الفصل 2 : ميكانيك النقطة المادية

Mécanique du point matériel

تقديم: الميكانيك هو الجزء من الفيزياء الذي يدرس حركة الأجسام و القوى التي يخضع لها (مسببات الحركة).

1. الحركيات (*la cinématique*)

الحركيات هو الفرع من علم الميكانيك الذي يهتم بدراسة حركة الأجسام دون التعرض لمسبباتها، بمعنى الدراسة الوصفية للحركة مستقلة عن مسبباتها.

إن الحركة و السكون مفهومان نسبيان متعلقين بالمرجع الذي تُسند إليه الحركة. إن دراسة الحركيات تهدف إلى التحكم في دراسة المقادير الفيزيائية المتعلقة بالحركة: **موضع المتحرك، السرعة** و **التسارع** في مختلف الإحداثيات.

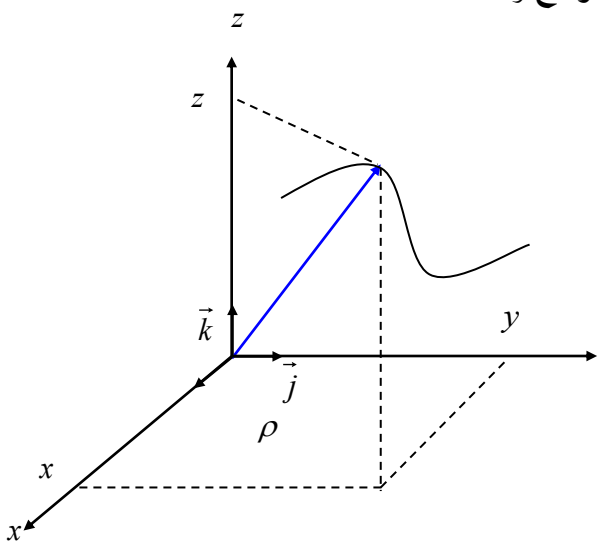
تعاريف:

النقطة المادية (*le point matériel*)**.**

هي جسيم صغير جدا، مهمل الأبعاد يمكنه الحركة في الفضاء (وفق الأبعاد الثلاثة للمعلم) وله كتلة ثابتة. نرمز للنقطة المادية غالبا بالرمز M و لكتلتها بـ m.

دراسة حركة نقطة مادية: هدف الحركيات هو تحديد (تعين) وضعية المتحرك في أي لحظة زمنية (معرفة بالشروط الابتدائية) و هناك طريقتين لتحديد وضعية النقطة المادية: **شعاع الموضع** و **الفاصلة المنحنية**.

شعاع الموضع (*Vecteur de position*):



يعرف شعاع الموضع بأنه الشعاع الذي يتم بواسطته تحديد وضعية النقطة المادية في المعلم، و ذلك بمعرفة مركباته و طويلته، **بدايته** مبدأ المعلم O و **نهايته** موضع المتحرك M. و هو دالة شعاعية تابعة للزمن يرمز لها بالرمز $\overrightarrow{OM}$ أو $\overrightarrow{r(t)}$.

- إذا كان شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$ مستقل عن الزمن فإن النقطة س
- إذا كان شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$ تابع للزمن فإن النقطة متحركة.

المسار (*la trajectoire*)

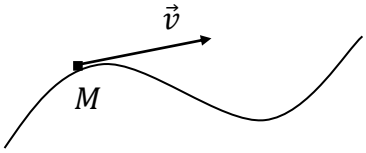
يعرف مسار المتحرك على انه المجال الهندسي المحدد بنهايات أشعة الموضع (من أجل أزمنة مختلفة). و قد يكون مستقيما، دائريا أو منحنيا بشكل عام.

ملاحظة : العلاقة $\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{r(t)}$ التي تربط مركبات شعاع الموضع بالزمن تسمى **بالمعادلات الزمنية للحركة**.

السرعة (*La vitesse*): هي مقدار فيزيائي يعبر عن تغيرات شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$ بدلالة الزمن.

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

يُعبر عن السرعة m/s.

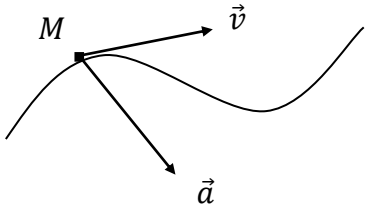


يكون شعاع السرعة $\vec{v}$ **مماسيا** للمسار في موضع المتحرك M.

التسارع $(L'accéleration)$: هي مقدار فيزيائي يعبر عن تغيرات شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$ بدلالة الزمن.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

يُعبر عن السرعة m/s^2.

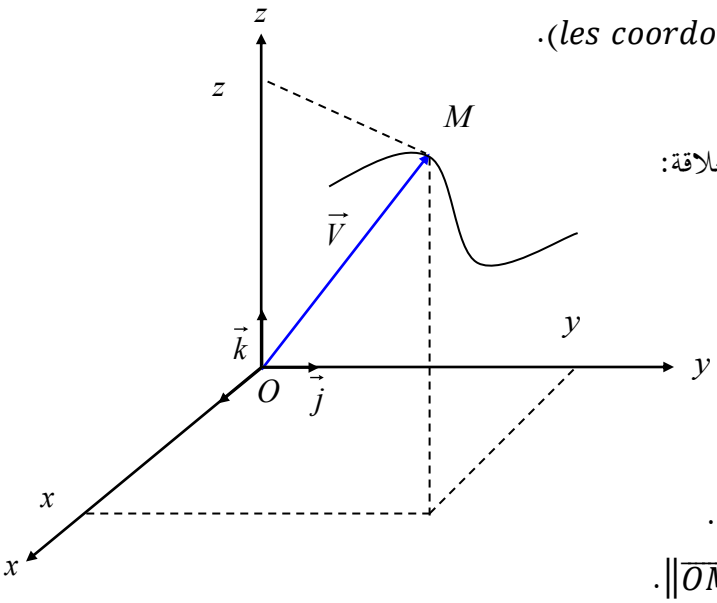


يكون شعاع التسارع $\vec{a}$ باتجاه تقعر المسار.

دراسة الحركية في مختلف الإحداثيات

أ) **الإحداثيات الديكارتية** $(les\ coordonnées\ cartésiennes)$.

شعاع الموضع



يُعرف شعاع الموضع في جملة الإحداثيات الديكارتية بالعلاقة:

$$\overrightarrow{OM} = x\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k}$$

حيث: $M(x, y, z)$.

تدعى (x, y, z) المركبات الديكارتية للنقطة M

و هي دوال زمنية حيث: $-\infty < x, y, z < +\infty$

– الأساس المستخدم هو أشعة الوحدة الثابتة $(\vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k})$.

– طويلة شعاع الموضع هي: $\|\overrightarrow{OM}\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

شعاع السرعة

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \frac{d}{dt}(x\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k})$$

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt}\vec{\imath} + \frac{dx}{dy}\vec{\jmath} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$$

$$\vec{v} = \dot{x}\vec{\imath} + \dot{y}\vec{\jmath} + \dot{z}\vec{k}$$

من جهة أخرى لدينا: $\vec{v} = v_x\vec{\imath} + v_y\vec{\jmath} + v_z\vec{k}$.

$$\begin{cases} v_x = \dfrac{dx}{dt} = \dot{x} \\ v_y = \dfrac{dy}{dt} = \dot{y} \\ v_z = \dfrac{dz}{dt} = \dot{z} \end{cases}$$

و هي المركبات الديكارتية لشعاع السرعة $\vec{v}$.

طويلة شعاع السرعة: $v = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2 + {v_z}^2}$.

شعاع التسارع:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\dot{x}\vec{\imath} + \dot{y}\vec{\jmath} + \dot{z}\vec{k}\right) = \frac{d\dot{x}}{dt}\vec{\imath} + \frac{d\dot{y}}{dt}\vec{\jmath} + \frac{d\dot{z}}{dt}\vec{k}$$

$$\vec{a} = \ddot{x}\vec{\imath} + \ddot{y}\vec{\jmath} + \ddot{z}\vec{k}$$

من جهة أخرى لدينا: $\vec{a} = a_x\vec{\imath} + a_y\vec{\jmath} + a_z\vec{k}$.

$$\begin{cases} a_x = \ddot{x} = \dfrac{d^2x}{dt^2} \\ a_y = \ddot{y} = \dfrac{d^2y}{dt^2} \\ a_z = \ddot{z} = \dfrac{d^2z}{dt^2} \end{cases}$$

و هي المركبات الديكارتية لشعاع السرعة $\vec{a}$.

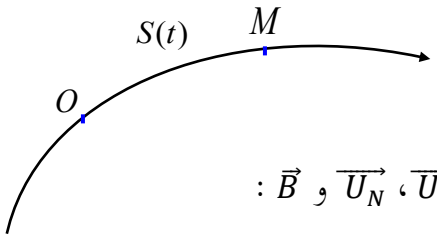
طويلة شعاع التسارع: $a = \sqrt{{a_x}^2 + {a_y}^2 + {a_z}^2}$.

معادلة المسار: معادلة المسار تكون من الشكل $f(x, y, z) = 0$.

الفاصلة المنحنية:

إذا علم مسار المتحرك M فإنه يمكن توجيهه و اختيار مبدأ O عليه. يمكن تحديد موضع المتحرك في كل لحظة **بفاصلته المنحنية** $S(t) = OM$ و هو طول القوس المقطوع انطلاقا من المبدأ O.

ملاحظة: الفاصلة المنحنية دالة تابعة للزمن و المعادلة $S = f(t)$ تدعى بالمعادلة الزمنية للحركة.

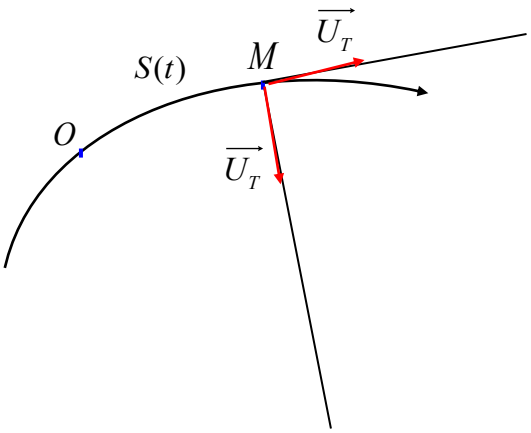


الإحداثيات الذاتية : *les coordonnées intrinsèques*

تسمى الإحداثيات المستعملة في الفاصلة المنحنية بالإحداثيات الذاتية،

و مبدأ المعلم هو موضع المتحرك M في أية لحظة زمنية، محاوره أشعة الوحدة $\overrightarrow{U_T}$ ، $\overrightarrow{U_N}$ و $\vec{B}$:

- $\overrightarrow{U_T}$: شعاع مماسي للمنحنى في أي لحظة زمنية t اتجاهه في جهة تزايد الفاصلة المنحنية.
- $\overrightarrow{U_N}$: شعاع عمودي على المنحنى في أية لحظة زمنية t اتجاهه اتجاه تقعر المسار.
- $\vec{B}$: شعاع عمودي على الوحدة $\overrightarrow{U_T}$ و $\overrightarrow{U_N}$.



السرعة و التسارع في الإحداثيات الذاتية:

شعاع السرعة:

$$\vec{v} = \frac{dS}{dt}\overrightarrow{U_T}$$

ملاحظة: $v = dS/dt$.

شعاع التسارع:

$$\vec{a} = a_T\overrightarrow{U_T} + a_V\overrightarrow{U_N}$$

a_T : المركبة المماسية أو **التسارع المماسي**.

a_N : المركبة الناظمية أو **التسارع الناظمي**.

$$\boldsymbol{a_T = \frac{dv}{dt}} \quad ; \quad \boldsymbol{a_N = \frac{v^2}{R}}$$

R: نصف قطر الانحناء في النقطة M.

ملاحظة: $a = \sqrt{{a_T}^2 + {a_N}^2}$.

2. ديناميك النقطة المادية $(Dynamique\ du\ point\ matériel)$

يهتم الديناميك بدراسة الأسباب الداخلية و الخارجية التي تجعل الأجسام المتحركة تُغير من قيم مقاديرها الحركية من سرعة و تسارع ..... إلخ.

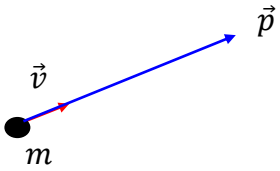
سوف نعتمد على طريقة نيوتن التي تستخدم مفهوم القوة لتفسير حركة الأجسام،

تعاريف:

الجملة المادية: عبارة عن مجموعة من النقاط المادية (النقطة المادية جسيم صغير جدا، مهمل الأبعاد له كتلة ثابتة).

شعاع كمية الحركة $(Quantité\ de\ mouvement)$:

كمية الحركة لنقطة مادية: إن شعاع كمية الحركة في لحظة t، لنقطة مادية كتلتها m و سرعتها $\vec{v}$ هو المقدار الشعاعي $\vec{p} = m\vec{v}$.



تمثل كمية الحركة بشعاع له نفس منحى و نفس اتجاه شعاع السرعة و طويلته $m\|\vec{v}\|$. يعبر عنه $kg.m.s^{-1}$.

كمية الحركة لجملة مادية:

كمية الحركة لجملة مادية كيفية في لحظة t، تساوي جداء كتلتها بشعاع سرعة مركز عطالتها في هذه اللحظة.

$$\vec{p} = m\overrightarrow{v_G}$$

$\overrightarrow{v_G}$ شعاع سرعة مركز عطالة الجملة المادية في اللحظة t.

قوانين نيوتن: وضع "إسحاق نيوتن" ثلاث مبادئ أساسية تعتبر أساس الديناميك و هي:

- مبدأ العطالة.
- المبدأ الأساسي للتحريك.
- مبدأ الفعل و رد الفعل.

1. القانون الأول– مبدأ العطالة

تبقى النقطة المادية على حالها من سكون أو حركة مستقيمة منتظمة ما لم تؤثر عليها قوى خارجية تضطرها إلى تغيير هذه الحالة.

2. المبدأ الأساسي للتحريك

تأثير قوة مطبقة على جسم هو إحداث تغير في كمية حركته.

المبدأ الأساسي للتحريك يربط بين السبب (القوى الخارجية) بالنتيجة الملحوظة (التغير في كمية الحركة). يكتب كما يلي:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

و منه نص القانون هو: "المجموع الشعاعي للقوى المؤثرة على جملة مادية يساوي في كل لحظة المشتق بالنسبة للزمن لكمية حركة الجملة $\vec{p}$".

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

- إذا كانت كتلة الجملة المادية m **لا تتعلق بالزمن** فإن المبدأ الأساسي للتحريك يصبح كما يلي:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

و منه نص القانون هو: "المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المطبقة على جملة مادية **كتلتها ثابتة** يساوي إلى جداء كتلتها بشعاع تسارع مركز عطالتها".

3. مبدأ الفعل و رد الفعل

"لكل فعل رد فعل يساويه في الشدة و يعاكسه في الاتجاه".

قوى الاحتكاك بين الأجسام الصلبة:

تظهر قوى الاحتكاك في الحركة أو السكون عندما يكون الجسم تحت تأثير قوى تميل لجره. في كل الحالات قوى الاحتكاك تعيق الحركة.