1. لمحة تاريخية:

- أرسطو (322 ق.م – 384 ق.م):
  - تفسير الحركة بوجود القوة وفي نفس الاتجاه، ومنه السكون يعني انعدام القوة.
  - العلاقة الخطية بين القوة والسرعة.
  - عدم إعطاء أهمية للجملة الميكانيكية في الدراسة أو الخلط بين الجمل والقوى المطبقة عليها.
  - كل المواد تتكون من خليط بنسب مختلفة لأربعة عناصر أساسية (التراب، الماء، الهواء والنار).
  - الأرض هي المركز الهندسي للكون.
  - توجد ميكانيك فلكية وميكانيك أرضية تختلف عنها.
- بلطموس (140م):
  - تفسير حركة الكواكب بالنسبة للمعلم الأرضي (النظام الجيومركزي).
- كوبرنيك (1473م - 1543م):
  وضع المعلم المركزي الشمسي (الهيليومركزي).
- كبلر (1571م – 1630م): وضع قوانينه الثلاثة التي كان لها الدور الأساسي في تطوير الميكانيك.
  - ترسم الكواكب مدارات إهليجية لا دائرية.
  - سرعتها ليست ثابتة.
  - النسبة بين مربع دور حركة كوكب ومكعب البعد المتوسط للكوكب عن الشمس يبقى ثابت.
- غاليلي (1564م – 1642م):
  - من أتباع نظام كوبرنيك.
  - الطابع النسبي للحركة.
  - واضع قوانين العطالة.
- نيوتن (1642م – 1727م):
  - التوحيد بين الميكانيك الأرضية والفلكية.
  - القوانين الثلاثة والتي هي أساس الميكانيك الكلاسيكي.

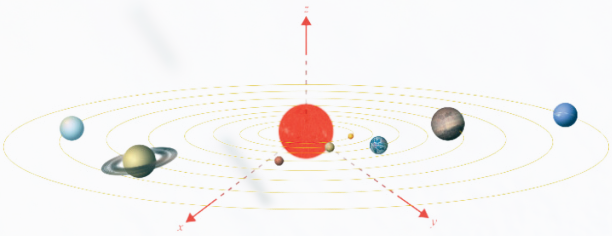
2. بعض المفاهيم الأساسية:

- الجملة الميكانيكية:
  - هي جسم أو جزء من جسم أو مجموعة من الأجسام التي تكون محل الدراسة الفيزيائية.
  - تحديد الجملة يسمح بتصنيف القوى إلى داخلية وخارجية.
  - نقول عن جملة ميكانيكية أنها "معزولة" إذا كانت لا تخضع لقوى خارجية.
  - نقول عن جملة ميكانيكية أنها "شبه معزولة" إذا كانت تخضع لقوى خارجية مجموعها الشعاعي معدوم.
  - نقول عن جملة ميكانيكية أنها "غير معزولة" إذا كانت تخضع لقوى خارجية مجموعها الشعاعي غير معدوم.
- الجسم الصلب: هو الجملة التي لا يتغير شكلها أثناء قيامها بحركة.
- النقطة المادية: هي كل جسم ذو أبعاد مهملة أمام المرجع الذي يدرس بالنسبة إليه هذا الجسم، وكتلة النقطة المادية هي كتلة هذا الجسم.

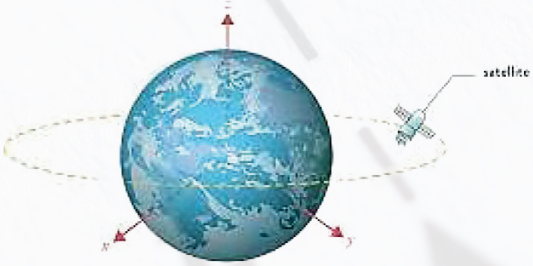
- مركز العطالة: هو النقطة المتميزة من الجملة التي تكون لها أبسط حركة ويمكن وصف حركتها بسهولة أكثر من أي نقطة أخرى من الجملة.
- المرجع: جسم صلب يرتبط دوما بمعلمين (معلم المسافة ومعلم الزمن).
- المرجع الغاليلي:
  - هو كل مرجع يتحقق فيه مبدأ العطالة.

  كل مرجع في إزاحة مستقيمة منتظمة بالنسبة لمرجع غاليلي هو كذلك مرجع غاليلي.
- المراجع العملية الغاليلية:

  المرجع الهيليومركزي (المركزي الشمسي): تصلح فيه دراسة حركة الكواكب والمذنبات.

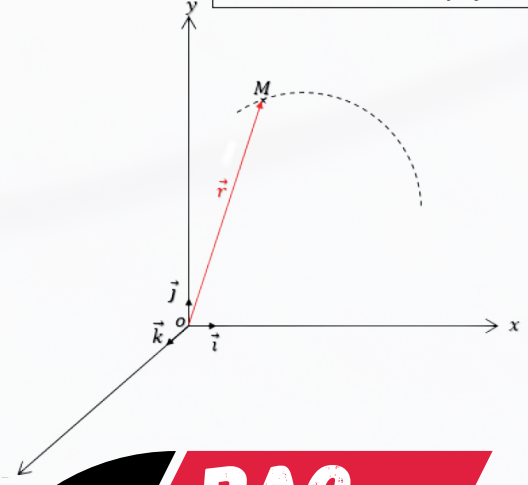


  - المرجع الجيومركزي (المركزي الأرضي): يصلح لدراسة حركة الأقمار الصناعية وقمر الأرض.

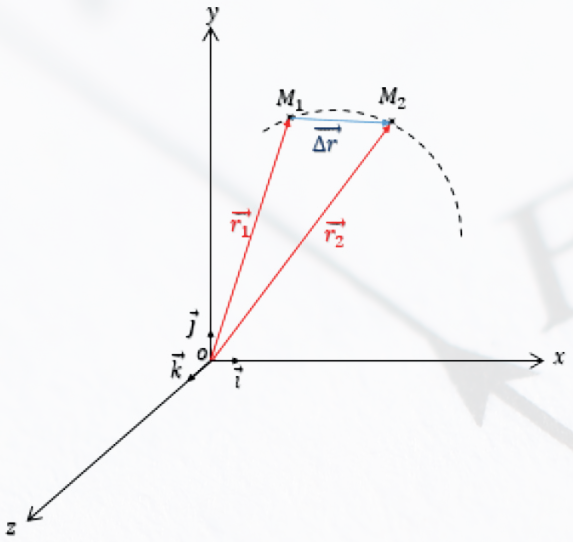


  المرجع السطحي الأرضي: مرجع مرتبط بسطح الأرض أقل دقة من سابقيه لكنه عطالي كفاية.

- شعاع الموضع $\vec{r}$: في معلم ديكارتي $(o,\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$ عبارة شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$ هي: $\boxed{\vec{r}=\overrightarrow{OM}=x.\vec{\imath}+y.\vec{\jmath}+z.\vec{k}}$ بحيث: (x,y,z) إحداثيات المتحرك.
  - طويلته هي: $\boxed{OM=\|\overrightarrow{OM}\|=\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$



- **شعاع الانتقال $\overrightarrow{\Delta r}$:** إذا انتقل الجسم من النقطة M_1 شعاع موضعها $\overrightarrow{r_1}$ إلى نقطة M_2 شعاع موضعها $\overrightarrow{r_2}$ يعبر عن هذا الانتقال بالشعاع $\overrightarrow{\Delta r}$ بحيث: $\boxed{\overrightarrow{\Delta r} = \overrightarrow{r_2} - \overrightarrow{r_1} = \Delta x.\vec{\imath} + \Delta y.\vec{\jmath} + \Delta z.\vec{k}}$



- **شعاع السرعة المتوسطة $\overrightarrow{v_m}$:** هو النسبة بين شعاع الانتقال $\overrightarrow{\Delta r}$ والمجال الزمني Δt.

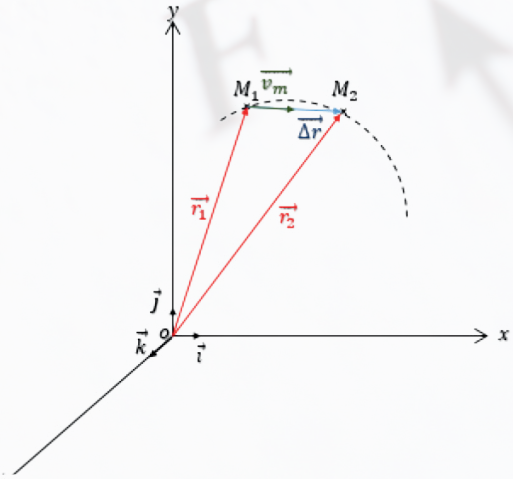
$$\boxed{\overrightarrow{v_m} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{r_2} - \overrightarrow{r_1}}{t_2 - t_1}}$$

$$\left.\begin{aligned}\overrightarrow{r_1} &= x_1.\vec{\imath} + y_1.\vec{\jmath} + z_1.\vec{k}\\ \overrightarrow{r_2} &= x_2.\vec{\imath} + y_2.\vec{\jmath} + z_2.\vec{k}\end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{\overrightarrow{v_m} = \frac{\Delta x}{\Delta t}.\vec{\imath} + \frac{\Delta y}{\Delta t}.\vec{\jmath} + \frac{\Delta z}{\Delta t}.\vec{k}}$$

$$\boxed{\overrightarrow{v_m} = v_{mx}.\vec{\imath} + v_{my}.\vec{\jmath} + v_{mz}.\vec{k}}$$

- يكون شعاع السرعة المتوسطة موازي لشعاع الانتقال وفي نفس جهته.

$$\boxed{\|\overrightarrow{v_m}\| = \frac{\|\overrightarrow{\Delta r}\|}{\Delta t}}$$

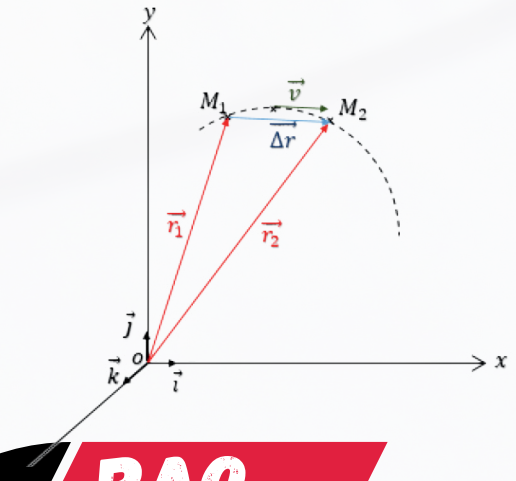


- **شعاع السرعة اللحظية $\vec{v}$:** هو مشتق شعاع الانتقال $\overrightarrow{\Delta r}$ بالنسبة للزمن. $\boxed{\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}}$

$$\boxed{\vec{v} = v_x.\vec{\imath} + v_y.\vec{\jmath} + v_z.\vec{k}}$$

ومنه:

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



- يكون شعاع السرعة اللحظية مماسي للمسار في كل موضع عند كل لحظة ودوما في جهة الحركة.

$$v = \|\vec{v}\| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

- شعاع التسارع المتوسط $\overrightarrow{a_m}$: هو النسبة بين شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ والمجال الزمني Δt.

$$\overrightarrow{a_m} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{v_2} - \overrightarrow{v_1}}{t_2 - t_1}$$

$$\overrightarrow{a_m} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}.\vec{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}.\vec{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}.\vec{k}$$

$$\overrightarrow{a_m} = a_{mx}.\vec{\imath} + a_{my}.\vec{\jmath} + a_{mz}.\vec{k}$$

- يكون شعاع التسارع المتوسطة موازي لشعاع تغير السرعة وفي نفس جهته.

$$\|\overrightarrow{a_m}\| = \frac{\|\overrightarrow{\Delta v}\|}{\Delta t}$$

- شعاع التسارع اللحظي $\vec{a}$: هو المشتق بالنسبة للزمن لشعاع السرعة $\vec{v}$ لهذا المتحرك.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\vec{a} = a_x.\vec{\imath} + a_y.\vec{\jmath} + a_z.\vec{k}$$

إذن:

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

وحدة التسارع: m/s^2

مميزات شعاع التسارع:

- عندما يكون المسار منحنيا، فإن شعاع التسارع هو دوما موجه نحو تقعر هذا المسار.
- عندما يكون المسار مستقيما، فإن شعاع التسارع يكون موازيا للمسار.

3. قوانين نيوتن الثلاثة:

3-1. القانون الأول (مبدأ العطالة):

في المعالم العطالية أو الغاليلية يحافظ الجسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل أي قوة لتغيير حالته الحركية أي:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \Delta\vec{v} = \vec{0} \Rightarrow v = C^{ste}$$

2-3. القانون الثاني: في معلم غاليلي المجموع الشعاعي للقوة المؤثرة على جملة مادية يساوي في كل لحظة جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها.

$$\boxed{\sum \overrightarrow{F_{ex}} = m.\vec{a}}$$

3-3. القانون الثالث (الفعلين المتبادلين): إذا أثرت جملة A على جملة B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ فإن الجملة B تؤثر على الجملة A بقوة $\vec{F}_{B/A}$ تماثلها في الشدة وتزامنها وتعاكسها في الاتجاه ولهما نفس الحامل بحيث:

$$\boxed{\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}}$$

4. تمثيل شعاع التسارع - التحقق من القانون الثاني لنيوتن:

1. استخرج سلم الرسم من الوثيقة.

- استخراج سلم الرسم:

لدينا:

$$\left.\begin{matrix} 17\ cm \rightarrow 3\ cm \\ x \rightarrow 1\ cm \end{matrix}\right\} \Rightarrow x \approx 5,7\ cm$$

2. أحسب شدة السرعة اللحظية في المواضع M_2، M_4، M_6، M_8 ثم مثلها باستعمال سلم مناسب.

- حساب السرعات اللحظية وتمثيلها:

$$v_2 = \frac{7 \times 5,7 \times 10^{-2}}{0,2} = 2\ m.s^{-1} \qquad v_6 = \frac{5,76 \times 5,7 \times 10^{-2}}{0,2} = 1,64\ m.s^{-1}$$

$$v_4 = \frac{7,8 \times 5,7 \times 10^{-2}}{0,2} = 2,22\ m.s^{-1} \qquad v_8 = \frac{5,2 \times 5,7 \times 10^{-2}}{0,2} = 1,48\ m.s^{-1}$$

سلم التمثيل: $1\ cm \rightarrow 1\ m.s^{-1}$

3. مثل أشعة التسارع في المواضع M_3 وM_7 باتباع الخطوات التالية:

أ- ارسم أولا أشعة تغير السرعة $\Delta\vec{v}$ في المواضع السابقة، ثم استنتج طويلة كل منها.

- تمثيل أشعة تغير السرعة $\Delta\vec{v}$ وتحديد طويلتها:

$$\Delta v_3 = 1,42\ m.s^{-1} \qquad \Delta v_7 = 2\ m.s^{-1}$$

ب- باستعمال العلاقة $a_i = {\Delta v_i}/{2\tau}$، أحسب قيمة التسارع في المواضع M_3 وM_7، ثم مثلها باستعمال سلم رسم مناسب.

- حساب قيم التسارع وتمثيلها:

$$a_3 = 7,1\ m.s^{-2} \qquad a_7 = 10,25\ m.s^{-2}$$

سلم التمثيل: $1\ cm \rightarrow 5\ m.s^{-2}$

4. ما هي مميزات أشعة التسارع؟

- مميزات شعاع التسارع: الحامل والجهة هما نفسهما حامل وجهة شعاع التغير في السرعة $\Delta\vec{v}$ (في اتجاه تقعر المسار).

5. ما هي القوى الخارجية التي تؤثر على الكرية في الموضع M_7؟ اخترسلما مناسبا لتمثيلها.

تحديد القوى الخارجية المؤثرة على الكرية: تؤثر على الكرية قوتين:

- قوة جذب الأرض $\vec{P}$:

$$P = m.g = 0,228 \times 9,8 = 2,234\ N$$

- توتر الخيط $\vec{T}$:

يصبح طول الخيط:

$$l = 104{,}8\ cm$$

وعليه:

$$\boldsymbol{T = 4{,}25\ N}$$

سلم التمثيل: $\boldsymbol{1\ cm \rightarrow 1\ N}$

6. قارن بين شعاعي محصلة القوى الخارجية $\boldsymbol{\sum \vec{F}_{ext}}$ والشعاع $\boldsymbol{m\vec{a}}$.

المقارنة بين $\sum \vec{F}_{ext}$ والشعاع $m\vec{a}$:

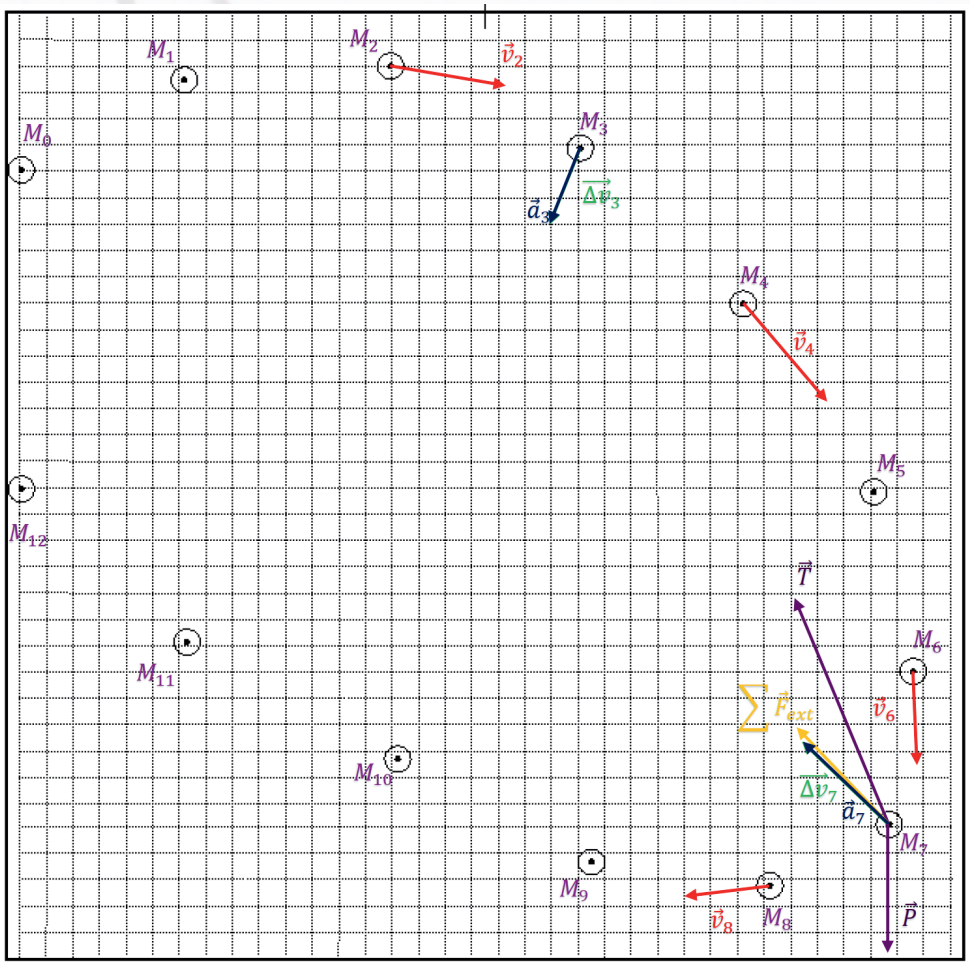
- حساب طويلة الشعاع $m\vec{a}$:

$$m.a_7 = 0{,}228 \times 10{,}25 = \boldsymbol{2{,}337\ N}$$

- حساب طويلة الشعاع $\sum \vec{F}_{ext}$:

$$\boldsymbol{\sum \vec{F}_{ext} = 2{,}3\ N}$$

وعليه نجد أن الشعاعين متقايسان ومتطابقان في حدود أخطاء التجربة، ومنه: $\boldsymbol{\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}}$



- توتر الخيط $\vec{T}$:

يصبح طول الخيط:

$$l = 104{,}8\ cm$$

وعليه:

$$\boldsymbol{T = 4{,}25\ N}$$

سلم التمثيل: $\boldsymbol{1\ cm \rightarrow 1\ N}$

6. قارن بين شعاعي محصلة القوى الخارجية $\boldsymbol{\sum \vec{F}_{ext}}$ والشعاع $\boldsymbol{m\vec{a}}$.

المقارنة بين $\sum \vec{F}_{ext}$ والشعاع $m\vec{a}$:

- حساب طويلة الشعاع $m\vec{a}$:

$$m.a_7 = 0{,}228 \times 10{,}25 = \boldsymbol{2{,}337\ N}$$

- حساب طويلة الشعاع $\sum \vec{F}_{ext}$:

$$\boldsymbol{\sum \vec{F}_{ext} = 2{,}3\ N}$$

وعليه نجد أن الشعاعين متقايسان ومتطابقان في حدود أخطاء التجربة، ومنه: $\boldsymbol{\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}}$