

الجزء الرابع :

الميكانيك

الوحدة 1

5 س

قوانين نيوتن

Les Lois de Newton

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

الثانية باكوريا
الفيزياء

1- متجهة السرعة و متجهة التسارع :

1-1- تذكير:

رأينا فيما سبق ، أن مفهوم الحركة والسكون نسبيان ، أي يتعلقان بالجسم المرجعي .

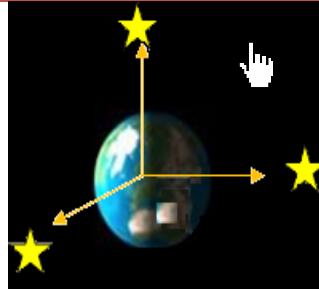
الجسم المرجعي هو جسم صلب تدرس بالنسبة إليه حركة مجموعة ما ، نقرن به :
⊕ **معلم الزمن** ، ويتم تحديده باختيار أصل التواريخ (غالبا ما نختاره منطبقا مع بداية الحركة) .

⊕ **معلم الفضاء** ، ويتم تحديده بأصله O وبقاعدة متعامدة منمنمة $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.
لدراسة حركة جسم ما ، نستعمل الأجسام المرجعية التالية :

الجسم المرجعي الأرضي ، **المرجع المركزي الأرضي** ، **المرجع المركزي الشمسي** .



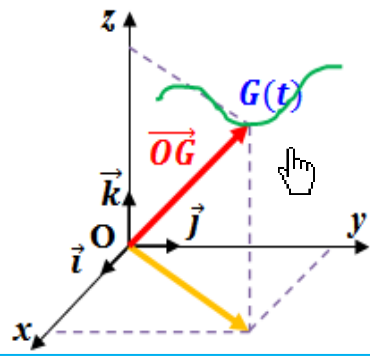
المرجع المركزي الشمسي (مرجع كوبرنيك)



المرجع المركزي الأرضي



الجسم المرجعي الأرضي



تتطلب دراسة حركة جسم صلب دراسة حركة جميع نقطه ، غير أننا ندرس فقط حركة مركز قصوره G لأنها تمكننا من معرفة حركته الإجمالية .

ويمكن معلمة نقطة متحركة G من جسم صلب ، في معلم متعامد منمنم

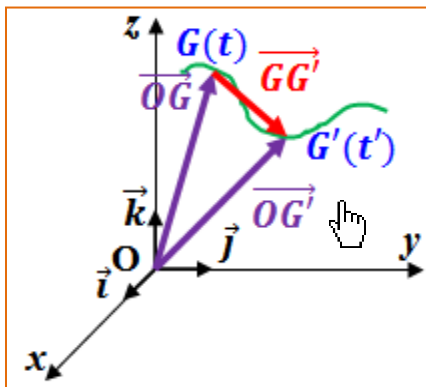
$\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ مرتبط بالجسم المرجعي في كل لحظة ، **بمتجهة الموضع** \vec{OG}

بحيث : $\vec{OG} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$ و $\|\vec{OG}\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

مع x و y و z إحداثيات موضع G في المعلم \mathcal{R} .

متجهة الموضع هي متجهة ينطبق أصلها مع أصل المعلم ، وطرفها مع موضع المتحرك .

يكون مجموع المواضع المتتالية التي تحتلها النقطة المتحركة أثناء حركتها مسار هذه النقطة .



2-1- متجهة السرعة:

1-2-1- متجهة السرعة المتوسطة :

عند انتقال المتحرك بين اللحظتين t و t' من النقطة G إلى النقطة G' بالنسبة لجسم مرجعي معين ، تكون متجهة السرعة المتوسطة بين هاتين

$$\vec{V}_m = \frac{\vec{GG'}}{\Delta t} = \frac{\vec{OG'} - \vec{OG}}{t' - t}$$

اللحظتين هي :

1-2-2-2- متجهة السرعة اللحظية :

تعريف

في مرجع معين ، تساوي متجهة السرعة اللحظية لمركز القصور G لجسم

صلب المشتقة بالنسبة للزمن لمتجهة الموضع :

$$\vec{V}_G = \frac{d\vec{OG}}{dt}$$

وحدة قياس السرعة في (ن، ع) هي : المتر على الثانية $m.s^{-1}$.

مميزات متجهة السرعة اللحظية :

- ❖ الأصل : النقطة G مركز قصور المتحرك عند اللحظة t .
- ❖ الاتجاه : المماس للمسار في النقطة G .
- ❖ المنحى : منحى الحركة .

❖ المنظم : عمليا نحدده بـ

$$V_{G_i} = \frac{G_{i-1}G_{i+1}}{t_{i+1}-t_{i-1}} = \frac{G_{i-1}G_{i+1}}{2\tau}$$

تعبير متجهة السرعة اللحظية في معلم ديكارتي :

لدينا $\vec{OG} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$ ونعلم أن $\vec{V}(t) = \frac{d\vec{OG}}{dt} = \frac{dx}{dt}.\vec{i} + \frac{dy}{dt}.\vec{j} + \frac{dz}{dt}.\vec{k}$

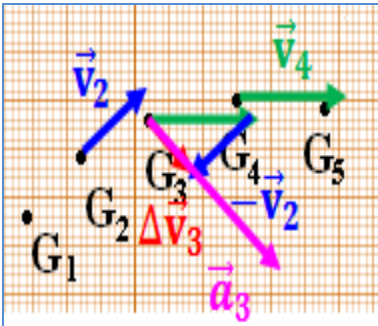
و $\vec{V}(t) = v_x.\vec{i} + v_y.\vec{j} + v_z.\vec{k}$ إذن $v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$ و $v_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$ و $v_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$

حيث v_x و v_y و v_z تمثل الإحداثيات الديكارتية لمتجهة السرعة .

1-3-1- متجهة التسارع :

1-3-1- تعريف :

يعبر رياضيا عن متجهة التسارع بالعلاقة : $\vec{a}_G(t_i) = \vec{a}_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \vec{V}_G}{\Delta t} \right) = \frac{d\vec{V}_G}{dt}$



في مرجع معين ، تساوي متجهة التسارع لمركز القصور G لجسم صلب في لحظة t المشتقة بالنسبة للزمن لمتجهة السرعة في نفس اللحظة :

$\vec{a}_G = \frac{d\vec{V}_G}{dt}$ وحدة قياس التسارع في (ن، ع) هي : $m.s^{-2}$.

وبما أن $\vec{V}_G = \frac{d\vec{OG}}{dt}$ فإن $\vec{a}_G = \frac{d\vec{V}_G}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\vec{OG}}{dt} \right) = \frac{d^2\vec{OG}}{dt^2}$

1-3-2-2- تعبير متجهة التسارع :

في معلم ديكارتي :

لدينا $\vec{OG} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$

ولدينا $\vec{V}_G = \frac{d\vec{OG}}{dt} = \frac{dx}{dt}.\vec{i} + \frac{dy}{dt}.\vec{j} + \frac{dz}{dt}.\vec{k}$ ونعلم أن $\vec{a}_G = a_x.\vec{i} + a_y.\vec{j} + a_z.\vec{k}$

إذن $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$ و $a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}$ و $a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z}$

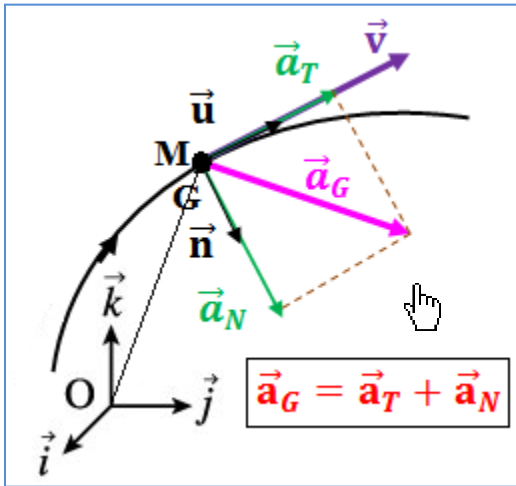
حيث تمثل a_x و a_y و a_z الإحداثيات الديكارتية لمتجهة التسارع \vec{a}_G .

■ في أساس فريني:

أساس فريني هو أساس للإسقاط غير مرتبط بالمرجع .

تعريف:

معلم فريني (M, \vec{u}, \vec{n}) معلم متعامد منظم ينطبق أصله في كل لحظة مع موضع النقطة المتحركة M ، ومتجهته الواحدية \vec{u} مماسة للمسار وموجهة في منحنى الحركة ، أما المتجهة الواحدية \vec{n} فتكون متعامدة مع \vec{u} وموجهة نحو تقعر المسار .



نعبر عن متجهة التسارع \vec{a}_G في أساس فريني ، بالنسبة لحركة مستوية كالتالي : $\vec{a}_G = \vec{a}_T + \vec{a}_N$

حيث $\vec{a}_T = a_T \cdot \vec{u}$ هي متجهة التسارع المماسي $a_T = \frac{dv_G}{dt}$

$\vec{a}_N = a_N \cdot \vec{n}$ هي متجهة التسارع المنظمي $a_N = \frac{v_G^2}{\rho}$ مع ρ هو شعاع انحناء المسار في الموضع M .

ملحوظة: نحدد طبيعة حركة النقطة المتحركة من خلال الجداء السلمي للمتجهتين \vec{a}_G و \vec{V}_G حيث:

$$\vec{a}_G \cdot \vec{V}_G = \vec{a}_T \cdot \vec{V}_G = \|\vec{a}_G\| \cdot \|\vec{V}_G\| \cdot \cos(\alpha)$$

تتعلق إشارة الجداء $\vec{a}_G \cdot \vec{V}_G$ بالزاوية $\alpha = (\vec{a}_G, \vec{V}_G)$

$\vec{a}_G \cdot \vec{V}_G = 0$	$\vec{a}_G \cdot \vec{V}_G < 0$	$\vec{a}_G \cdot \vec{V}_G > 0$
حركة منتظمة	حركة متباطئة	حركة متسارعة

2- قوانين نيوتن:

لجرد القوى المطبقة على جسم ، نغزله عن باقي الأجسام المحيطة به ، فيسمى المجموعة المدروسة .

القوة الخارجية هي القوة التي يطبقها جسم لا ينتمي إلى المجموعة المدروسة على هذه المجموعة .

القوة الداخلية هي القوة التي يطبقها جسم ينتمي إلى المجموعة المدروسة على جزء من هذه المجموعة .

إذا كان مجموع القوى الخارجية المطبقة على مجموعة ما منعدمًا $(\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0})$ ، نقول إن هذه

المجموعة شبه معزولة ميكانيكيا .

1-2- القانون الأول لنيوتن : مبدأ القصور

في معلم غاليلي ، إذا كان المجموع المتجهي للقوى الخارجية المطبقة على جسم صلب منعدمًا

$(\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0})$ ، فإن متجهة السرعة \vec{V}_G لمركز القصور G للجسم الصلب تكون ثابتة

$(\vec{V}_G = \overline{cte})$ أي يكون G إما ساكنًا أو في حركة مستقيمة منتظمة ، وفي المقابل ، إذا كانت

متجهة السرعة لمركز قصور الجسم الصلب ثابتة ، فإن المجموع المتجهي للقوى الخارجية

المطبقة على الجسم منعدم . $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{V}_G = \overline{cte}$

نص القانون

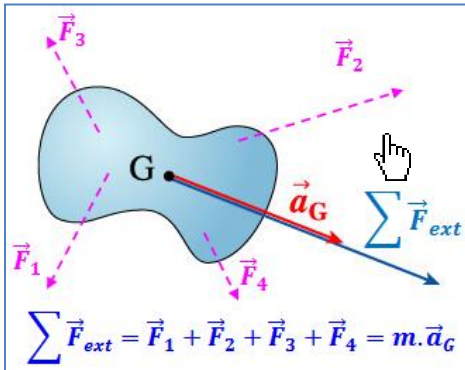
ملحوظة: المعلم غاليلي هو معلم يتحقق فيه مبدأ القصور .
نعتبر كل معلم في إزاحة مستقيمية منتظمة بالنسبة لمعلم غاليلي ، معلما غاليليا كذلك .
لا يتحقق مبدأ القصور إلا في المعالم الغاليلية .

2-2- القانون الثاني لنيوتن : القانون الأساسي للحريك

نص القانون

في معلم غاليلي ، يساوي المجموع المتجهي للقوى الخارجية المطبقة على جسم صلب جداء كتلته m ومتجهة التسارع \vec{a}_G

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G .$$



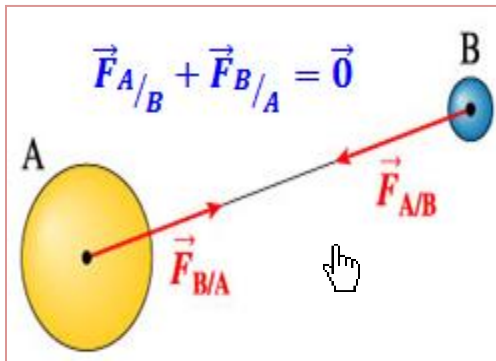
ملحوظة:

✚ يتبين من العلاقة $\sum \vec{F}_{ext} = m \frac{\Delta \vec{v}_i}{\Delta t}$ أنه بالنسبة لنفس القوة المطبقة ، كلما كانت الكتلة كبيرة كلما كان تغير متجهة السرعة خلال المدة Δt صغيرا . إذن ، **تقاوم الكتلة تغير السرعة** وبالتالي فهي تميز قصور الجسم الصلب أي الصعوبة في تغيير حركته ، مما يخول للكتلة m طابع **الكتلة القصورية** .

✚ بالنسبة لجسم معزول ميكانيكيا أو شبه معزول ميكانيكيا ، يكون $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ أي $m \vec{a}_G = \vec{0}$ و $\vec{v}_G = \vec{cte}$ ، ومنه فإن **القانون الأول** (مبدأ القصور) يعتبر **حالة خاصة للقانون الثاني** (القانون الأساسي للحريك) .
✚ لا يطبق القانون الأساسي للحريك إلا في المعالم الغاليلية .
✚ **النيوتن** هو شدة القوة التي تحرك جسما كتلته 1 kg بتسارع $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

2-3- القانون الثالث لنيوتن : مبدأ التأثيرات المتبادلة

نص القانون



عندما يحدث تأثير متبادل بين جسمين A و B ، فإن القوة $\vec{F}_{A/B}$ التي يطبقها الجسم A على الجسم B و القوة $\vec{F}_{B/A}$ التي يطبقها الجسم B على الجسم A تحققان دائما العلاقة المتجهية $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$. وذلك কিفما كانت حالة الحركة أو السكون وسواء كان المعلم غاليليا أو غير غاليلي .