هي خارج قسمة المسافة المقطوعة d على المدة الزمنية Δt المستغرقة لقطع هاته المسافة .



$$m.s^{-1} \longleftarrow V_m = \frac{d \longrightarrow m}{\Delta t \longrightarrow s}$$

مع $$1\,m.s^{-1} = 3,6\,km.h^{-1}$$

بالنسبة لمسار مستقيمي : $$V_m = \frac{M_1M_2}{t_2 - t_1}$$

بالنسبة لمسار منحني : $$V_m = \frac{\overset{\frown}{M_1M_2}}{t_2 - t_1}$$

2-3- متجهة السرعة اللحظية :

تُمَيِّز متجهة السرعة اللحظية لنقطية M من جسم متحرك اتجاه ومنحى حركة M عند اللحظة t .

مميزات متجهة السرعة اللحظية $\vec{V}_i$:

- ❖ **الأصل :** النقطة M_i موضع النقطة M عند اللحظة t_i .
- ❖ **الاتجاه :** المماس للمسار في النقطة M_i .
- ❖ **المنحى :** منحى الحركة .
- ❖ **المنظم :** $V_i = \|\vec{V}_i\|$ ويساوي قيمة السرعة اللحظية ، عمليا نحدده

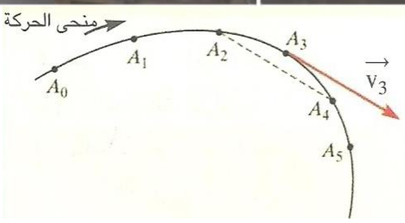
بالنسبة لمسار مستقيمي $$V_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{t_{i+1}-t_{i-1}} = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\,\tau}$$

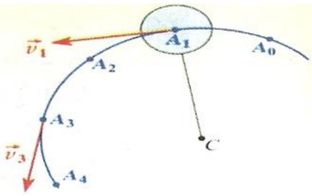
بالنسبة لمسار منحني $$V_i = \frac{\overset{\frown}{M_{i-1}M_{i+1}}}{t_{i+1}-t_{i-1}} \approx \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\,\tau}$$

ملحوظة :

تحدد **الإشارة الطرقية** السرعة اللحظية التي يجب تجاوزها على الطريق ، وهي سرعة يقرأها سائق سيارة على **مِسراع سيارته** كما يقيسها **الرادار** من أجل المراقبة .

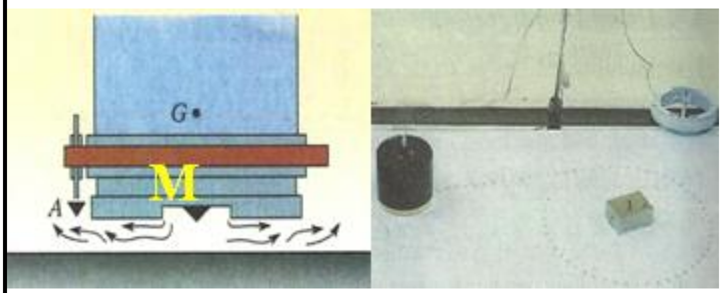
تمثيل متجهة السرعة اللحظية $\vec{V}_i$:



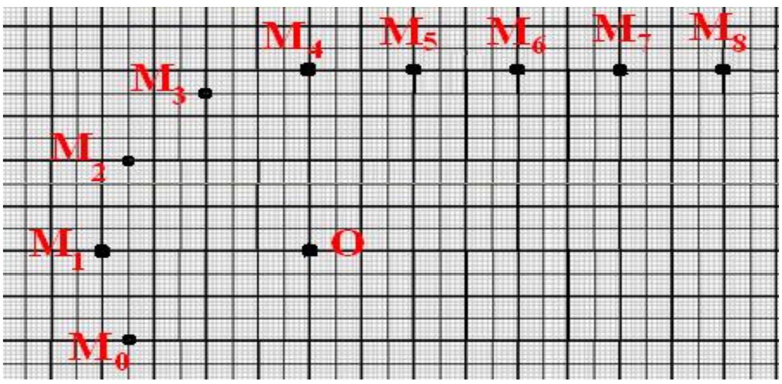


- ➢ **نمثل متجهة السرعة بسهم** يكون اتجاهه مماسا للمسار ، ومنحاه هو منحى الحركة ، وطوله يتناسب مع قيمة V وذلك باستعمال سلم مناسب .
- ➢ خلال **الحركة المنحنية** يكون اتجاه متجهة السرعة هو المماس للمسار عند النقطة M_i ، وعمليا هذا المماس هو الموازي للقطعة $[M_{i-1}M_{i+1}]$.
- ➢ خلال **الحركة الدائرية** يكون اتجاه متجهة السرعة هو المستقيم العمودي على شعاع الدائرة عند النقطة M_i .

3-3- نشاط :



نربط **حاملا ذاتيا** بطرف خيط غير مدود ثبت طرفه الآخر في النقطة O . نرسل الحامل الذاتي بسرعة أفقية وعمودية على الخيط (حيث يبقى موترا) ونعمل على تحريره من الخيط قبل أن ينجز دورة كاملة . وأثناء الحركة نسجل حركة المفجر المركزي M للحامل الذاتي خلال مدد زمنية متساوية ومتتالية $\tau = 60ms$ فنحصل على التسجيل جانبه .



أ- حدد مرجعا لدراسة حركة الحامل الذاتي .

نختار كمرجع المنضدة الهوائية .

ب- حدد طبيعة المسار .

من M_0 إلى M_4 : المسار دائري

من M_4 إلى M_8 : المسار مستقيمي .

ج-حدد قيمة سرعة M بالنسبة للحامل الذاتي.

قيمة سرعة M بالنسبة للحامل الذاتي منعدمة

د- احسب قيمة السرعة المتوسطة للنقطة M بين الموضعين M_0 و M_4 ثم بين M_4 و M_8 بالنسبة للجسم المرجعي المرتبط بالمختبر .

لدينا من M_0 إلى M_4 : $V_m = \frac{\widehat{M_0M_4}}{t_4-t_0} = \frac{8,4.10^{-2}}{4\times60.10^{-3}} = 0,35\ m.s^{-1}$

و من M_4 إلى M_8 : $V_m = \frac{M_4M_8}{t_8-t_4} = \frac{8.10^{-2}}{4\times60.10^{-3}} = 0,33\ m.s^{-1}$

ه- احسب قيم السرعات اللحظية V_1 و V_3 و V_5 و V_7 .

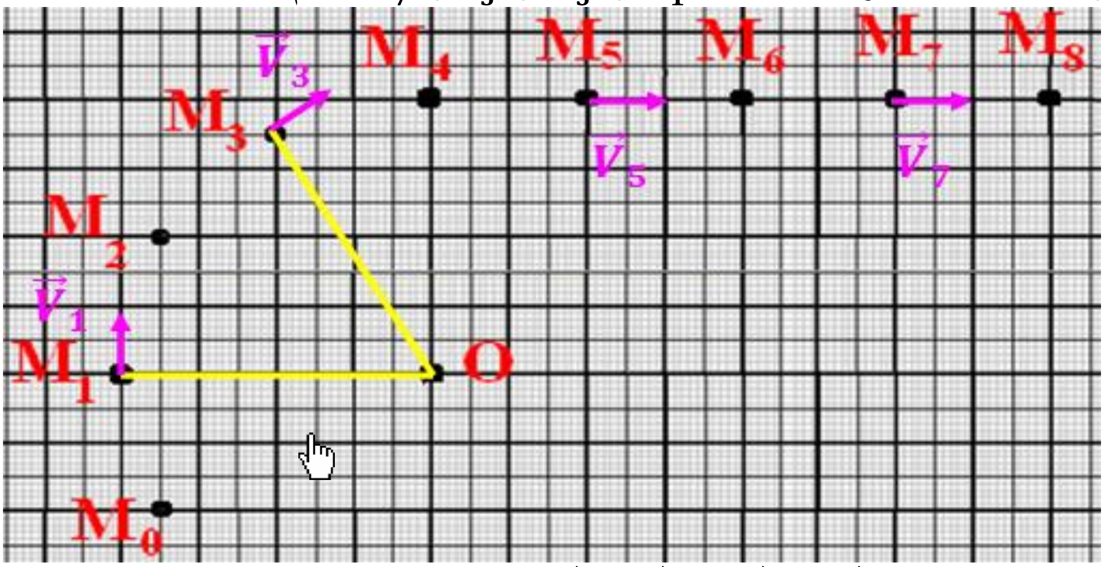
لدينا $V_1 = \frac{\widehat{M_0M_2}}{t_2-t_0} \approx \frac{M_0M_2}{2\ \tau} = \frac{4.10^{-2}}{2\times60.10^{-3}} = 0,33\ m.s^{-1}$

و $V_3 = \frac{\widehat{M_2M_4}}{t_4-t_2} \approx \frac{M_2M_4}{2\ \tau} = \frac{4.10^{-2}}{2\times60.10^{-3}} = 0,33\ m.s^{-1}$

و $V_5 = \frac{M_4M_6}{t_6-t_4} = \frac{M_4M_6}{2\ \tau} = \frac{4.10^{-2}}{2\times60.10^{-3}} = 0,33\ m.s^{-1}$

و $V_7 = \frac{M_6M_8}{t_8-t_6} = \frac{M_6M_8}{2\ \tau} = \frac{4.10^{-2}}{2\times60.10^{-3}} = 0,33\ m.s^{-1}$

و- مثل متجهات السرعات اللحظية $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_3$ و $\vec{V}_5$ و $\vec{V}_7$ بالسلم $0,33\ m.s^{-1} \rightarrow 1cm$.

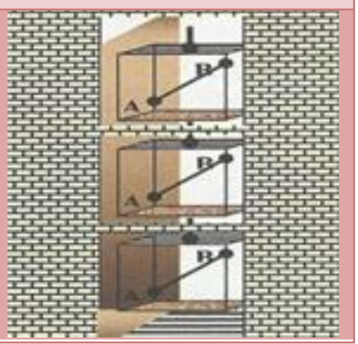
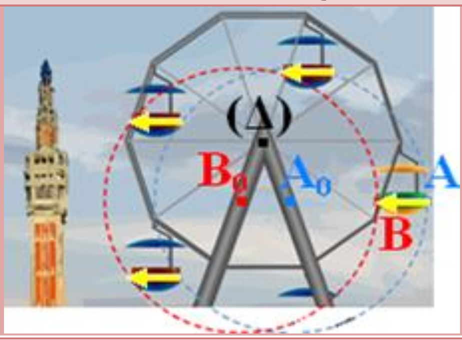


ز- قارن المتجهات $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_3$ ثم $\vec{V}_5$ و $\vec{V}_7$.

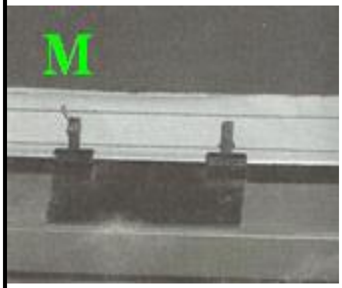
نلاحظ بالنسبة **للحركة الدائرية** أن $\vec{V}_1 \neq \vec{V}_3$ أما بالنسبة **للحركة المستقيمية** فإن $\vec{V}_5 = \vec{V}_7$.

3-4- سرعة جسم صلب في إزاحة :

يكون جسم صلب في **حركة إزاحة إذا لم يتغير اتجاه قطعة ما من هذا الجسم خلال حركته** ، و هي :

إزاحة مستقيمية : تكون مسارات كل نقط الجسم خطوطا مستقيمية	**إزاحة منحنية : تكون مسارات كل نقط الجسم منحنيات متوازية**	**إزاحة دائرية : تكون مسارات كل نقط الجسم دوائر مراكزها مختلفة ولها نفس الشعاع**
		

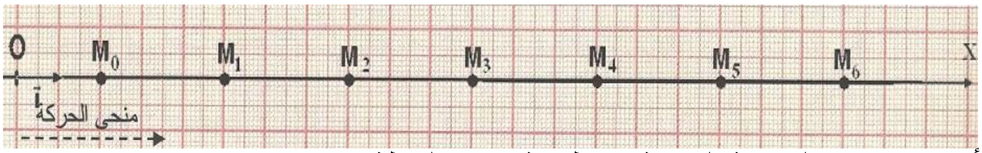
عندما يكون جسم صلب في **حركة إزاحة** فإن **جميع نقطه تتحرك بنفس متجهة السرعة اللحظية** ،
وتساوي **متجهة السرعة اللحظية للجسم** عند نفس اللحظة .
إذن ، لدراسة حركة جسم صلب في **إزاحة يكفي دراسة حركة إحدى نقطه** .



4- الحركة المستقيمية المنتظمة :

4-1- نشاط :

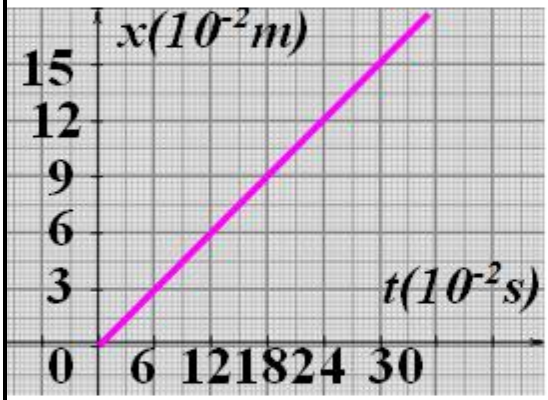
نرسل خيالا فوق نضد هوائي أفقي ونسجل حركة النقطة M خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 60\,ms$.



أ- حدد مرجعا لدراسة الحركة ، وطبيعة مسار النقطة M .
نعتبر المنضدة كمرجع لدراسة الحركة وبما أن النقط M_i تنتمي لمستقيم فإن مسار النقطة M **مستقيمي** .
ب- قارن المسافات المقطوعة من طرف M في نفس المدة الزمنية τ . ماذا تستنتج ؟
لدينا $M_iM_{i+1} = 3cm = cte$ إذن المسافات المقطوعة خلال نفس المدة الزمنية τ **متقايسة** وبالتالي **السرعة اللحظية ثابتة** .
ج- حدد طبيعة حركة النقطة M .
بما أن النقطة M تتحرك وفق **مسار مستقيمي بسرعة ثابتة** فإن النقطة M في **حركة مستقيمة منتظمة** .
د- نختار M_0 أصلا لمعلم الفضاء $(O,\vec{i})$ واللحظة التي سُجلت فيها M_0 أصلا لمعلم الزمان $t_0 = 0$.
أتمم ملأ الجدول حيث $x = OM = M_0M$ و $V_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{t_{i+1}-t_{i-1}} = \frac{x_{i+1}-x_{i-1}}{2\,\tau}$

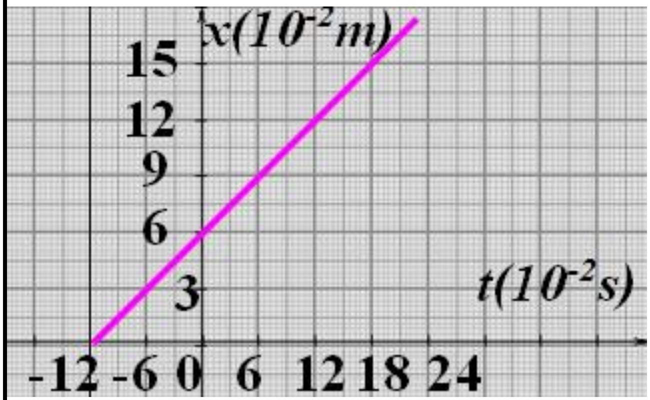
الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
التاريخ t(s)	0	6.10^{-2}	12.10^{-2}	18.10^{-2}	24.10^{-2}	30.10^{-2}	36.10^{-2}
الأفصول x_i(m)	0	3.10^{-2}	6.10^{-2}	9.10^{-2}	12.10^{-2}	15.10^{-2}	18.10^{-2}
السرعة V_i(m/s)		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	

هـ- مثل الدالة $x = f(t)$ بسلم مناسب .
انظر جانبه .



و- تسمى معادلة الدالة $x = f(t)$ المعادلة الزمنية لحركة M ، أوجد تعبيرها .
المنحنى عبارة عن دالة خطية تكتب على شكل $x = a.t$
حيث a المعامل الموجه للمنحنى
إذن $a = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(9-0).10^{-2}}{(18-0).10^{-2}} = 0,5\,m.s^{-1}$
وبالتالي a يمثل **السرعة اللحظية** للنقطة M .
ومنه فإن **تعبير المعادلة الزمنية لحركة M** هو $x = 0,5\,t$.
ز- نختار M_0 أصلا لمعلم الفضاء $(O,\vec{i})$ واللحظة التي سُجلت فيها M_2 أصلا لمعلم الزمان $t_2 = 0$.
أتمم ملأ الجدول و مثل الدالة $x = f(t)$ بسلم مناسب ثم حدد تعبير المعادلة الزمنية لحركة M .

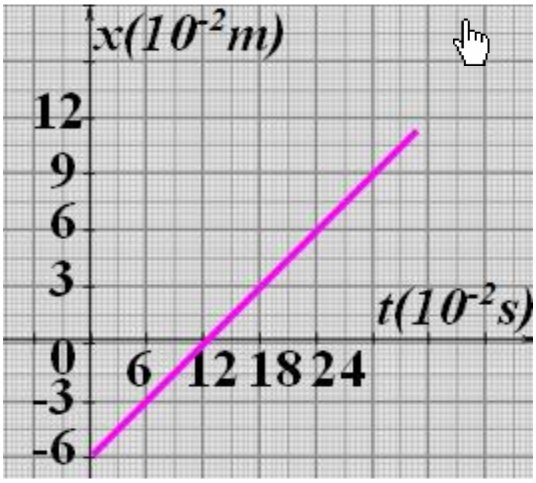
الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
التاريخ t(s)	-12.10^{-2}	-6.10^{-2}	0	6.10^{-2}	12.10^{-2}	18.10^{-2}	24.10^{-2}
الأفصول x_i(m)	0	3.10^{-2}	6.10^{-2}	9.10^{-2}	12.10^{-2}	15.10^{-2}	18.10^{-2}
السرعة V_i(m/s)		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	



انظر جانبه تمثيل الدالة $x = (t)$.
المنحنى عبارة عن دالة تألفية تكتب على شكل
$x = a.t + b$ حيث a المعامل الموجه للمنحنى
و b ثابتة عند أصل التواريخ $t_2 = 0$.
لدينا $x(t_2) = a.t_2 + b = b = 6.10^{-2}m$
وبالتالي b يمثل **الأفصول البدئي** للنقطة M .
لدينا $a = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(9-6).10^{-2}}{(6-0).10^{-2}} = 0,5\ m.s^{-1}$
وبالتالي a يمثل **السرعة اللحظية** للنقطة M .
ومنه فإن **تعبير المعادلة الزمنية لحركة M** هو $x = 0,5\,t + 6.10^{-2}$.

ح- نختار M_2 أصلا لمعلم الفضاء $(O,\vec{i})$ واللحظة التي سُجلت فيها M_0 أصلا لمعلم الزمان $t_0 = 0$.
أتمم ملأ الجدول و مثل الدالة $x = f(t)$ بسلم مناسب ثم حدد تعبير المعادلة الزمنية لحركة M .

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
التاريخ t(s)	0	6.10^{-2}	12.10^{-2}	18.10^{-2}	24.10^{-2}	30.10^{-2}	36.10^{-2}
الأفصول $x_i(m)$	-6.10^{-2}	-3.10^{-2}	0	3.10^{-2}	6.10^{-2}	9.10^{-2}	12.10^{-2}
السرعة $V_i(m/s)$		**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	



انظر جانبه تمثيل الدالة $x = f(t)$.
المنحنى عبارة عن دالة تألفية تكتب على شكل
$x = a.t + b$ حيث a المعامل الموجه للمنحنى
و b ثابتة عند أصل التواريخ $t_0 = 0$.
لدينا $x(t_0) = a.t_0 + b = b = -6.10^{-2}m$
وبالتالي b يمثل **الأفصول البدئي** للنقطة M .
لدينا $a = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(6-0).10^{-2}}{(24-12).10^{-2}} = 0,5\ m.s^{-1}$
وبالتالي a يمثل **السرعة اللحظية** للنقطة M .
ومنه فإن **تعبير المعادلة الزمنية لحركة M** هو
$x = 0,5\,t - 6.10^{-2}$.

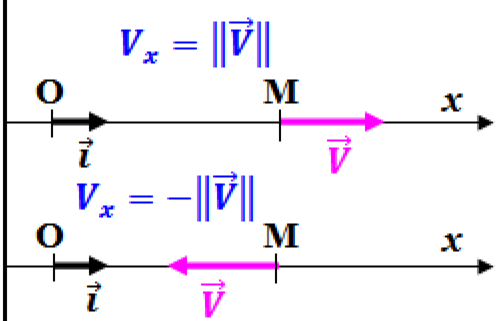
4-2- تعريف :

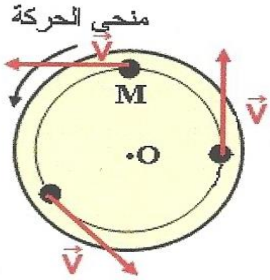
تكون حركة نقطة من جسم صلب **مستقيمية منتظمة** إذا كانت **متجهة سرعتها اللحظية ثابتة مع مرور الزمن** (أي تحتفظ متجهة السرعة اللحظية بنفس الاتجاه والمنحى والمنظم) فنكتب: $\vec{V} = \overrightarrow{cte}$.

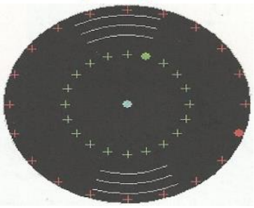
ملحوظة: خلال الحركة المستقيمية المنتظمة تكون السرعة اللحظية تساوي السرعة المتوسطة $V = V_m$.

4-3- المعادلة الزمنية للحركة المستقيمية المنتظمة :

المعادلة الزمنية للحركة المستقيمية المنتظمة هي العلاقة التي تربط بين x أفصول نقطة من جسم متحرك في معلم الفضاء $(O,\vec{i})$ و t تاريخ ملاحظتها في معلم الزمان المرتبطين بالجسم المرجعي ، أي معادلة الدالة $x = f(t)$ ، ويعبر عنها بما يلي : $x(t) = V_x.t + x_0$ حيث
x_0 **الأفصول البدئي** و هو أفصول النقطة المتحركة عند اللحظة $t = 0$.
V_x **إحداثي متجهة السرعة اللحظية** على المعلم $(O,\vec{i})$ أي
$\vec{V} = V_x\vec{i}$ مع $V_x = \pm\|\vec{V}\|$.
يسمى المنحنى الممثل للمعادلة الزمنية **مخطط المسافات** .







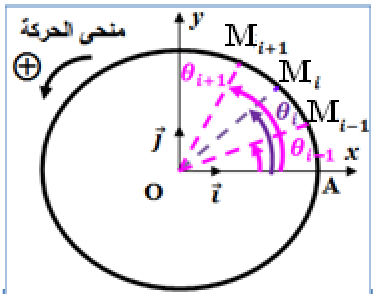
5- الحركة الدائرية المنتظمة :

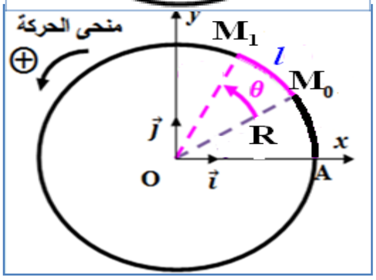
5-1- تعريف :

تكون حركة نقطة من جسم صلب **دائرية منتظمة** إذا كان **مسارها دائريا** ويبقى **منظم متجهة سرعتها اللحظية ثابتا** مع مرور الزمن .

في هذه الحركة يتغير اتجاه ومنحى متجهة السرعة اللحظية أي $\vec{V} \neq \overrightarrow{cte}$ ولكن $V = cte$.

ملحوظة : يكون جسم في دوران حول محور ثابت إذا كان مسار كل نقطة دائريا بحيث تكون هذه الدوائر ممركزة على المحور .





5-2- السرعة الزاوية :

السرعة الزاوية اللحظية V_i لنقطة M في حركة دائرية منتظمة هي خارج قسمة زاوية الدوران التي تكسها متجهة الموضع $\overrightarrow{OM}$ على وحدة الزمن :

$\omega_i = \frac{\delta\theta}{\delta t} = \frac{\theta_{i+1}-\theta_{i-1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$. **وحدتها في (ن ع) هي** $rad.s^{-1}$.

ملحوظة :

خلال مدة زمنية Δt تقطع النقطة M قوسا دائريا طوله l بحيث تكسح متجهة الموضع $\overrightarrow{OM}$ زاوية θ تسمى زاوية الدوران . $l = R.\theta$

5-3- العلاقة بين السرعة الزاوية والسرعة الخطية :

لدينا $$V_i = \frac{\widehat{M_{i-1}M_{i+1}}}{t_{i+1}-t_{i-1}} = \frac{l}{t_{i+1}-t_{i-1}} = \frac{R.\theta_{i+1}-R.\theta_{i-1}}{t_{i+1}-t_{i-1}} = R.\frac{\theta_{i+1}-\theta_{i-1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$$

إذن $V_i = R.\omega_i$

5-4- الدور والتردد:

الدور هو المدة الزمنية التي تستغرقها النقطة M في حركة دائرية منتظمة لإنجاز دورة كاملة .

$$(s) \leftarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \begin{matrix} \rightarrow rad \\ \rightarrow rad.s^{-1} \end{matrix}$$

التردد هو عدد الدورات التي تنجزها النقطة M خلال ثانية . $(Hz) \leftarrow f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$