**سلسلة دروس و تمارين مقترحة – أولى ثانوي** – 2010/2009

**إعداد الأستاذ** : **فرقاني فارس**

# عرض نظري

**01**

**الميكانيك**

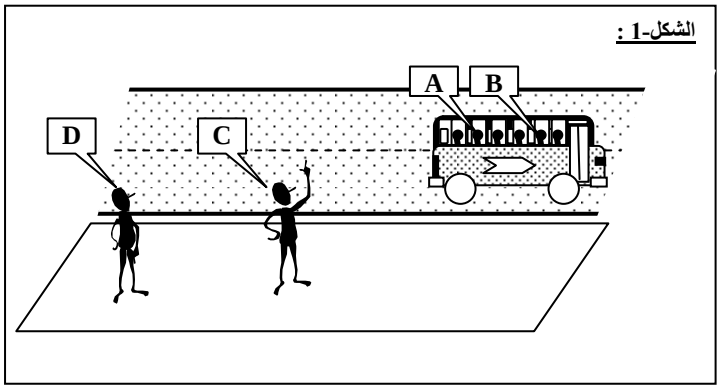
**القوة و الحركات المستقيمة**

Tel : 0771 998109
fares_fergani@yahoo.Fr

**********

## 1- مفاهيم عامة عن الحركة :

• الحركة و السكون مفهومان نسبيان ، و لدراسة حركة أي جسم ، يقتضي اختيار مرجع تنسب إليه حركة هذا الجسم و هذا المرجع عادة ما يكون الأرض . أو جسم ساكن بالنسبة للأرض .



الشكل-1 :

• في المثال المبين في الشكل-1 يمكن اعتبار الأرض أو المسافر (C) و المسافر (D) الساكنين بالنسبة للأرض ، مرجعا لدراسة حركة المسافرين (A) ، (B) ، (C) ، (D) .

• غالبا ما تكون حركة الأجسام معقدة ، و لدراسة حركة جسم ما نختار نقطة منه نسميها **النقطة المتحركة** ، بحيث تعود دراسة حركة هذا الجسم إلى دراسة هذه النقطة المختارة . فمثلا لدراسة حركة كرة و معرفة مسارها ، نختار لذلك نقطة من الكرة و النقطة المناسبة لهذه الدراسة هي مركز الكرة ، بينما إذا أردنا دراسة حركة دوران الكرة فالنقطة المتحركة المناسبة لهذه الدراسة هي نقطة من محيط الكرة .

• المسار هو مجموعة الأوضاع المتتالية التي يشغلها المتحرك خلال حركته، أي المحل الهندسي لمواضع النقطة المتحركة خلال الزمن .

• تصنف الحركات وفق نوعية مسارها ، فإذا كان المسار مستقيما نقول عن الحركة أنها **مستقيمة** ، و إذا كان دائريا نقول عن الحركة أنها **دائرية** ، و إذا كان منحنيا نقول عن الحركة أنها **منحنية** .

• السرعة المتوسطة التي يرمز لها بـ $\mathbf{V_m}$ لمتحرك عندما يقطع مسافة d بين موضعين ، خلال فترة زمنية قدرها $\Delta t = t_2 - t_1$ ، هي حاصل قسمة المسافة d على المدة الزمنية $\Delta t$ ، أي :

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

حيث d تقاس بالمتر (m) و $\Delta t$ بالثانية في نظام الوحدات الدولية ، و بالتالي تقاس السرعة بالمتر على الثانية ( $m/s$ ) أو ( $m.s^{-1}$ ) .

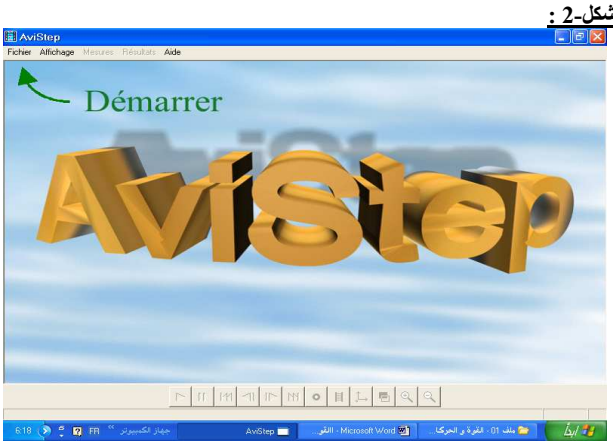
• السرعة اللحظية هي سرعة المتحرك عند لحظة ما .

• تسمح معرفة السرعة اللحظية لمتحرك بتحديد طبيعة حركته ، فإذا كانت قيمة السرعة اللحظية ثابتة نقول عن الحركة أنها منتظمة ، و إذا كانت متزايدة نقول عن الحركة أنها متسارعة ، و إذا كانت متناقصة نقول عن الحركة أنها متباطئة .

• يمكن تسمية الحركة وفق مسارها و سرعتها ، فمثلا حركة مسارها مستقيم و سرعتها ثابتة تسمى حركة مستقيمة منتظمة ، و حركة مسارها دائري و سرعتها متزايدة تسمى حركة دائرية متسارعة .

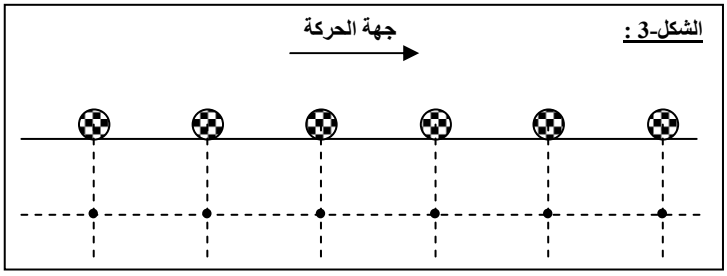
• لدراسة حركة الأجسام المختلفة نحتاج إلى التصوير المتعاقب لهذه الحركة وهو يمثل مجموع المواضع المتتالية التي تشغلها النقطة المتحركة خلال أزمنية متساوية ، و للحصول على التصوير المتعاقب لحركة ما هناك عدة وسائل منها الحديثة التي تعتمد على البرمجيات ، و أهم هذه البرمجيات برنامج (Avistep) الذي سنعتمد عليه في هذا الدرس (الشكل-2) .

الشكل-2 :



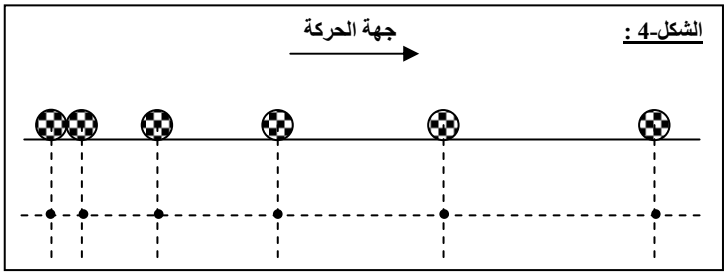

• بالتصوير المتعاقب (كرة مثلا) في فترات زمنية متساوية لحركة مستقيمة منتظمة نحصل على مواضع مختلفة يكون البعد بين كل موضعين متتاليين ثابت (الشكل-3) .

الشكل-3 :

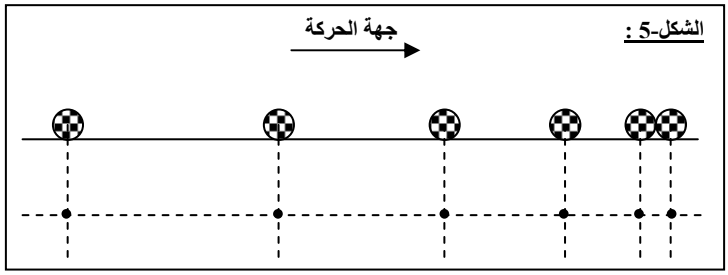



• بالتصوير المتعاقب (كرة مثلا) في فترات زمنية متساوية لحركة مستقيمة متسارعة نحصل على مواضع مختلفة يكون البعد بين كل موضعين متتاليين متزايد (الشكل-4) .

الشكل-4 :




• بالتصوير المتعاقب (كرة مثلا) في فترات زمنية متساوية لحركة مستقيمة متباطئة نحصل على مواضع مختلفة يكون البعد بين كل موضعين متتاليين متناقص(الشكل-5) .




## 2- مبدأ العطالة :

مبدأ العطالة هو أحد القوانين الأساسية التي صاغها العالم نيوتن فهو ينص على ما يلي :

" تحافظ كل جسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخّل قوة لتغيير حالته الحركية"

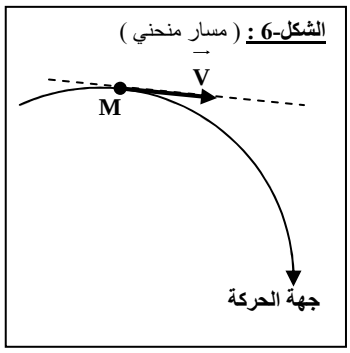
يمكن من خلال مبدأ العطالة قول ما يلي :
- كل جسم في حركة مستقيمة منتظمة يكون غير خاضع إلى أي قوة ، و إذا كان هذا الجسم خاضع إلى تأثير قوة معلومة و مؤكدة فهو حتما خاضع إلى قوة أخرى أو عدة قوى أخرى بحيث يكون في النهاية المجموع الشعاعي لكل القوى معدوم .
- كل جسم خاضع إلى قوة تكون حتما حركته ليست مستقيمة منتظمة ، بمعنى قد تكون مستقيمة متسارعة أو مستقيمة متباطئة أو منحنية .
- كل جسم حركته ليست مستقيمة منتظمة ( مستقيمة متسارعة أو مستقيمة متباطئة أو منحنية ) هو حتما خاضع إلى قوة .
في كل كل حالة من هذه الحالات يقال عن مبدأ العطالة أنه محقق .

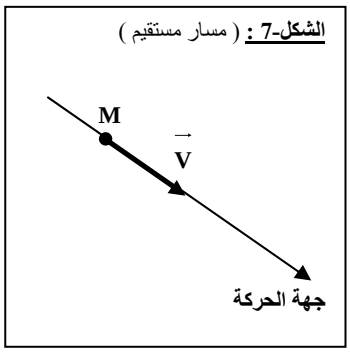
**مثال :**
في الحركات التالية مبدأ العطالة محقق :
- جسم غير خاضع إلى قوة و حركته مستقيمة منتظمة .
- جسم خاضع إلى قوة و حركته متسارعة .
- جسم خاضع إلى قوة و حركته منحنية .
في الحركات التالية مبدأ العطالة غير محقق :
- جسم غير خاضع إلى قوة و حركته متباطئة .
- جسم خاضع إلى قوة و حركته مستقيمة منتظمة .
- جسم خاضع إلى قوة و حركته دائرية منتظمة .

## 3- الدراسة الشعاعية و البيانية :

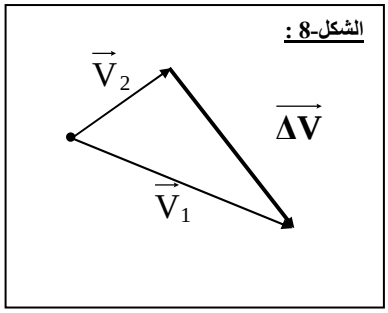
### أ- التمثيل الشعاعي للسرعة و تغير السرعة :

● يتميز شعاع السرعة و الذي يرمز له بـ $\vec{v}$ بالخصائص التالية :
المبدأ : موضع المتحرك M في اللحظة المعتبرة t .
الحامل : منطبق على الخط المماسي للمسار المنحنى ، كما يكون منطبق على المسار في حالة المسار المستقيم .
الجهة : جهة الحركة في اللحظة المعتبرة t . و لا يكون أبدا شعاع السرعة عكس جهة الحركة .
الطويلة : قيمة السرعة اللحظية في اللحظة المعتبرة t ، باختيار سلم مناسب .




- لدراسة تطور شعاع السرعة اللحظية $\vec{V}$ خلال الحركة ، نعرف مفهوما جديدا نسميه **شعاع تغير السرعة** ، نرمز له بـ $\overrightarrow{\Delta V}$ . فإذا اعتبرنا : $\overrightarrow{\Delta V} = \overrightarrow{V_2} - \overrightarrow{V_1}$ .

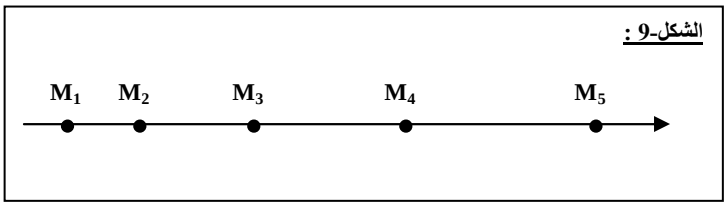



حيث $\overrightarrow{V_2}$ ، $\overrightarrow{V_1}$ شعاعي السرعة اللحظية عند لحظتين مختلفتين $t_1$ ، $t_2$ ، في موضعين موافقين $M_1$ ، $M_2$ على الترتيب ، فلتمثيل الشعاع $\overrightarrow{\Delta V}$ ، نرسم شعاعين مسايرين للشعاعين $\overrightarrow{V_2}$ ، $\overrightarrow{V_1}$ و نجعل لهما نفس المبدأ ، ثم نرسم للشعاع $\overrightarrow{\Delta V}$ الذي يكون من نهاية الشعاع الأول $\overrightarrow{V_1}$ إلى نهاية الشعاع الثاني $\overrightarrow{V_2}$ ، كما مبين في (الشكل-8) ، ثم نسحب الشعاع المتحصل عليه $\overrightarrow{\Delta V}$ ووضعه في نقطة من المسار بين الموضعين $M_1$ ، $M_2$ .

**مثال :** ( تمثيل شعاع السرعة اللحظية و كذا شعاع تغير السرعة في الحركات المستقيمة )

- يمثل (الشكل-9) المواضع المتتالية لنقطة متحركة وفق خط مستقيم حيث قيمة السرعة اللحظية في الموضع $M_2$ تساوي 5cm/s ، و قيمة السرعة اللحظية عند الموضع $M_4$ هي 15cm/s .

- نريد تمثيل شعاعي السرعة اللحظية عند الموضعين $M_4$ ، $M_2$ و كذا شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta V} = \overrightarrow{V_4} - \overrightarrow{V_2}$ عند الموضع $M_3$ .




- نمثل شعاع السرعة اللحظية عند الموضع $M_3$ .

- باختيار السلم ( 1 cm → 10 m/s ) ، تكون طويلة شعاع السرعة اللحظية في الموضع $M_4$ على الوثيقة كما يلي :

$$\begin{cases} 10\ m/s \rightarrow 1\ cm \\ 15\ m/s \rightarrow x\ cm \end{cases}$$

$$x = \frac{1.20}{10} = 1.5\ cm$$

إذن طويلة شعاع السرعة اللحظية عند الموضع $M_4$ على الوثيقة هي 2 cm .

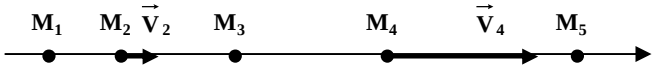
- باختيار نفس السلم السابق ( 1 cm → 10 m/s ) ، تكون طويلة شعاع السرعة اللحظية في الموضع $M_2$ على الوثيقة كما يلي :

$$\begin{cases} 10\ m/s \rightarrow 1\ cm \\ 5\ m/s \rightarrow x\ cm \end{cases}$$

$$x = \frac{1.5}{10} = 0.5\ cm$$

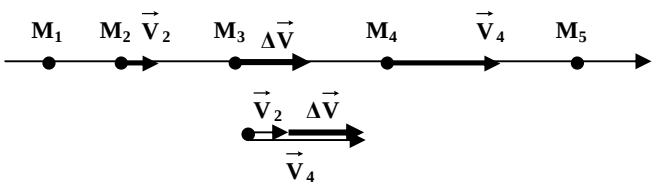
إذن طويلة شعاع السرعة اللحظية عند الموضع $M_2$ على الوثيقة هي 0.5cm . ومنه يكون تمثيل شعاعي السرعة اللحظية عند الموضعين $M_2$ ، $M_4$ كما في (الشكل-10) التالي :

الشكل-10 :




- لتمثيل الشعاع $\overrightarrow{\Delta V}$ في الموضع $M_3$ ، نرسم ابتداءا من نقطة كيفية O الشعاعين المسايرين للشعاعين $\overrightarrow{V_2}$ ، $\overrightarrow{V_4}$ ثم نرسم الشعاع $\overrightarrow{\Delta V}$ من نهاية شعاع $\overrightarrow{V_2}$ إلى نهاية الشعاع $\overrightarrow{V_4}$ ، و بعدها نسحب الشعاع $\overrightarrow{\Delta V}$ المتحصل إليه إلى الموضع $M_4$ ، و نكون بذلك قد مثلنا تغير شعاع السرعة عند الموضع $M_4$ (الشكل-11) .

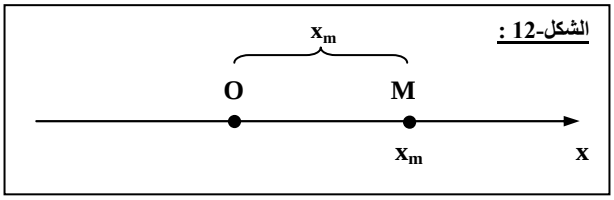
الشكل-11 :




**ب- التمثيل البياني لحركة :**

- لدراسة الحركة يستعمل مرجعا دليليا ندعوه المعلم ، هذا الأخير يوجد على نوعين : معلم المسافة و معلم الزمن .
- معلم المسافة هو معلم مرتبط بالمرجع ، يرتكز على نقطة ثابتة (O) مبدأ المعلم ( أو مركز الإحداثيات ) . يستعمل هذا النوع من المعالم في تعيين موضع المتحرك عند كل لحظة زمنية ، و هو يوجد على ثلاث أنواع : فضائي ، مستوي ، خطي .
- فاصلة الموضع M لمتحرك على مسار مستقيم في معلم خطي يوازي هذا المسار، هو مقدار جبري يمثل بعد هذا الموضع عن مبدأ المعلم (الشكل-12) .

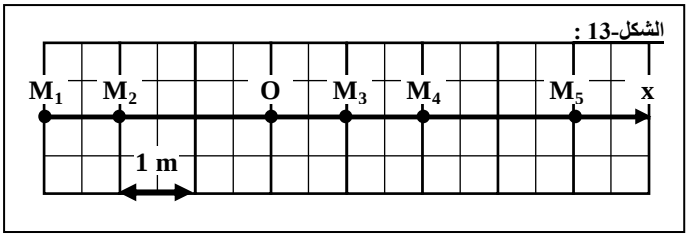
الشكل-12 :




**مثال :**

يمثل (الشكل-13) الأوضاع التي يشغلها متحرك خلال أزمنة متساوية .

الشكل-13 :

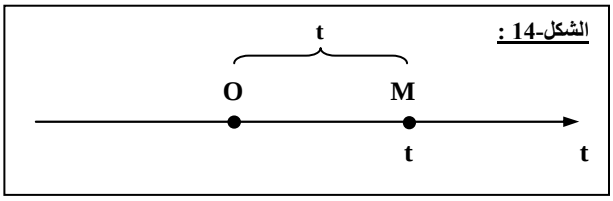



وفق تعريف الفاصلة ، تكون فواصل مواضع المتحرك المبينة في الشكل بالإعتماد على سلم الرسم المرفق كما في الجدول التالي :

| | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $M_4$ | $M_5$ |
|---|---|---|---|---|---|
| x (m) | - 3 | - 2 | + 1 | + 2 | + 4 |

- معلم الأزمنة هو معلم خطي موجه (الشكل-14) ، وموحد بوحدات زمنية مبدأه يكون كيفي . وهو يستعمل في تمثيل تطور الحادثة الفيزيائية ، كما تدعى الأزمنة الممثلة فوقه باللحظات الزمنية .
- اللحظة الزمنية عند الموضع M هو مقدار جبري يمثل الفاصل الزمني بين لحظة بلوغ المتحرك النقطة M ، و مبدأ الأزمنة .

الشكل-14 :

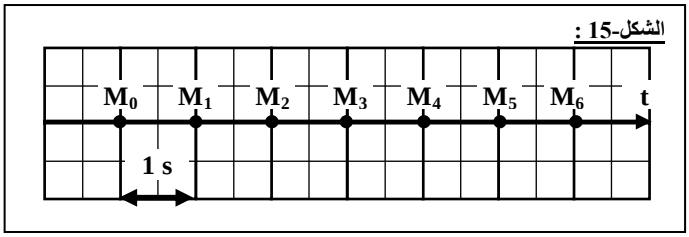



- تكون اللحظة موجبة إذا كانت لحظة بلوغ المتحرك الموضع M بعد مبدأ الأزمنة و سالبة إذا كانت لحظة بلوغ المتحرك الموضع M قبل مبدأ الأزمنة .

**مثال :**

يمثل (الشكل-15) التالي الأوضاع المتتالية التي يشغلها متحرك خلال أزمنة متساوية $\tau = 2\ s$ .

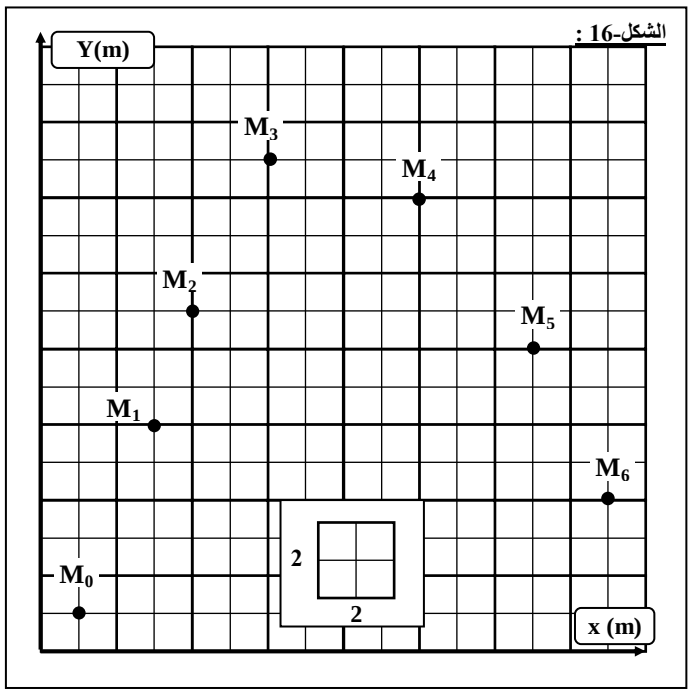
الشكل-15 :




يمثل الجدول التالي لحظات مرور المتحرك بالمواضع باعتبار مبدأ الأزمنة لحظة مرور المتحرك بالموضع $M_2$ .

| | $M_0$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $M_4$ | $M_5$ | $M_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| t (s) | - 2 | - 1 | 0 | + 1 | + 2 | + 3 | + 4 |

الشكل-16 :



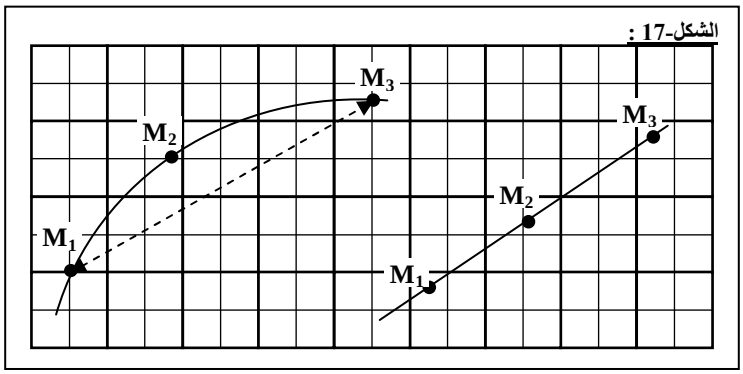

- دراسة تغيرات إحداثيات النقطة المتحركة بدلالة اللحظة الزمنية :

- يمثل (الشكل-16) مواضع متتالية متحرك حيث الزمن بين كل موضعين متتالين هو $\tau = 0.5\ s$ .
- يمثل الجدول الموالي احدثيات هذه المواضع باعتبار مبدأ الأزمنة لحظة مرور المتحرك بالموضع $M_2$ .

| | $M_0$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $M_4$ | $M_5$ | $M_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| t (s) | - 2 | - 1 | 0 | + 1 | + 2 | + 3 | + 4 |
| x(m) | 1 | 3 | 4 | 6 | 10 | 13 | 15 |
| y(m) | 1 | 6 | 9 | 13 | 12 | 8 | 4 |

- حساب السرعة اللحظية عند موضع M ( طويلة شعاع السرعة عند الموضع M )

الشكل-17 :




لتحديد قيمة السرعة اللحظية عمليا في موضع من مواضع المتحرك و ليكن $M_2$ ( الشكل-17) ، نقيس المسافة $M_1M_3$ بين الموضعين $M_1$ ، $M_3$ المجاورين للموضع $M_1$ و اللذان تفصلهما مدة زمنية $\Delta t = 2\tau$ ( سواء كان المسار مستقيم أو منحنى ) . ثم نستنتج المسافة الحقيقية المقطوعة d بالإعتماد على سلم الرسم ، و تكون السرعة $V_2$ في كلتا الحالتين هي :

$$V = \frac{d}{\Delta t}$$

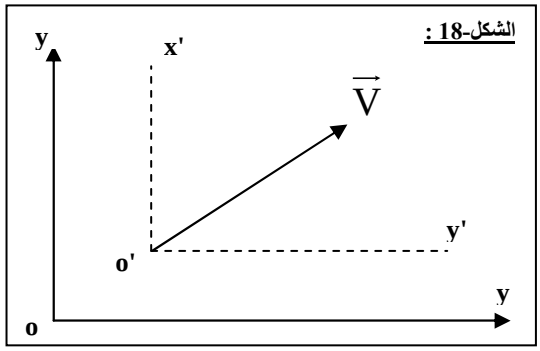
- تحليل شعاع إلى مركبتيه ، وفق المحورين ox ، oy و إيجاد القيم الجبرية لمركبته :

لتحليل شعاع و ليكن شعاع السرعة $\vec{V}$ إلى مركبتيه $\vec{V}_x$ وفق المحور ox و $\vec{V}_y$ وفق المحور oy نقوم بما يلي :

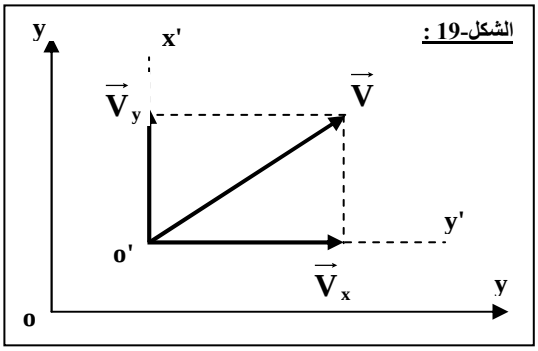
- نرسم مستقيمين مارين بمبدأ الشعاع $\vec{V}$ الأول (o'x') يوازي المحور (ox) و الثاني (o'y') يوازي المحور (oy) (الشكل-18) .

- نسقط عموديا الشعاع $\vec{V}$ على المستقيمين (o'x') ، (o'y') فنحصل على الشعاع $\vec{V}_x$ الذي يمثل مركبة الشعاع $\vec{V}$ على المحور (ox) و على الشعاع $\vec{V}_y$ على المحور (oy) (الشكل-19) .

الشكل-18 :




الشكل-19 :




**ملاحظة :**

إذا كان المعلم خطي ox يكون لأي شعاع و ليكن مركبة واحدة $\vec{V}_x$ تكون منطبقة على الشعاع الأصلي أي :

$$\vec{V} = \vec{V}_x$$

● القيمة الجبرية لمركبة شعاع :

- القيمة الجبرية لمركبة شعاع وليكن $\vec{V}_x$ ، التي يرمز لها بـ $V_x$ ( بدون شعاع ) ، هي مقدار جبري تمثل طويلة مركبة الشعاع بالموجب عندما تكون مركبة الشعاع في الجهة الموجبة للمحور ، و طويلة مركبة الشعاع بالسالب إذا كانت مركبة الشعاع في الجهة السالبة للمحور . أي :

- عندما يكون الشعاع $\vec{V}_x$ في جهة المحور ox يكون :

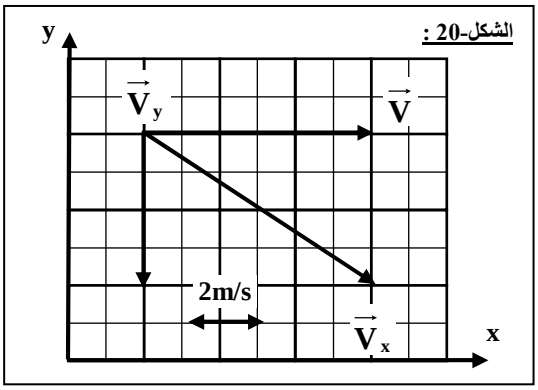
$$V_x = + \left\| \vec{V}_x \right\|$$

- عندما يكون الشعاع $\vec{V}_x$ في جهة المحور ox يكون :

$$V_x = - \left\| \vec{V}_x \right\|$$

**مثال :**

الشكل-20 :




- مركبة شعاع السرعة على المحور ox في الجهة الموجبة للمحور ox و عليه تكون القيمة الجبرية للشعاع هي :

$$V_x = + \left\| \vec{V}_x \right\| = + ( 3 . 2 ) = + 6 \text{ m/s}$$

- مركبة شعاع السرعة على المحور oy في الجهة السالبة للمحور oy و عليه تكون القيمة الجبرية للشعاع هي :

$$V_y = - \left\| \vec{V}_y \right\| = - ( 2 . 2 ) = - 4 \text{ m/s}$$

## 4– القوة و الحركات المستقيمة :

### أ- القوة و شعاع السرعة :

- للحصول على سرعة متزايدة لجسم في حركة مستقيمة ، يجب التأثير عليه بقوة توازي شعاع سرعته ولها الجهة نفسها لحركته .

- للحصول على سرعة متناقصة لجسم في حركة مستقفيمة يجب التأثير عليه بقوة توازي شعاع سرعته ولها جهة معاكسة لحركته.

- للحصول على حركة منحنية لجسم في حركة مستقيمة ، يجب التأثير عليه بقوة لا تكون موازية لشعاع سرعته .

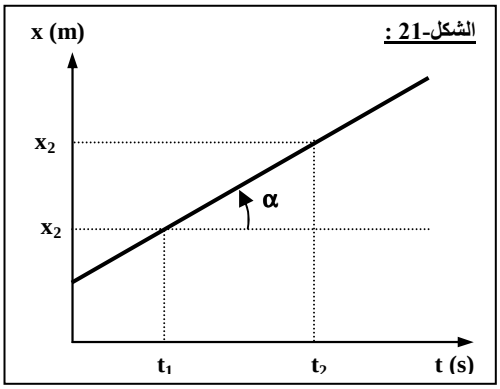
### ب- القوة و الحركة المستقيمة المنتظمة :

- الحركة المستقيمة المنتظمة حركة تتميز بمسار مستقيم يقطع فيها المتحرك مسافات متساوية خلال أزمنة متساوية تظل قيمة السرعة ثابتة خلال الحركة .

- في الحركة المستقيمة المنتظمة لا يخضع المتحرك إلى أي قوة ( حسب مبدأ العطالة ) و إذا خضع إلى قوتين على الأقل فإنه حتمنا سيكون المجموع الشعاعي للقوى المؤثرة معدوم ( تعدم بعظها البعض) .

- في الحركة المستقيمة المنتظمة يكون شعاع السرعة ثابت في المنحى و الجهة و الطويلة . و عليه يكون شعاع تغير السرعة $\Delta\vec{V}$ معدوم .

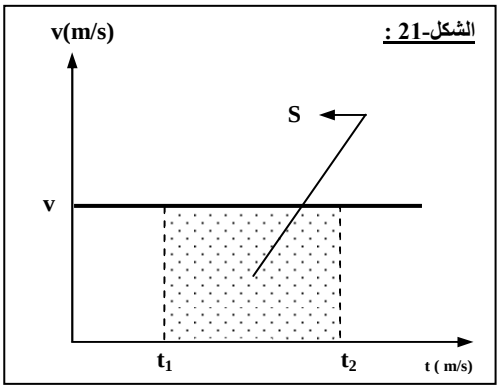
- مخطط المسافة $x= f_1(t)$ في الحركة المستقيمة المنتظمة عبارة عن مستقيم معادلته من الشكل : $x = a\,t + b$ ( a : ميل هذا المستقيم ) ، كما مبين في (الشكل-21) التالي :




▪ تساوي سرعة المتحركة من مخطط المسافة ميل المستقيم أي :

$$V = a = \tan\alpha = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

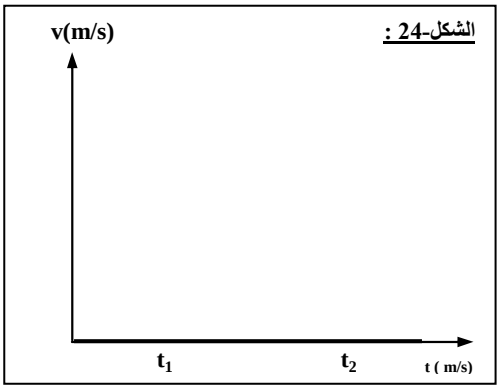
- في الحركة المستقيمة المنتظمة يقطع المتحرك مسافات متساوية d خلال أزمنة متساوية θ .
- مخطط السرعة $v = f_1(t)$ عبارة عن مستقيم يوازي محور الأزمنة (ot) كما مبين في (الشكل-21) التالي :




- تساوي المسافة المقطوعة $d = \Delta x$ ، من طرف متحرك بين لحظتين $t_1$ ، $t_2$ هندسيا من مخطط السرعة ، مساحة السطح (S) المحصور بين البيان $v = f'(s)$ و محور الأزمنة و المستقيمين العموديين على المحور (ot) في اللحظتين $t_1$ ، $t_2$ (الشكل-21) أي :

$$d = \Delta x = S = v\,(t_2 - t_1)$$

- مخطط تغير السرعة $\Delta v = f_3(t)$ عبارة عن مستقيم منطبق على محور الأزمنة (ot) كما مبين في (الشكل-22) التالي :




**ب- القوة و الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام :**

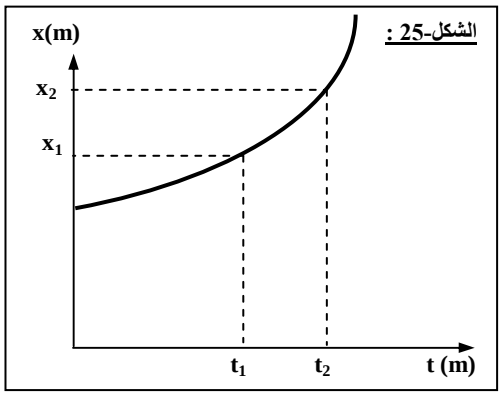
- في حالة تطبيق في جهة الحركة ، قوة $\vec{F}$ ثابتة شعاعيا ( قيمة ، حاملا و جهة ) في جهة الحركة على جسم يتحرك بحركة مستقيمة ، فإن :

- شعاع سرعة المتحرك $\vec{v}$ يحافظ منحاه و جهته و و طويلته تتزايد بانتظام .
- شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ يكون ثابت ( في المنحى و الجهة و الطويلة ) و جهة من جهة الحركة .
- نقول أن الحركة في هذه الحالة مستقيمة متسارعة بانتظام .

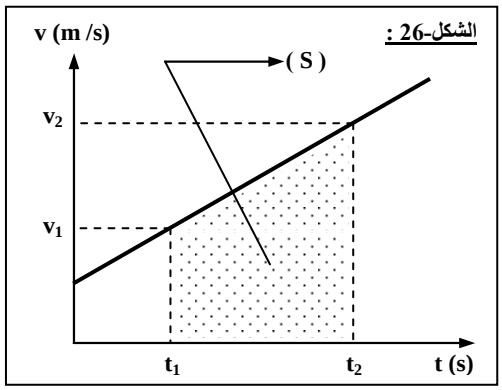
- و بالمثل في حالة تطبيق في جهة الحركة ، قوة $\vec{F}$ ثابتة شعاعيا ( قيمة ، حاملا و جهة ) في الجهة المعاكسة لجهة الحركة على جسم يتحرك بحركة مستقيمة ، فإن :

- شعاع سرعة المتحرك $\vec{v}$ يحافظ منحاه و جهته و طويلته تتناقص بانتظام .
- شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ يكون ثابت ( في المنحى و الجهة و الطويلة ) و جهة عكس جهة الحركة .
- نقول أن الحركة في هذه الحالة مستقيمة متباطئة بانتظام .

- في الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام يكون مخطط المسافة $x = f(x)$ عبارة عن خط منحني كما مبين في (الشكل-25) التالي :



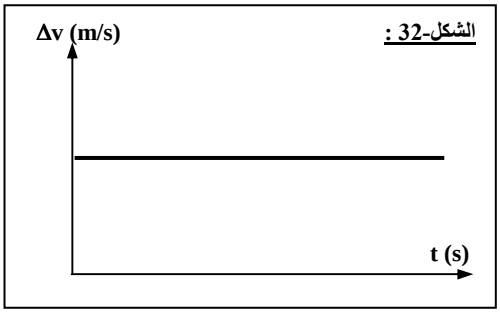

- في الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام لا يقطع المتحرك مسافات متساوية d خلال أزمنة متساوية $\tau$ ، و إنما تتزايد هذه المسافات بانتظام ، أي أن الفرق بين مسافتين متتاليين يكون ثابت (متتلية حسابية ) .
- مخطط السرعة $v = f(x)$ في الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام يكون عبارة عن مستقيم معادلته من الشكل : $v = a\,t + b$ ، كما مبين في (الشكل-26) .




• تساوي المسافة المقطوعة d من طرف متحرك بين لحظتين $t_1$ ، $t_2$ ، هندسيا من خلال مخطط السرعة ، مساحة السطح (S) لشبه المنحرف المحصور بين البيان $v = f(t)$ و محور الأزمنة و المستقيمين العموديين على المحور (ot) في اللحظتين $t_1$ ، $t_2$ ، أي :

$$D = \Delta x = S = \frac{(v_1 + v_2)(t_2 - t_1)}{2}$$

- في الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام يكون مخطط تغير السرعة $\Delta v = f(t)$ عبارة عن مستقيم يوازي محور الأزمة ، كما مبين في (الشكل-26) التالي :




**د- القوة و الحركة المستقيمة المتغيرة ( من دون انتظام ) :**

- في حالة تطبيق ، في جهة الحركة ، قوة متغيرة القيمة متعيرة ( متزايدة/متناقصة) ، حاملها منطبق على المسار ( أو مواز له ) جهته هي جهة الحركة على جسم يتحرك بحركة مستقيمة ، فإن :

▪ شعاع السرعة $\vec{v}$ للمتحرك يحافظ على منحاه ، جهته في جهة الحركة و طويلته تتزايد من دون انتظام .

▪ لشعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ حامل منطبق على المسار ، جهته هي جهة الحركة و قيمته متغيرة (متزايدة/متناقصة ) .

▪ يقال عن الحركة في هذه الحالة مستقيمة متسارعة ( فقط من دون ذكر بانتظام ) .

- و بالمثل في حالة تطبيق قوة متغيرة (متزايدة/متناقصة) حاملها منطبق على المسار جهتها عكس جهة الحركة على جسم يتحرك بحركة مستقيمة فإن :

▪ شعاع السرعة $\vec{v}$ للمتحرك يحافظ على منحاه ، جهته في جهة الحركة و طويلته تتناقص من دون انتظام .

▪ لشعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ حامل منطبق على المسار ، جهته عكس جهة الحركة و طويلته متغيرة (متزايدة/متناقصة ) .

▪ يقال عن الحركة في هذه الحالة مستقيمة متباطئة ( فقط من دون ذكر بانتظام ) .

- خصائص شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ مطابقة لخصائص شعاع القوة $\vec{F}$ أي :

▪ للقوة $\vec{F}$ و شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ نفس الحامل .

- للقوة $\vec{F}$ و شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ نفس الجهة .
- عندما تزداد قيمة F تزداد قيمة $\Delta v$ أيضا .
- عندما تتناقص قيمة F تتناقص قيمة $\Delta v$ أيضا .
- عندما تكون قيمة F ثابتة تكون قيمة $\Delta v$ ثابتة أيضا .

- تسمح لنا هذه النتائج لاستنتاج خصائص الشعاع $\overrightarrow{\Delta v}$ من خصائص القوة $\vec{F}$ و العكس صحيح .

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109