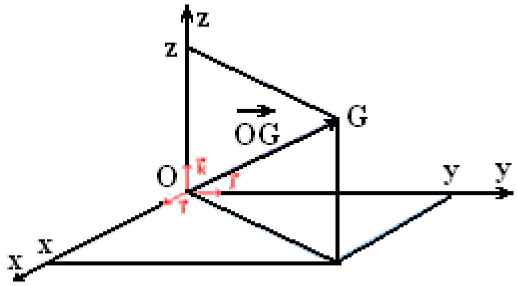
# قوانين نيوتن
# Les lois de newton

## 1. معلمة موضع نقطة M من متحرك:

- الأجسام لا تتحرك إلا بالنسبة لأجسام أخرى تسمى بالأجسام المرجعية(نسبية لحركة)
- لتحديد موضع الجسم المتحرك في لحظة معينة، يجب اعتبار معلم فضاء و معلم زمن مرتبطين بالجسم المرجعي




نختار معلم الفضاء $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ و هو معلم متعامد ممنظم (معلم ديكارت)

$\overrightarrow{OG} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$ : متجهة الموضع

G: مركز قصور الجسم المتحرك

(x,y,z): الإحداثيات في معلم متعامد ممنظم(الإحداثيات الديكارتية)

$OG = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ : طول متجهة الموضع

المتجهة $\overrightarrow{OM}$ تتغير بتغير الزمن و بالتالي تتغير الإحداثيات (x,y,z)

ملحوظة:
- x=f(t) و y=g(t) z=h(t) تشكل المعادلات الزمنية
- المسار هو مجموعة الموضع المتتالية التي يحتلها المتحرك

## 2. السرعة اللحظية و التسارع :

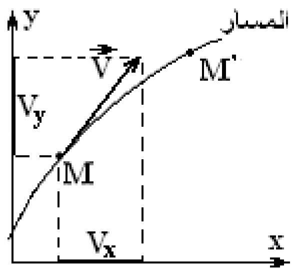
### 2.1. متجهة السرعة اللحظية:

متجهة السرعة اللحظية لمركز قصور جسم صلب تساوي مشتقة متجهة الموضع بالنسبة للزمن و وحدتها $m.s^{-1}$

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

بالنسبة لإحداثيات ديكارت:

$$\vec{V}_G = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt} = \frac{dx}{dt}.\vec{i} + \frac{dy}{dt}.\vec{j} + \frac{dz}{dt}.\vec{k} = V_x.\vec{i} + V_y.\vec{j} + V_z.\vec{k}$$




إحداثي متجهة السرعة على المحور Ox : $V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$

إحداثي متجهة السرعة على المحور Oy : $V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$

إحداثي متجهة السرعة على المحور Oz : $V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$

منظم متجهة السرعة: $\boxed{V_G = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}}$

### 2.2. متجهة التسارع :

أ. تعريف:

متجهة التسارع لمركز قصور جسم صلب تساوي مشتقة متجهة السرعة بالنسبة للزمن و وحدتها $m.s^{-2}$

$$\boxed{\vec{a}_G = \frac{d\vec{V}_G}{dt}}$$

ب. إحداثيات متجهة التسارع في معلم ديكارت:

$$\vec{a} = a_x.\vec{i} + a_y.\vec{j} + a_z.\vec{k}$$

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \dot{V}_x = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$$ : إحداثي متجهة التسارع على المحور Ox

$$a_y = \frac{dV_y}{dt} = \dot{V}_y = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}$$ : إحداثي متجهة التسارع على المحور Oy

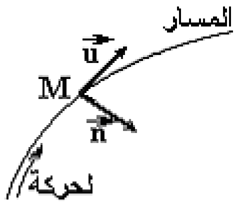
$$a_z = \frac{dV_z}{dt} = \dot{V}_z = \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z}$$ : إحداثي متجهة التسارع على المحور Oz

منظم متجهة التسارع: $\boxed{a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$

### ت. إحداثيات متجهة التسارع في معلم فريني:

- تعريف:

$(M, \vec{u}, \vec{n})$ : معلم فريني بحيث :

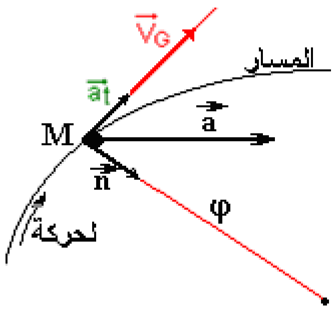



- أصله M ينطبق مع موضع المتحرك في كل لحظة.
- $(\vec{u})$ متجهة واحدية مماسة للمسار و موجهة في منحى الحركة.
- $(\vec{n})$ متجهة واحدية منظمية على المسار و موجهة نحو تقعره

- تعبير التسارع $\vec{a}$ في معلم فريني:

$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N = a_T.\vec{u} + a_N.\vec{n}$$

$$a = \|\vec{a}\| = \sqrt{a_T^2 + a_N^2}$$




منظم متجهة التسارع المماسي: $\boxed{a_T = \frac{dV}{dt}}$

منظم متجهة التسارع المنظمي: $\boxed{a_N = \frac{V^2}{\varphi}}$

$\varphi$: شعاع انحناء المسار

ملحوظة:

تتعلق إشارة $\vec{V}.\vec{a}$ بالزاوية بين المتجهتين $\vec{V}.\vec{a} = V.a.\cos(\vec{V}, \vec{a})$

$$\vec{V}.\vec{a} = \vec{V}.(\vec{a}_T + \vec{a}_N) = \vec{V}.\vec{a}_T + \vec{V}.\vec{a}_N = \vec{V}.\vec{a}_T + 0 = \vec{V}.\vec{a}_T$$

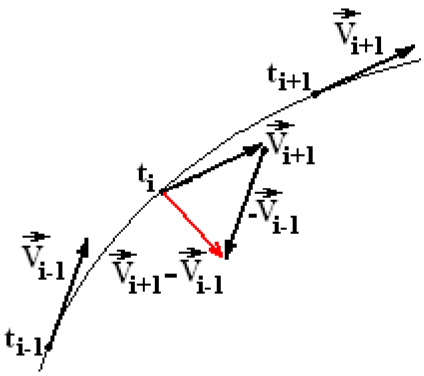
إذا كان $\vec{V}.\vec{a} \succ 0$ فالحركة متسارعة

إذا كان $\vec{V}.\vec{a} \prec 0$ فالحركة متباطئة

إذا كان $\vec{V}.\vec{a} = 0$ فالحركة منتظمة

### 2.3.تعيين مبياني لمتجهة التسارع $\vec{a}$

تعبير متجهة التسارع في اللحظة $t_i$ : $\vec{a}_{Gi} = \frac{\vec{V}_{G(i+1)} - \vec{V}_{G(i-1)}}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{\Delta \vec{V}_G}{\Delta t}$




مميزات متجهة التسارع $\vec{a}$ :

الاتجاه: اتجاه المتجهة $\vec{V}_{G(i+1)} - \vec{V}_{G(i-1)}$

المنحى: منحى المتجهة $\vec{V}_{G(i+1)} - \vec{V}_{G(i-1)}$

المنظم: $a_i = \|\vec{a}_i\| = \frac{\|\vec{V}_{G(i+1)} - \vec{V}_{G(i-1)}\|}{t_{i+1} - t_{i-1}}$

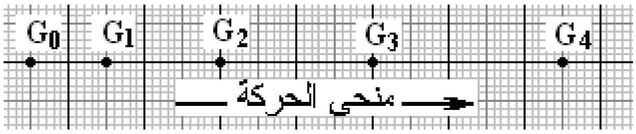
هام:

متجهة السرعة اللحظية لمركز القصور G لجسم صلب في لحظة $t_i$ تساوي السرعة المتوسطة للنقطة G بين اللحظتين $t_{i-1}$ و $t_{i+1}$ المؤطرتين ل $t_i$

$$Vi=\frac{G_{i-1}G_{i+1}}{t_{i+1}-t_{i-1}} \text{ منظمها و } \vec{V}i=\frac{\overrightarrow{G_{i-1}G_{i+1}}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$$

**تطبيق 1:**

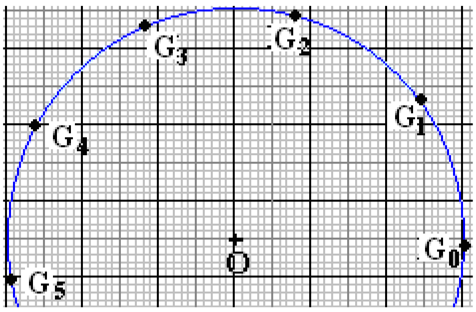
نطلق حاملا ذاتيا بدون سرعة بدئية فوق منضدة هوائية مائلة بزاوية $\alpha=40°$ بعد ضبط مولد الشرارات على $\tau=50ms$ فنحصل على التسجيل التالي:




1. أحسب السرعة اللحظية في النقط $G_1$ و $G_3$ ، ثم مثل المتجهتين $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_3$ باستعمال $1cm\rightarrow 0.15m.s^{-1}$.
2. أحسب التسارع اللحظي في النقطة $G_2$.

**تطبيق 2:**

يمثل الشكل جانبه و بسلم حقيقي مواضع مركز قصور G من جسم صلب يتحرك فوق منضدة هوائية أفقية وفق مسار دائري و خلال مدد زمنية متتالية و متساوية $\tau=20ms$




1. أحسب السرعة اللحظية في النقط $G_1$ و $G_3$، ثم مثل المتجهتين $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_3$ باستعمال سلم ملائم.
2. أحسب التسارع اللحظي في النقطة $G_2$.

## 3. قوانين نيوتن:

### 3.1 القوى الداخلية و الخارجية:

بعد تحديد المجموعة المدروسة.

القوى الداخلية: القوى المطبقة من طرف جسم ينتمي إلى المجموعة على جسم آخر ينتمي إلى المجموعة نفسها

القوى الخارجية: القوى المطبقة من طرف جسم لا ينتمي للمجموعة على جسم ينتمي إليها

ملحوظة:

إذا كانت المجموعة لا تخضع إلى أي تأثير خارجي نقول أنها معزولة ميكانيكيا

إذا كان مجموع التأثيرات الخارجية المطبقة عليها منعدم، نقول أنها شبه معزولة ميكانيكيا

### 3.2 القانون الأول لنيوتن(مبدأ القصور):

في معلم غاليلي، إذا كان مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم صلب منعدم، فإن متجهة سرعة مركز قصوره تكون ثابتة.

$$\sum\vec{F}=\vec{0} \text{ و منه } \vec{V}_G=\vec{C}^{te}$$

ملحوظة:

يعتبر معلم كوبرنيك أفضل معلم غاليلي(أصله الشمس و محاوره الثلاثة موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة) و يستعمل في علم الفلك لدراسة حركة الكواكب.

و كل معلم في حركة مستقيمية منتظمة بالنسبة لمعلم كوبرنيك يعتبر معلما غاليليا، و بذلك لا يمكن اعتبار المعالم الأرضية غاليلية إلا بالنسبة لمدد زمنية قصيرة

### 3.3 القانون الثاني لنيوتن (العلاقة الأساسية للديناميك):

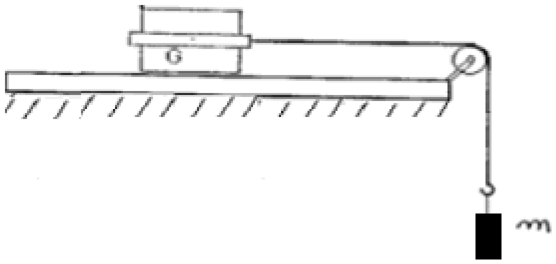
**أ. نص القانون:**

في معلم غاليلي، مجموع متجهات القوى المطبقة على جسم صلب يساوي، في كل لحظة، جداء كتلة الجسم و متجهة تسارع مركز قصوره

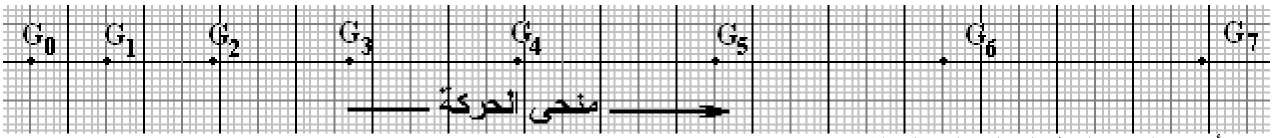
$$\boxed{\sum\vec{F}=m.\vec{a}_G=\frac{\Delta\vec{V}_G}{\Delta t}}$$

**ب. التحقق التجريبي من القانون الثاني لنيوتن:**

نستعمل منضدة هوائية في الوضع الأفقي و ننجز التركيب التالي:




نسلط على الحامل الذلتي بواسطة خيط قوة شدتها $T=0.5N$ ثم نحرر المجموعة نسجل مواضع مركز قصور الحامل الذاتي في مدد ومنية متتالية و متساوية $\tau=40ms$



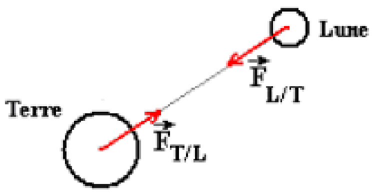

1. أجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي
2. أثبت أن مجموع متجهات القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء حركته يكافئ القوة $\vec{T}$
3. أوجد باستغلال التسجيل $\Delta V_G$ تغير سرعة G في الحالات التالية:

بين $G_2$ و $G_3$
بين $G_2$ و $G_4$
بين $G_2$ و $G_5$
بين $G_2$ و $G_6$
استنتج

4. مثل منحنى تغيرات $\Delta V_G$ بدلالة $\Delta t$ المدة الزمنية الموافقة
5. ما المدلول الفيزيائي للمعامل لموجه للمنحنى المحصل عليه. قارن قيمة هذا المعامل و خارج القسمة $\frac{T}{m}$، $m=400g$ : كتلة الحامل الذاتي ، ثم تحقق من العلاقة $\sum \vec{F} = m.\vec{a}_G$

### 3.4. القانون الثالث لنيوتن(مبدأ التأثيرات المتبادلة):

عندما يتم تأثير 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 Aنتحققان دائما العلاقة المتجهية $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$ و ذلك كيفما كانت حالة الحركة أو السكون للجسمين




مثال: تأثير التجاذب الكوني بين الأرض و القمر

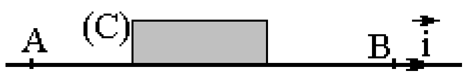
### 4. <u>تطبيقات:</u>

المراحل لمتبعة لتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

- المرحلة الأولى: تحديد المجموعة المدروسة.
- المرحلة الثانية: جرد القوى و تمثيلها على الشكل.
- المرحلة الثالثة: كتابة العلاقة المعبرة عن القانون لنيوتن بالنسبة للمجموعة المدروسة(و هي علاقة متجهية)
- المرحلة الرابعة:اختيار معلم متعامد ممنظم.
- المرحلة الخامسة: إسقاط العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن في هذا المعلم

### <u>4.1.حركة جسم صلب فوق مستوى أفقي:</u>

ينطلق جسم صلب © كتلته $m=300g$ حسب مسار مستقيمي من النقطة A بسرعة 72 km/h ليتوقف بنقطة B ، نعتبرها أصلا لمعلم الزمن ، تبعد عن النقطة A بالمسافة $AB=100m$. نأخذ $g=10m.s^{-2}$

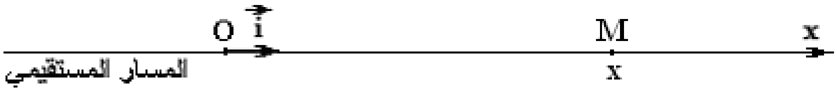



1. حدد طبيعة الحركة.
2. أوجد المعادلات الزمنية للحركة.
3. بتطبيق العلاقة الأساسية للديناميك
   - 3.1. أوجد إحداثيات القوة المسلطة من طرف المستوى الأفقي على الجسم.
   - 3.2. استنتج شدتـها.
4. بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية أوجد زاوية الاحتكاك الساكن.

## 5. دراسة بعض الحركات المستقيمية :

### 4.1. الحركة المستقيمية :

الحركة المستقيمية كل حركة مسارها عبارة عن قطعة من مستقيم




متجهة الموضع : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i}$

متجهة السرعة : $\vec{V} = \dfrac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \dfrac{dx}{dt}.\vec{i} = V_x.\vec{i}$

$V_x$ : إحداثي متجهة السرعة $\vec{V}$ على المحور Ox

متجهة التسارع : $\vec{a} = \dfrac{d\vec{V}}{dt} = \dfrac{d^2\overrightarrow{OM}}{dt^2} = \dfrac{d^2x}{dt^2}.\vec{i} = a_x.\vec{i}$

$a_x$ : إحداثي متجهة التسارع $\vec{a}$ على المحور Ox

استنتاج: المتجهتين $\vec{a}$ و $\vec{V}$ منطبقتين مع المسار أي لهما نفس الاتجاه لكن ليس لهما بالضرورة نفس المنحى.

### 4.2. الحركة المستقيمية المنتظمة :

- **تعريف:**

السرعة مستقيمية منتظمة عندما تكون سرعة المتحرك ثابتة ( القيمة الجبرية)

$$V_x = \frac{dx}{dt} = C^{te} = V_0$$

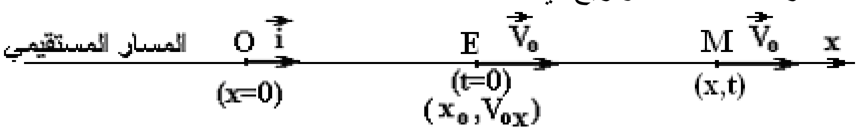
- **المعادلة الزمنية للحركة:**

$x=V_x.t + x_0$

المعادلة الزمنية لحركة مستقيمية منتظمة معادلة من الدرجة الأولى بالنسبة للزمن t.

هام:

- $x_0$ تشكل أفصول المتحرك عند أصل التواريخ أي اللحظة t=0s.




- $a_x = \ddot{x} = \dfrac{dV_x}{dt} = 0$ : منظم متجهة التسارع منعدم (المعادلة التفاضلية)
- $V_x = V_0 = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = C^{te}$

### 4.3. الحركة المستقيمية المتغيرة بانتظام:

- **تعريف:**

الحركة مستقيمية متغيرة بانتظام عندما يكون تسارع المتحرك ثابتا أي أن $a_x = \ddot{x} = \dfrac{dV_x}{dt} = C^{te}$ (المعادلة التفاضلية)

- **المعادلة الزمنية**

$$x = \frac{1}{2}a_x.t^2 + V_{0x}.t + x_0$$

المعادلة الزمنية لحركة مستقيمية متغيرة بانتظام معادلة من الدرجة الثانية بالنسبة للزمن t.

$$V_x = a_x.t + V_{0x}$$

**هام:**

- $x_0$ و $V_{0x}$ تشكلان على **التوالي** أفصول و سرعة المتحرك عند أصل التواريخ أي اللحظة t=0s.
- $a_x = \dfrac{\Delta V_x}{\Delta t} = C^{te}$

- **خاصيات الحركة المستقيمية المتغيرة بانتظام:**
- العلاقة المستقلة عن الزمن:

$$x=\frac{1}{2}a_x.t^2+V_{0x}.t+x_0 \quad (1)$$

$V_x=a_x.t+V_{0x}$ و منه $t=\dfrac{V_x-V_{0x}}{a_x}$

نعوض في العلاقة (1): $x=\frac{1}{2}a_x.(\frac{V_x-V_{0x}}{a_x})^2+V_{0x}.(\frac{V_x-V_{0x}}{a_x})+x_0$

و بالتالي: $V_x^2-V_{0x}^2=2.a_x.(x-x_0)$

استنتاج:

نعتبر متحركا في حركة مستقيمية متغيرة بانتظام في موضعين مختلفين $M_1$ و $M_2$ متجهتا سرعتيهما على التوالي $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_2$ ذات الإحداثيات $V_{x1}$ و $V_{x2}$

$$V_{x2}^2-V_{x1}^2=2.a_x.(x_2-x_1)$$

- العلاقة بين المسافات التي تقطع أثناء مدد زمنية متتالية و متساوية($\tau$):

$e_n=M_{n-1}M_n=x_n-x_{n-1}$ : المسافة المقطوعة بين الموضعين المتتالين $M_{i-1}$ و $M_i$ خلال المدة الزمنية ($\tau$)

$e_{n+1}=M_nM_{n+1}=x_{n+1}-x_n$ : المسافة المقطوعة بين الموضعين المتتالين $M_i$ و $M_{i+1}$ خلال المدة الزمنية ($\tau$)

$$e_n=(\frac{1}{2}a_x.t_n{}^2+V_{0x}.t_n+x_0)-(\frac{1}{2}a_x.t_{n-1}{}^2+V_{0x}.t_{n-1}+x_0)$$

$$e_n=\frac{1}{2}a_x.(t_n{}^2-t_{n-1}{}^2)+V_{0x}.(t_n-t_{n-1})$$

النقطتين $M_{i-1}$ و $M_i$ نقطتين متتاليتين و منه ف $\mathbf{t_n-t_{n-1}=\tau}$ و بالتالي:

$$e_n=\frac{1}{2}a_x.\tau.(t_n+t_{n-1})+V_{0x}.\tau$$

$$e_n=\frac{1}{2}a_x.\tau.(t_{n-1}+\tau+t_{n-1})+V_{0x}.\tau$$

$$e_n=\frac{1}{2}a_x.\tau.(2.t_{n-1}+\tau)+V_{0x}.\tau$$

نتبع نفس الخطوات و نحصل على النتيجة التالية: $e_{n+1}=\frac{1}{2}a_x.\tau.(2.t_n+\tau)+V_{0x}.\tau$

ثم نحسب الفرق $e_{n+1}-e_n$

$$\begin{aligned}e_{n+1}-e_n &=(\frac{1}{2}a_x.\tau.(2.t_{n+1}+\tau)+V_{0x}.\tau)-(\frac{1}{2}a_x.\tau.(2.t_n+\tau)+V_{0x}.\tau)\\ &=\frac{1}{2}a_x.\tau.(2.t_{n+1}-2.t_n)\\ &=a_x.\tau.(t_{n+1}-t_n)=a_x.\tau^2\end{aligned}$$

$e_{n+1}-e_n=a_x.\tau^2=C^{te}=r$ : الفرق بين مسافتين متتاليتين مقطوعتين خلال نفس المدة الزمنية $\tau$ ثابت

الله ولي التوفيق

jamil-rachid.jimdo.com