

الحركة

Le mouvement

I. نسبية الحركة

مثال: مسافر جالس في قطار: هو في سكون بالنسبة للقطار ومتحرك بالنسبة للمحطة.

نقول إن الحركة والسكون مفهومان نسبيان لا يمكن الحديث عنهما إلا بالنسبة لجسم مرجعي. نحتاج إذن لوصف حركة جسم، تحديد جسم مرجعي.

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

عندما يتحرك جسم يتغير موضعه بالنسبة للزمن لذا يجب اعتبار معلمين: معلم للفضاء ومعلم للزمن.

معلم الفضاء Repère d'espace

دراسة حركة جسم يستلزم اعتبار معلم مرتبط بالجسم المرجعي (المختبر- الشجرة- المحطة...)

لتحديد موضع نقطة ما M، نختار معلما منظما متعامدا $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ مرتبطا بالجسم المرجعي، ونعلم مواضع النقطة M بالمتجهة \vec{OM} والتي تسمى متجهة الموضع (vecteur position).

تكتب متجهة الموضع كالتالي $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ حيث تمثل x و y و z إحداثيات النقطة M في اللحظة t.

- إذا كانت الحركة مستوية نختار معلما (O, \vec{i}, \vec{j})

ونكتب $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$.

- إذا كانت الحركة مستقيمة نختار معلما (O, \vec{i}) ونكتب $\vec{OM} = x\vec{i}$

1. معلم الزمن Repère de temps

لدراسة حركة جسم بالنسبة لمعلم معين نحتاج إلى مقدار فيزيائي يسمى الزمن t. خلال حركة جسم يتغير الموضع بتغير الزمن، حيث نقرن، أثناء الحركة، بكل موضع M تاريخا t.

أ- اللحظة والتاريخ

يقع حدث ما في مكان معين في لحظة محددة نعلمها بتاريخ.

(مثال: حدث ما يحدث في لحظة يؤرخ بالتوقيت المحلي أو بتوقيت غرينتش).

لتحديد التاريخ نختار وحدة للزمن، ومنحى موجبا (من الماضي إلى المستقبل)، وأصلا اعتباطيا.

وحدة الزمن في النظام العالمي للوحدات هي الثانية (s) كما يمكن استعمال أجزاء أو مضاعفات الثانية حسب الحاجة.

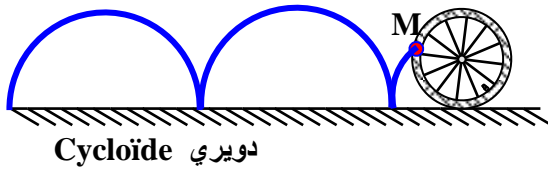
الوحدة	الرمز	القيمة
ميكروثانية	μs	$1\mu s = 10^{-6}s$
ميلي ثانية	ms	$1ms = 10^{-3}s$

الوحدة العالمية	s	ثانية
1 min=60s	min	دقيقة
1h=3600s	h	ساعة
1j=24h	j	يوم
1an=365,25j	an	سنة

ب- المدة الزمنية

المدة الزمنية هي المجال الزمني الذي يفصل بين تاريخين.

2. المسار



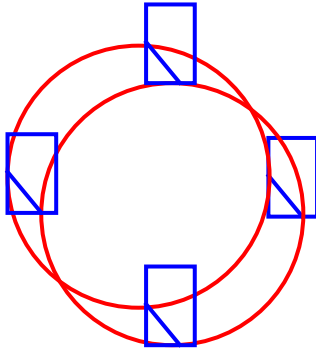
مسار نقطة من جسم متحرك بالنسبة لمرجع معين هو الخط المستمر المكون من مجموع المواضع المتتالية التي تحتلها هذه النقطة خلال الزمن.

يكون مسار نقطة متحركة إما مستقيماً، أو منحنياً.

ولتحديد مسار نقطة من متحرك نسجل مواضعه في

مدد زمنية متتالية ومتساوية، أو نستعمل تقنية التصوير المتتالي.

مثال: يكون مسار نقطة M من محيط عجلة دائرية بالنسبة لمعلم مرتبط بمركز العجلة ودويري بالنسبة لشجرة على الطريق.



II. سرعة نقطة من جسم في إزاحة

1. تعريف الإزاحة:

يكون جسم في إزاحة إذا حافظت قطعة ما من هذا الجسم على اتجاهها خلال الحركة.

خلال الإزاحة، تكون لجميع النقط نفس الحركة ومسارات متوازية.

الإزاحة تكون مستقيمة أو منحنية: مستقيمة إذا كان مسار نقط الجسم مستقيماً، ومنحنية إذا كان مسار النقط منحنياً.

مثال: إزاحة دائرية: مسار النقط المتحركة دائري.

في الصورة جانبه تكون حركة المقصورات حركة إزاحة دائرية

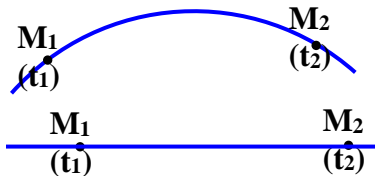
2. السرعة المتوسطة

السرعة المتوسطة V_m لنقطة من جسم في حركة هي خارج قسمة المسافة المقطوعة d على المدة الزمنية المستغرقة Δt لقطع تلك المسافة.

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

وحداتها في النظام العالمي للوحدات m/s (ms^{-1}) وتستعمل أيضاً

الوحدة kmh^{-1}



$$V_m = \frac{M_1 M_2}{t_2 - t_1}$$

في حالة مسار منحنى

$$V_m = \frac{\|M_1 M_2\|}{t_2 - t_1}$$

في حالة مسار مستقيمي

3. السرعة اللحظية

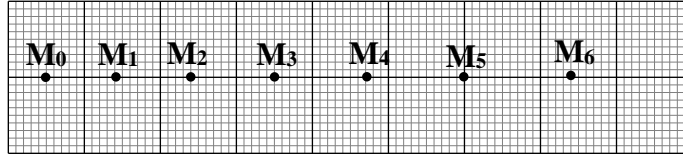
السرعة اللحظية V لنقطة متحركة هي قيمة سرعتها في اللحظة ذات التاريخ t .
يشير عداد السرعة (مسرّاع) في السيارة إلى السرعة اللحظية للسيارة.

عمليا: عند تسجيل حركة نقطة من جسم متحرك خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية τ . يمكن اعتبار السرعة اللحظية للنقطة M في اللحظة t_i على أنها السرعة المتوسطة بين النقطتين اللتين تؤطرانها (طريقة التأيير):

$$V_i = \frac{M_{i-1} M_{i+1}}{2\tau}$$

مثال (1): حركة مستقيمية

نسجل حركة نقطة M من متحرك في مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau=60\text{ms}$ يمثل الشكل أسفله التسجيل المحصل عليه بالسلم الحقيقي:



- أحسب السرعة المتوسطة بين اللحظتين: t_0 و t_6 و t_1 و t_5 و t_2 و t_4 .

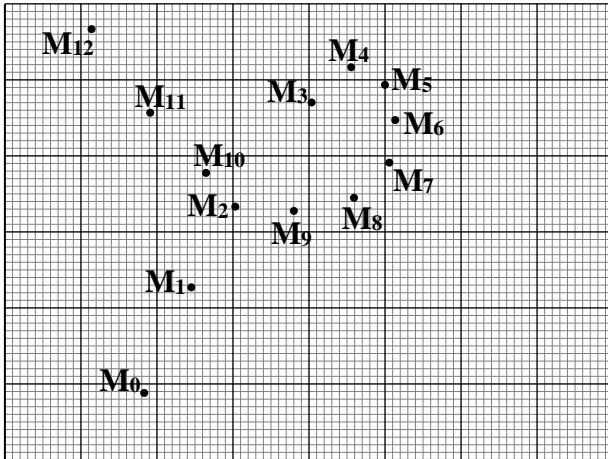
$$V_m(t_0 \rightarrow t_6) = \frac{M_0 M_6}{t_6 - t_0}$$

$$V_m(t_1 \rightarrow t_5) = \frac{M_1 M_5}{t_5 - t_1}$$

$$V_m(t_2 \rightarrow t_4) = \frac{M_2 M_4}{t_4 - t_2}$$

ماذا تمثل السرعة الأخيرة؟.

مثال (2): حركة منحنية:



$$V_i = \frac{M_{i-1} M_{i+1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{M_{i-1} M_{i+1}}{2\tau}$$

عمليا نقيس القوس $M_{i-1} M_{i+1}$ بواسطة خيط.
عندما تكون t_{i+1} و t_{i-1} جد متقاربتان فإن:

$$M_{i-1} M_{i+1} \approx \overline{M_{i-1} M_{i+1}}$$

أحسب V_6 , V_4 , V_1 .

4. متجهة السرعة اللحظية

السرعة مقدار متجهي لذا لا تكفي قيمة السرعة لمعرفة لجهة ومنحى الحركة.
مميزات متجهة السرعة اللحظية لنقطة متحركة في لحظة تاريخها t :

- **الأصل:** موضع النقطة في اللحظة التي تاريخها t .
 - **الاتجاه:** المستقيم المماس للمسار في هذا الموضع.
 - **المنحى:** منحى الحركة.
 - **المنظم:** قيمة السرعة اللحظية $V = \|\vec{v}\|$ ووحدتها في النظام العالمي للوحدات هي: (ms^{-1}) .
- تمثل متجهة السرعة \vec{v} بسهم له نفس اتجاه المماس للمسار في النقطة M . وله منحى الحركة نفسها. ويتناسب طوله مع قيمة السرعة وذلك باستعمال سلم مناسب.

استنتاجات

- إذا كان اتجاه \vec{v} ثابتا أثناء الحركة فإن الحركة مستقيمة.
- إذا تغير اتجاه \vec{v} فإن الحركة منحنية.
- إذا حافظت \vec{v} على اتجاهها ومنحاه ومنظمها فإن الحركة تكون مستقيمة منتظمة.
- تتعلق السرعة اللحظية بالمرجع (النسبية الحركة).

III. الحركة المستقيمة المنتظمة

1. تعريف

تكون حركة نقطة متحركة مستقيمة منتظمة إذا كانت متجهة سرعتها ثابتة.

(في هذه الحالة يكون المسار مستقيما و متجهة السرعة اللحظية ثابتة من حيث الاتجاه. والمنحى والمنظم)

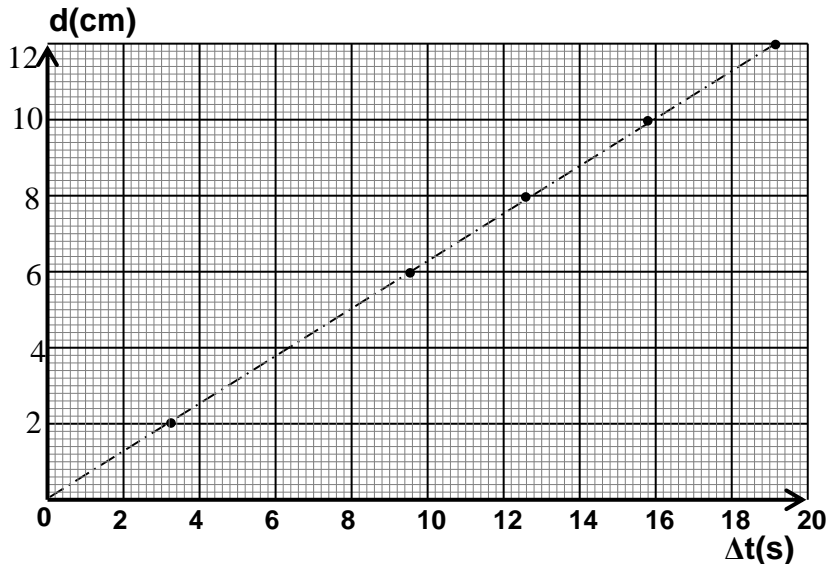
2. المعادلة الزمنية

نصب الزيت في مخبر مدرج وجزر بواسطة ماصة قطرة ماء ملون. ثم نسجل بواسطة ميقت تواريخ مرور القطرة من المواضع الموافقة لتدرجات معينة. ندون قيم المدد الزمنية Δt المستغرقة لقطع المسافات d الموافقة.

نحصل على الجدول التالي:

d(cm)	2,0	6,0	8,0	10	12
Δt (s)	3,20	9,50	12,6	15,8	19,2

خط المنحنى: $d = f(\Delta t)$ (السلم $1cm \rightarrow 2s(\Delta t)$; $1cm \rightarrow 2cm(d)$).

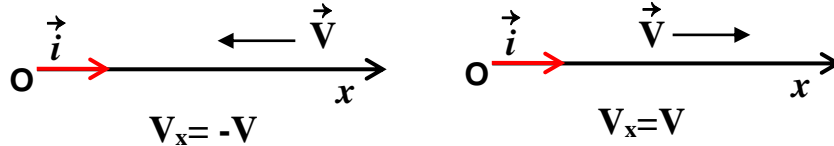


المنحنى $d = f(\Delta t)$ خطي ومعامله الموجه $V = \frac{d}{\Delta t}$ ثابت ويساوي السرعة المتوسطة وهو مساو كذلك للسرعة اللحظية.

نعتبر المعلم $R(O, \vec{i})$ حيث متجهة واحدة و O أصل المعلم. $x(t)$ هو أفصول مركز القطرة عند اللحظة t و x_0 هو أفصوله عند أصل التواريخ.

لدينا: $V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{x(t) - x_0}{t - t_0} = \frac{x(t) - x_0}{t}$ ومنه $x(t) = Vt + x_0$ وتسمى المعادلة الزمنية للحركة.

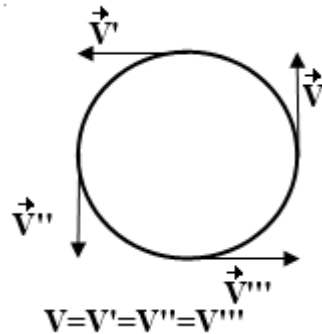
عموما $x(t) = V_x t + x_0$ حيث V_x إحداثي متجهة السرعة في المعلم $R(O, \vec{i})$: $V_x = \pm V$.



IV. الحركة الدائرية المنتظمة

1. تعريف:

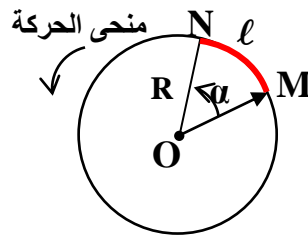
تكون حركة نقطة متحركة دائرية منتظمة إذا كان مسارها دائري (أو قوس من دائرة) وقيمة سرعتها اللحظية ثابتة.



في هذه الحركة يتغير اتجاه متجهة السرعة اللحظية ولا يتغير منظمها.

2. السرعة الزاوية

خلال المدة Δt تقطع النقطة M قوسا دائريا طوله l وتكسح متجهة الموضع \vec{OM} زاوية α تسمى زاوية الدوران حيث: $L = R \times \alpha$ (R هو شعاع المسار الدائري).



نسمى السرعة الزاوية ω لنقطة في حركة دائرية منتظمة خارج قسمة زاوية الدوران لمتجهة الوضع على

المدة الزمنية Δt الموافقة: $\omega = \frac{\alpha}{\Delta t}$ وحدتها في النظام العالمي للوحدات rad.s^{-1} . كما نستعمل وحدة

أخرى هي $\text{tr / min}(\text{tour / min}) = 2\pi \text{rad} / 60\text{s}$

ونعبر عن السرعة اللحظية للنقطة M بالعلاقة: $V = \frac{L}{\Delta t} = \frac{R \times \alpha}{\Delta t}$ ومنه $V = R \times \omega$. (ونسئها كذلك

السرعة الخطية (Vitesse linéaire).

Période et fréquence

الدور هو المدة الزمنية التي تستغرقها النقطة M لإجاز دورة كاملة: $T = \frac{2\pi}{\omega}$ وحدته هي الثانية.

التردد هو عدد الدورات التي تنجزها النقطة M خلال ثانية واحدة؛ وهو مقلوب الدور: $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

وحدة التردد في النظام العالمي للوحدات هي الهرتز (Hertz). ورمزها Hz وهي مقلوب الثانية $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$.

زوروا موقعنا الإلكتروني لعلوم الفيزياء والرياضيات والكيمياء

لمزيد من الدروس والامتحانات:

www.maths-physique.com