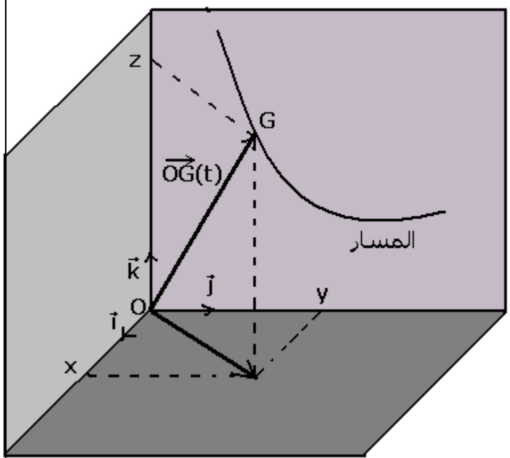
قوانين نيوتن

I ـ متجهة السرعة اللحظية ـ متجهة التسارع اللحظي .

1 ـ تذكير .



* الحركة : متى يكون جسم صلب في حركة ؟

حركة الجسم الصلب هي **نسبية** أي تتعلق **بالجسم المرجعي** الذي اختير لدراسة هذه الحركة .

لدراسة حركة جسم ما يجب أن نختار جسم مرجعي ونعتبر **معلم للفضاء ومعلم الزمن** مرتبطين **بالجسم المرجعي .**

في جسم مرجعي ، يكون جسم صلب في حركة عندما يتغير موضع نقطه خلال الزمن

* نقتصر في دراسة حركة جسم صلب في جسم مرجعي ما على حركة **مركز قصوره G** والتي تمكننا من معرفة **حركته الإجمالية** .

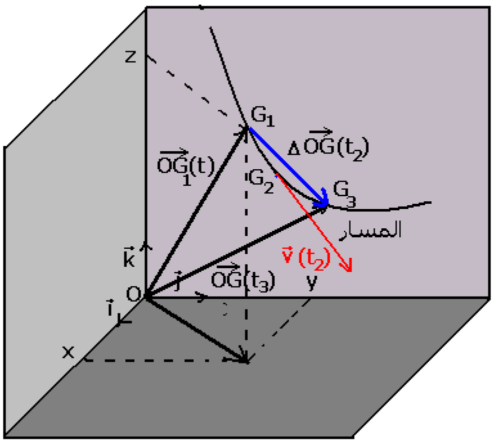
* نمعلم نقطة متحركة من جسم صلب بواسطة **متجهة الموضع** .

مثلا حركة مركز قصور الجسم (S)نمعلمها بالمتجهة : $\overrightarrow{OG}$ بحيث أن إحداثياتها في المعلم المتعامد والممنظم $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ هي :

$$\boxed{\overrightarrow{OG}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}}$$

مجموع المواضع المتتالية التي تشغلها النقطة G خلال الزمن تكوِّن **مسار** هذه النقطة .

2 ـ متجهة السرعة اللحظية



أ ـ تعريف :

نعتبر $G(t_1)$ موضع مركز قصور المتحرك عند اللحظة t_1 و $G(t_2)$موضع مركز القصور للمتحرك عند اللحظة t_2 و $G(t_3)$ موضع مركز القصور عند اللحظة $t_3 = t_1 + \Delta t$ ، نعرف متجهة السرعة عند اللحظة t_2 بالعلاقة التالية :

$$\vec{v}(t_2) = \frac{\overrightarrow{G(t_3)G(t_1)}}{t_3 - t_1} = \frac{\overrightarrow{G(t_3)G(t_1)}}{\Delta t}$$

نطبق علاقة شال في الرياضيات :

$$\overrightarrow{G(t_1)G(t_3)} = \overrightarrow{G(t_1)O} + \overrightarrow{OG(t_3)} = \overrightarrow{OG(t_3)} - \overrightarrow{OG(t_1)} = \overrightarrow{\Delta OG(t_2)}$$

$$\vec{v}(t_2) = \frac{\overrightarrow{\Delta OG(t_2)}}{\Delta t}$$

يمكن أن نعمم هذه النتيجة على الشكل التالي :

$$\boxed{\vec{v}(t) = \frac{\overrightarrow{\Delta OG(t)}}{\Delta t}}$$

هذه الطريقة تسمى بالطريقة التأطيرية تستعمل في حالة أن اللحظة t_i تكون مؤطرة من طرف لحظتين t_{i+1} و t_{i-1} جد متقاربتين .

رياضيا نبرهن على أن $\frac{\overrightarrow{\Delta OG(t)}}{\Delta t}$ تؤول إلى المشتقة الأولى $\frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$ عندما تؤول $\Delta t \to 0$ أي أن :

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

<u>مميزات متجهة السرعة :</u>

تكون متجهة السرعة في نقطة معينة مماسة لمسار هذه النقطة وموجهة في منحى حركتها .
في حالة حركة مستقيمية يكون اتجاه متجهة السرعة متطابق مع مسار هذه النقطة .
وحدة السرعة في النظام العالي للوحدات هي m/s
ملحوظة : تتعلق متجهة السرعة بالجسم المرجعي الذي تتم فيه الدراسة .

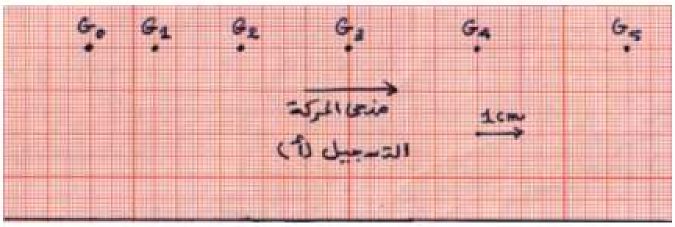
<u>ب ـ إحداثيات متجهة السرعة في معلم ديكارتي</u>

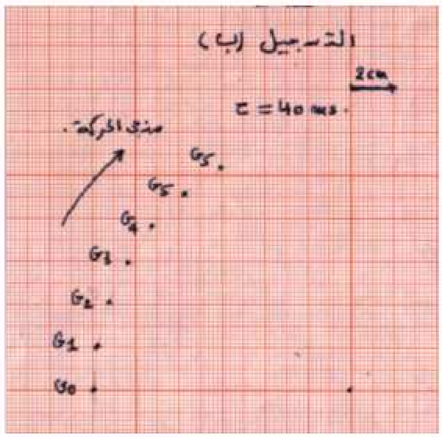
في معلم متعامد وممنظم $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ (معلم ديكارتي) إحداثيات السرعة اللحظية هي :

$$\overrightarrow{OG} = x_G\vec{i} + y_G\vec{j} + z_G\vec{k} \Rightarrow \vec{v}_G(t) = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt} = \frac{dx_G}{dt}\vec{i} + \frac{dy_G}{dt}\vec{j} + \frac{dz_G}{dt}\vec{k} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k} = \dot{x}_G\vec{i} + \dot{y}_G\vec{j} + \dot{z}_G\vec{k}$$

<u>تمرين تجريبي :</u>

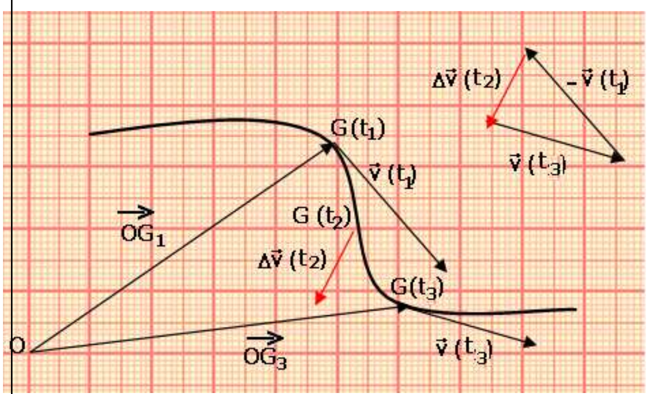
لدراسة حركة مركز قصور حامل ذاتي على منضدة هوائية نقوم بتجربتين :
التجربة الأولى نميل المنضدة بزاوية $\alpha = 20°$ بالنسبة للمستوى الأفقي . نطلق الحامل الذاتي من أعلى المنضدة بدون سرعة بدئية ونسجل مواضع مركز قصوره G خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 40ms$ فنحصل على التسجيل (أ) .
التجربة الثانية : نعيد المنضدة إلى وضعها الأفقي ونربط الحامل الذاتي بخيط غير قابل الامتداد حيث أحد طرفيه مثبت بحامل ثابت والطرف الآخر مرتبط بالحامل الذاتي ونجره بطريقة . نسجل مواضع مركز قصوره G خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 40ms$. فنحصل على التسجيل (ب) .





<u>استثمار :</u>

1 ـ أحسب بالنسبة لكل تسجيل v_2 و v_4 سرعتا G مركز قصور الحامل الذاتي على التوالي في الموضعين G_2 و G_4 .
2 ـ مثل على كل تسجيل المتجهتين $\vec{v}_2$ و $\vec{v}_4$ باستعمال سلم ملائم . مثل في G_3 من كل تسجيل المتجهة $(\vec{v}_4 - \vec{v}_2)$.



3 ـ متجهة التسارع اللحظي .

أ ـ تعريف

لتكن $\vec{v}(t_1)$ متجهة السرعة في اللحظة t_1 و $\vec{v}(t_3)$ في اللحظة $t_3 = t_1 + \Delta t$ نعرف متجهة التسارع $\vec{a}_G(t_2)$ بالعلاقة التالية :

$$\vec{a}_G(t_2) = \frac{\vec{v}(t_3) - \vec{v}(t_2)}{t_3 - t_2} = \frac{\Delta\vec{v}(t_2)}{\Delta t}$$

بصفة عامة تكتب متجهة التسارع في لحظة t هي : $\vec{a}(t)=\dfrac{\Delta\vec{v}(t)}{\Delta t}$

نستعمل هذه العلاقة في حالة أن اللحظة t_i مؤطرة بلحظتين t_{i+1} و t_{i-1} جد متقاربتين .

عندما تتناهى Δt نحو الصفر ، يتناهى المقدار $\dfrac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t}$ نحو متجهة التسارع $\vec{a}_G(t)$ بحيث أن :

$$\vec{a}_G(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\left(\frac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t}\right)=\frac{d\vec{v}_G}{dt}$$

وحدة التسارع في النظام العالمي للوحدات هي m/s^2 .

ملحوظة : تتعلق متجهة التسارع بالجسم المرجعي الذي تتم فيه الدراسة .

تطبيق :

3 ــ احسب بالنسبة للدراسة التجريبية السابقة المتجهة $\vec{a}_3$. ومثلها باستعمال سلم مناسب .

ب ــ إحداثيات متجهة التسارع

* إحداثيات متجهة التسارع في معلم ديكارتي $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$:

$$\vec{a}_G(t)=\frac{d\vec{v}_G}{dt}=\frac{dv_x}{dt}\vec{i}+\frac{dv_y}{dt}\vec{j}+\frac{dv_z}{dt}\vec{k}=\frac{d^2x_G}{dt^2}\vec{i}+\frac{d^2y_G}{dt^2}\vec{j}+\frac{d^2z_G}{dt^2}\vec{k}=\ddot{x}\vec{i}+\ddot{y}_G\vec{j}+\ddot{z}_G\vec{k}$$

حالات خاصة :

إذا كانت حركة G تتم على مستوى $(O,\vec{i},\vec{j})$ في معلم ديكارتي مرتبط بجسم مرجعي $\mathcal{R}$ تصبح العلاقات كالتالي :

$$\overrightarrow{OG}=x\vec{i}+y\vec{j},\vec{v}_G=\dot{x}\vec{i}+\dot{y}\vec{j},\vec{a}_G=\ddot{x}\vec{i}+\ddot{y}\vec{j}$$

$$v_G=\sqrt{v_x^2+v_y^2},a_G=\sqrt{a_x^2+a_y^2}$$

إذا كانت حركة G حركة مستقيمية تتم وفق المحور $(O,\vec{i})$ فإن العلاقات هي كالتالي :

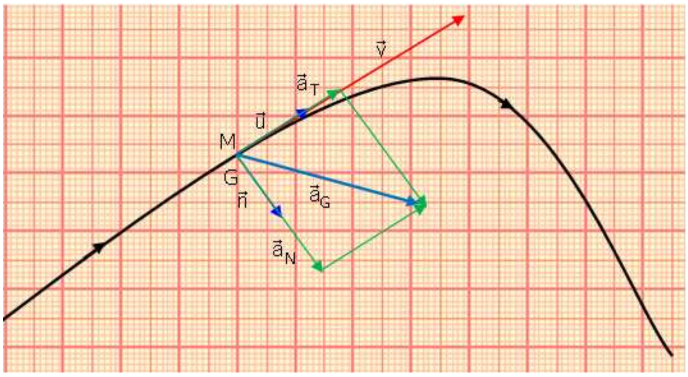
$$\overrightarrow{OG}=x\vec{i},\vec{v}_G=\dot{x}\vec{i},\vec{a}_G=\ddot{x}\vec{i}$$

<u>* إحداثيتا التسارع في أساس فريني .</u>

<u>تعريف بأساس فريني :</u>

أساس فريني هو أساس للإسقاط غير مرتبط بالمرجع .

معلم فريني $(M,\vec{u},\vec{n})$ معلم متعامد وممنظم ينطبق أصله مع موضع النقطة المتحركة ، حيث متجهته الواحدية $\vec{u}$ مماسة للمسار وموجهة في منحى الحركة ، ومتجهته $\vec{n}$ متعامدة مع $\vec{u}$ وموجهة داخل انحناء المسار .



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

$\vec{a}_G=a_T.\vec{u}+a_N.\vec{n}$ بحيث أن :

$\vec{a}_T$ متجهة التسارع المماسي بحيث أن $a_T=\dfrac{dv_G}{dt}$

$\vec{a}_N$ متجهة التسارع المنظمي $a_N=\dfrac{v^2}{\rho}$ بحيث أن ρ هو شعاع انحناء المسار في الموضع M .

<u>ملحوظة</u> : من خلال الجداء السلمي للمتجهتين $\vec{a}$ و $\vec{v}$ يمكن لنا تحديد طبيعة الحركة :

$$\vec{a}.\vec{v}=a.v.\cos(\vec{a},\vec{v})$$

تتعلق إشارة الجداء $\vec{a}.\vec{v}$ بالزاوية $\alpha=(\vec{a},\vec{v})$

$\vec{a}.\vec{v}<0$ تكون الحركة متباطئة

$\vec{a}.\vec{v}>0$ تكون الحركة متسارعة

$\vec{a}.\vec{v}=0$ تكون الحركة مستقيمية منتظمة .

II ــ قوانين نيوتن

1 ــ القوة الداخلية ــ القوة الخارجية .

للقيام بدراسة ميكانيكية يجب تحديد المجموعة المدروسة وهي تتكون من جسم واحد أو أكثر . ما يسمح بتصنيف القوى المقرونة بالتأثيرات الميكانيكية بين مكوناتها إلى قوى داخلية وقوى خارجية .
القوة الخارجية هي كل التأثيرات الميكانيكية المطبقة على المجموعة من أجسام لا تنتمي إليها .
القوى الداخلية هي التأثيرات الميكانيكية المطبقة من طرف الأحسام المنتمية للمجموعة .

ملحوظة : إذا كان مجموع القوى الخارجية منعدما $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ نقول أن هذه المجموعة شبه معزولة ميكانيكيا .

2 ــ القانون الأول لنيوتن أو مبدأ القصور

في مرجع غاليلي ، إذا كان مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم صلب يساوي متجهة منعدمة $\left(\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}\right)$، فإن متجهة السرعة $\vec{v}_G$ لمركز القصور G للجسم الصلب تكون ثابتة . وفي المقابل ، إذا كانت متجهة السرعة لمركز القصور G للجسم الصلب ثابتة ، فإن مجموع القوى الخارجية المطبقة على الجسم مجموع منعدم .

ملحوظة :

يمكّن مركز القصور من التمييز بين مراجع غاليلية ومراجع غير غاليلية : المراجع الغاليلية هي مراجع يتحقق فيها مبدأ القصور .
المرجع المركزي الشمسي (مرجع كوبرنيك) مركزه الشمس والمحاور الثلاث موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة . أفضل مرجع غاليلي .
المرجع المركزي الأرضي : مركزه الأرض ملائم لدراسة حركات الأجسام التي تتحرك حول الأرض (الطائرات والأقمار الاصطناعية ..) ليس بمرجع غاليلي بالمعنى الدقيق .
المرجع الأرضي : كل جسم صلب مرتبط بسطح الأرض يمكن اعتباره مرجعا أرضيا . مثال : المختبر . ويستعمل لدراسة جميع الأجسام التي تتحرك على سطح الأرض أو على ارتفاع ضئيل منه . فهو ليس بمرجعا غاليليا بالمعنى الدقيق .
بالنسبة للحراكات القصيرة المدة يمكن اعتبار هذين المرجعين غاليليين .

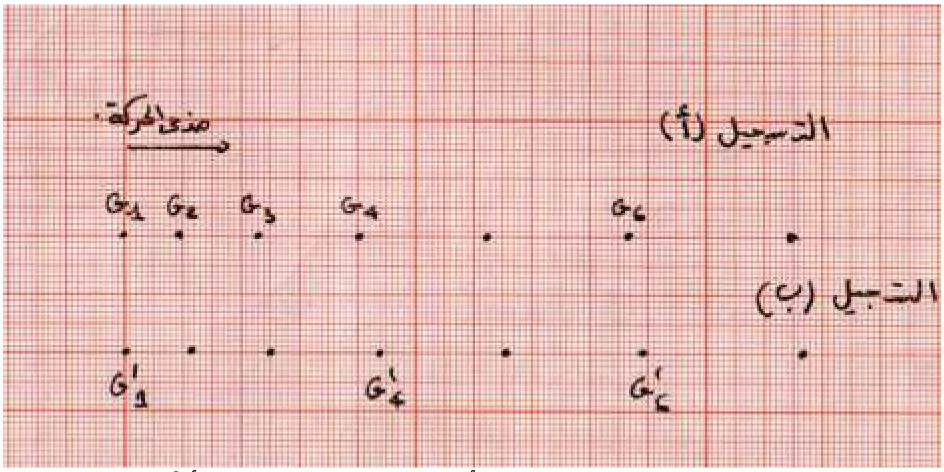
3 ــ القانون الثاني لنيوتن (القانون الأساسي للتحريك)

3 ــ 1 العلاقة بين $\frac{\Delta \vec{v}_G}{\Delta t}$ و $\sum \vec{F}_{ext}$

النشاط التجريبي 2

التحقق التجريبي من العلاقة $\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{\Delta \vec{v}_G}{\Delta t}$

نضبط المنضدة أفقيا ، ونضع الحامل الذاتي فوقها ، ثم نربطه بجهاز يطبق قوة ثابتة قابلة للضبط بواسطة خيط غير قابل الامتداد وكتلته مهملة . نحرك الحامل الذاتي في اتجاه محور أنبوب الجهاز حتى يصير الخيط موازيا لسطح المنضدة ، ونبقيه في حالة سكون . نشغل الجهاز فينزلق الحامل الذاتي فوق المنضدة بفعل القوة $\vec{F}$ التي يطبقها عليه الخيط $(F = 0,27N)$ ، وفي نفس الوقت نسجل المواضع التي يحتلها G مركز قصور الحامل الذاتي في مدد متتالية ومتساوية $\tau = 80ms$ فنحصل على التسجيل (أ) أنظر التسجيل أسفله .
نعيد نفس التجربة مع الاحتفاظ بنفس الشدة F لكن بوجود نقص في صبيب الهواء المنبعث من معصفة souflerie الحامل الذاتي . نحصل على التسجيل (ب)



1 ـ أجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء حركته في التجربة ألأولى .

2 ـ أثبت أن $\left(\sum \vec{F}_{ext}\right)$ مجموع القوى الخارجية المطبقة على الحامل الذاتي أثناء حركته يكافئ القوة $\vec{F}$ خلال التجربة ألأولى .

3 ـ أوجد باستغلال التسجيل قيمة Δv_G تغير سرعة G في الحالات التالية :

أ ـ بين G_1 و G_3 ب ـ بين G_2 و G_4 ج ـ بين G_2 و G_5 د ـ بين G_2 و G_6 . ماذا تلاحظ ؟

4 ـ مثل تغيرات Δv_G بدلالة Δt المدة الزمنية الموافقة .

5 ـ ما المدلول الفيزيائي للمعامل الموجه للمنحنى المحصل ؟ قارن بين قيمة هذا المعامل وخارج القسمة $\frac{F}{m}$ ، m هي كتلة الحامل الذاتي : m=450g . تحقق من العلاقة $\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{\Delta \vec{v}_G}{\Delta t}$.

6 ـ نعتبر أن قوة الاحتكاك المطبقة على الحامل الذاتي في التجربة الثانية مكافئة لقوة ثابتة ووحيدة $\vec{f}$ موازية لمسار G ومنحاها عكس منحى G . أحسب f شدة هذه القوة .

7 ـ إذا علمت أن القانون الثاني لنيوتن تجسده العلاقة $\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{\Delta \vec{v}_G}{\Delta t}$ ، اقترح نص هذا القانون ، مبرزا الفائدة منه .

3 ـ 2 نص القانون الثاني لنيوتن .

عندما تتناهى Δt نحو الصفر يتناهى خارج القسمة $\frac{\Delta \vec{v}_G}{\Delta t}$ نحو متجهة التسارع $\vec{a}_G$ ، فتصبح العلاقة $\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{\Delta \vec{v}_G}{\Delta t}$ بمثابة قانون لحظي ، وهو القانون الثاني لنيوتن $\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}_G$

نص قانون :

في مرجع غاليلي ، يساوي مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم صلب جداء كتلة هذا الجسم ومتجهة التسارع لمركز قصوره G :

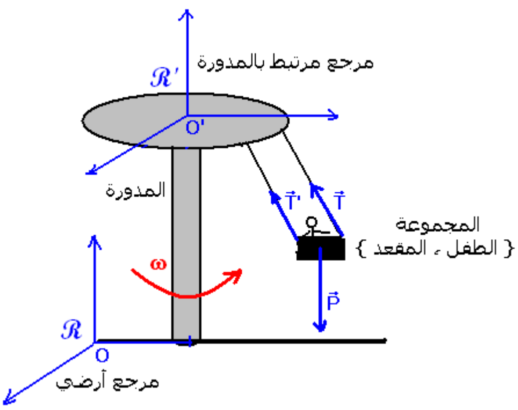
$$\boxed{\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G}$$

<u>ملحوظة</u> : لا يطبق القانون الثاني لنيوتن إلا في المراجع الغاليلية .

تطبيق حول تطبيق القانون الثاني لنيوتن في المراجع الغاليلية :

تنجز مدورة ألعاب حركة دوران منتظم ، حول محور ثابت ، في مرجع أرضي . أخذ الطفل أحمد مقعده في هذه المدورة . نعتبر { الطفل ، المقعد } المجموعة المدروسة ونجسم هذه المجموعة بمركز قصورها G ، حيث كتلتها M .

1 ـ اجرد القوى المطبقة على المجموعة خلال حركة دورانها . ومثلها بدون سلم في مركز قصور المجموعة .



ـ وزن المجموعة $\vec{P}$

ـ تأثير الحبل على المجموعة $\vec{F}$

2 ـ نعتبر الجسم المرجعي $\mathcal{R}'$ مرتبط بالمدورة والجسم المرجعي الأرضي $\mathcal{R}$.

2 ـ 1 حدد الحالة الميكانيكية للمجموعة في $\mathcal{R}$ و $\mathcal{R}'$. واستنتج تسارعها في المرجع $\mathcal{R}'$.

في الجسم المرجعي $\mathcal{R}'$ المرتبط بالمدورة المجموعة في حالة سكون

في الجسم المرجعي $\mathcal{R}$ في حركة دوران منتظم .

ـ تسارع المجموعة في $\mathcal{R}'$ منعدم $\vec{a}_G = \vec{0}$

2 ـ 2 طبق القانون الثاني لنيوتن في $\mathcal{R}$ و $\mathcal{R}'$. ماذا تستنتج ؟

نطبق القانون الثاني لنيوتن في $\mathcal{R}$: $\vec{P} + \vec{F} = M.\vec{a}_G$

نطبق القانون الثاني لنيوتن في $\mathcal{R}'$ بما أن $\vec{a}_G = \vec{0}$ فإن $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ لكن حسب تمثيل القوى يلاحظ أن $\sum \vec{F}_{ext} \neq \vec{0}$ نستنتج أن قانون نيوتن لا يتحقق في هذا المرجع وبالتالي فهو مرجعا ليس مرجعا غاليليا .

4 ـ القانون الثالث لنيوتن

نص القانون : مبدأ التأثيرات المتبادلة .

نعتبر جسمين A و B في تأثير بيني ، لتكن $\vec{F}_{A/B}$ القوة التي يطبقها A على B و $\vec{F}_{B/A}$ القوة التي يطبقها B على A .

سواء كان الجسمان في حركة أو في سكون فإن القوتين $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ تحققان المتساوية :

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

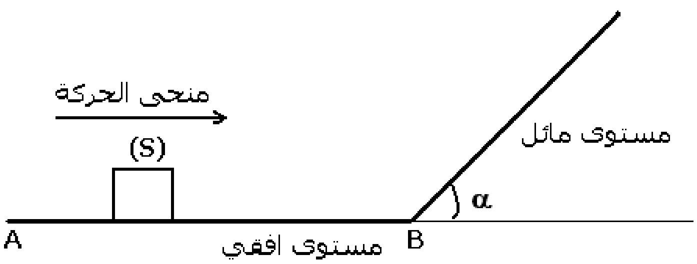
يطبق هذا القانون بالنسبة لقوى التماس وكذلك بالنسبة لقوى عن بعد .

III ـ تطبيق : حركة جسم صلب على مستوى أفقي وعلى مستوى مائل .

1 ـ نعتبر جسما صلبا (S) كتلته M=200g ، موضوعا فوق مستوى أفقي بحيث يتم التماس بينهما بدون احتكاك . نطبق قوة أفقية ثابتة $\vec{F}$ شدتها F=0.5N و تسمح بتحريكه على المستوى الأفقي . خط تأثير القوة $\vec{F}$ موازي للمستوى الأفقي .

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم الصلب (S) أثناء حركة مركز قصوره G ، بين أن طبيعة حركة مركز قصوره حركة مستقيمية متغيرة بانتظام . أحسب قيمة التسارع a_G لمركز قصوره .

الجواب :



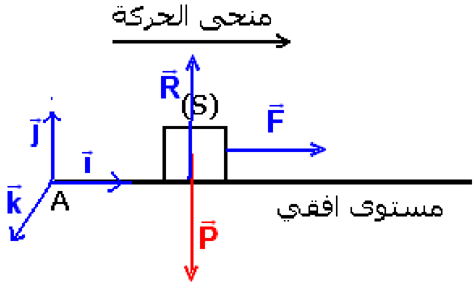
لتطبيق القانون الثاني لنيوتن نحدد المجموعة المدروسة : (S) . ونختار مرجعا غاليليا وهو المرجع الأرضي .

نقوم بجرد القوى المطبقة على المجموعة المدروسة : (S)

$\vec{P}$ وزن الجسم (S)

$\vec{F}$ القوة الأفقية الثابتة .

$\vec{R}$ تأثير السطح على (S) . في غياب الاحتكاك بين الجسم والسطح تكون المتجهة $\vec{R}$ عمودية على السطح الأفقي .



نطبق القانون الثاني لنيوتن ، القانون الأساسي للتحريك

$\vec{P}+\vec{F}+\vec{R}=m.\vec{a}_G$

إسقاط العلاقة المتجهية على المعلم المتعامد الممنظم

$\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j})$

على Ox لدينا : $P_x+R_x+F_x=m.a_1 \Rightarrow F=m.a_1$ (1)

على Oy لدينا $P_y+F_y+R_y=\vec{0}$ غياب الحركة على المحور Oy أي أن $R-P=0 \Rightarrow R=P=mg$

حركة مركز قصور الجسم (S) حركة مستقيمية لأن مسار مركز قصور الجسم مستقيمي .

من خلال العلاقة (1) يتبين أن التسارع a لمركز قصور الجسم ثابت حسب التعبير التالي : $a=\dfrac{F}{m}$

وبالتالي فحركة مركز قصور الجسم (S) حركة مستقيمية متغيرة بانتظام .

حساب التسارع a : $a_1=2,5m/s^2$

2 ـ في نقطة B ، تبعد عن النقطة A موضع انطلاقه بدون سرعة بدئية بمسافة ℓ=30cm ، يصعد الجسم (S) مستوى مائلا بالنسبة للمستوى الأفقي بزاوية $\alpha=45°$ حيث تبقى نفس القوة $\vec{F}$ مطبقة عليه ، خط تأثيرها موازي للمستوى المائل . نعتبر أن التماس بين المستوى المائل والجسم (S) يتم بالاحتكاك وأن معامل الاحتكاك في هذه الحالة هو k=0,1 .

ما هي طبيعة حركة مركز قصور الجسم (S) خلال حركته على المستوى المائل ؟

أحسب المسافة الدنوية التي يمكن أن يقطعها الجسم قبل توقفه .

الجواب :

نطبق القانون الثاني لنيوتن على الجسم (S) في الجزء الثاني من مساره وهو المستوى المائل .

نختار نفس المرجع السابق وهو المرجع الأرضي والذي نعتبر ه مرجعا غاليليا ونربطه بمعلم متعامد وممنظم $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j})$

جرد القوى المطبقة على (S) :

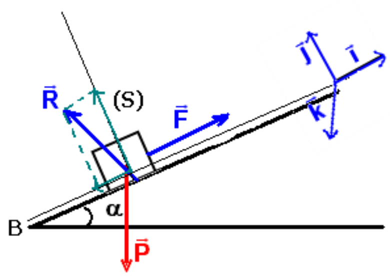
$\vec{P}$ وزن الجسم (S)

$\vec{F}$ القوة الثابتة حيث اتجاهها موازي للمستوى المائل .

$\vec{R}$ تأثير السطح على (S) . وجود الاحتكاك بين الجسم والسطح تكون المتجهة $\vec{R}$ مائلة بالنسبة للخط المنظمي على المستوى المائل بزاوية φ تسمى بزاوية الاحتكاك ومنحاها عكس منحى حركة الجسم (S) . نعرف معامل الاحتكاك بالعلاقة التالية : $k=\tan\varphi=\left|\dfrac{R_T}{R_N}\right|$ بحيث أن $\vec{R}_T$ المركبة المماسية للمتجهة $\vec{R}$ وهي التي تقاوم حركة الجسم تسمى بقوة الاحتكاك ونرمز لها ب $\vec{f}$ و $\vec{R}_N$ المركبة المنظمية على المستوى المائل للمتجهة $\vec{R}$

نطبق القانون الثاني لنيوتن ، القانون الأساسي للتحريك

$\vec{P}+\vec{F}+\vec{R}=m.\vec{a}_G$



إسقاط العلاقة المتجهية على المعلم المتعامد الممنظم $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j})$

على Ox لدينا : $P_x+R_x+F_x=m.a_2 \Rightarrow -mg\sin\alpha-R_T+F=m.a_2$
(1)

على Oy لدينا $P_y+F_y+R_y=\vec{0}$ غياب الحركة على المحور Oy أي أن

$R_N-mg\cos\alpha=0 \Rightarrow R_N=mg\cos\alpha$

لدينا $k=\dfrac{R_T}{R_N} \Rightarrow R_T=k.R_N=k.mg\cos\alpha$ من العلاقة (1) نستنتج أن

$$-mg\sin\alpha - kmg\cos\alpha + F = m.a_2 \Rightarrow a_2 = \left(\frac{F}{m} - \left(g\sin\alpha + kg\cos\alpha\right)\right)$$

$$a_2 = a_1 - \left(g\sin\alpha + kg\cos\alpha\right)$$

يلاحظ من خلال التعبير أن a_2 ثابتة وأصغر من a_1 نظرا لوجود الاحتكاكات وكذلك المستوى المائل .
إذن فحركة مركز قصور الجسم (S) في هذا الجزء هي حركة مستقيمية متغيرة بانتظام .
قيمة التسارع a_2 هي : $a_2 = -5,1m/s^2$
نحسب المسافة الدنوية التي يجب أن يقطعها الجسم قبل توقفه :
نطبق مبرهنة الطاقة الحركية بين النقطة B التي سيصل إليها الجسم في المرحلة الأولى بسرعة v_B والنقطة التي سيتوقف فيها الجسم (S) .
حساب v_B نطبق كذلك مبرهنة الطاقة الحركية مند انطلاقه من النقطة A إلى وصوله إلى النقطة B :

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = \underset{A\to B}{W}\left(\vec{F}\right) \Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 = F.\ell = m.a_1.\ell$$

$$v_B = \sqrt{2.a_1.\ell} = 1,22m/s$$

نطبق مبرهنة الطاقة الحركية لحساب d المسافة التي سيقطعها الجسم قبل توقفه :

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \underset{B\to f}{W}\left(\vec{P}\right) + \underset{B\to f}{W}\left(\vec{R}\right) + \underset{B\to f}{W}\left(\vec{F}\right)$$

$$-\frac{1}{2}mv_B^2 = -mgd\sin\alpha - R_T.d + F.d \Rightarrow -\frac{1}{2}mv_B^2 = m.d\left(-g\sin\alpha - kg.\cos\alpha + \frac{F}{m}\right)$$

$$-\frac{1}{2}mv_B^2 = m.a_2.d$$

$$d = -\frac{v_B^2}{2a_2} = 0,15m$$

IV ـ الحركة المستقيمية المتغيرة بانتظام

1 ـ تعريف

تكون لمركز القصور G لجسم صلب حركة مستقيمية متغيرة بانتظام ، إذا كان مسار G مستقيميا وإذا كانت $\vec{a}_G$ متجهة التسارع للنقطة G ثابتة خلال الحركة .

2 ـ المعادلة الزمنية للحركة

تعتبر أن جسما S يتحرك على مسار مستقيمي ، في معلم ديكارتي $\mathcal{R}(O,\vec{i})$ نمعلم مركز قصوره G في كل لحظة t بمتجهة الموضع $\overrightarrow{OG} = x.\vec{i}$ أي أم متجهة السرعة للنقطة G هي $\vec{v}_G = v_G.\vec{i}$.
نعتبر الشروط البدئية التالية : عند اللحظة $t_0 = 0$ لدينا $x = x_0$ و $v_G = v_0$.
نعلم أن

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow v = at + C$$
$$t = 0 \Rightarrow v = v_0 \Rightarrow C = v_0$$
$$v = at + v_0$$
$$v = \frac{dx}{dt} = at + v_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + C'$$
$$t = 0 \Rightarrow x = x_0 \Rightarrow C' = x_0$$
$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

$x(t)$ تمثل المعادلة الزمنية للحركة وهي تتعلق بالشروط البدئية .