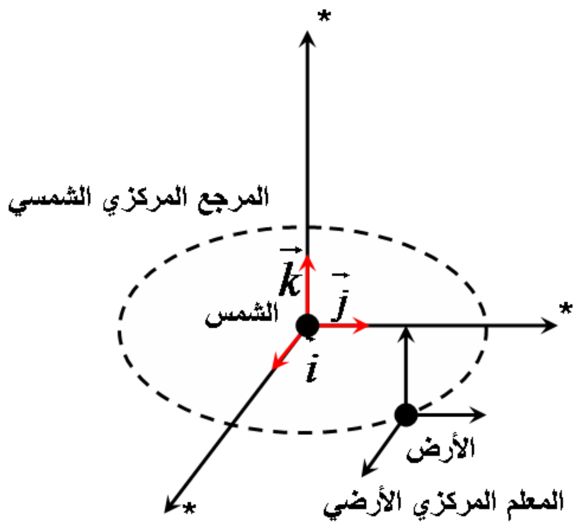
1 قـــوانيـــن نيـــوتـــن
les lois de Newton

❖ تـــذكيـــر :

- طبيعة حركة جسم صلب طبيعة نسبية لأنها تتعلق بالجسم المرجعي.
- الجسم المرجعي هو جسم مادي صلب غير قابل للتشويه.
- نقرن بالجسم المرجعي معلمين : معلم الزمن و معلم للفضاء.

❖ أمثلة لبعض المراجع المستعملة :

- **الجسم المرجعي الأرضي :** هو كل جسم مرتبط بالأرض, يستعمل لدراسة حركة جميع الأجسام التي تنتقل على سطح الأرض أو على ارتفاع ضئيل منه (حركة القذيفة).
- **المرجع المركزي الأرضي géocentrique :** يتكون من مركز الأرض و ثلاثة محاور متعامدة و موجهة نحو ثلاثة نجوم بعيدة جدا و ثابتة في السماء خلال الزمن, و يستعمل هذا المرجع لدراسة حركة الأجسام التي تدور حول الأرض مثل الأقمار الاصطناعية.
- **المرجع المركزي الشمسي héliocentrique (كوبرنيك Copernic):** يتكون من مركز الشمس و ثلاثة محاور متعامدة و موجهة نحو ثلاثة نجوم بعيدة جدا و ثابتة في السماء خلال الزمن, و يستعمل هذا المرجع لدراسة حركة الكواكب و المذنبات حول الشمس و يعتبر معلما غاليليا.



I – متجهة السرعة اللحظية و متجهة التسارع اللحظي :

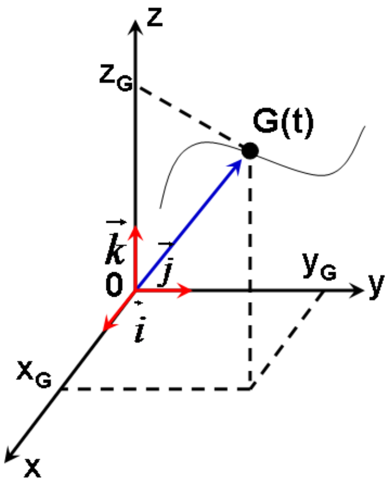
1 – متجهة الموضع :

- يمكن معلمة نقطة متحركة من جسم صلب بمركز القصور G بمتجهة الموضع:

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

حيث x(t) و y(t) و z(t) دوال زمنية تسمى بالمعادلات الزمنية للحركة.

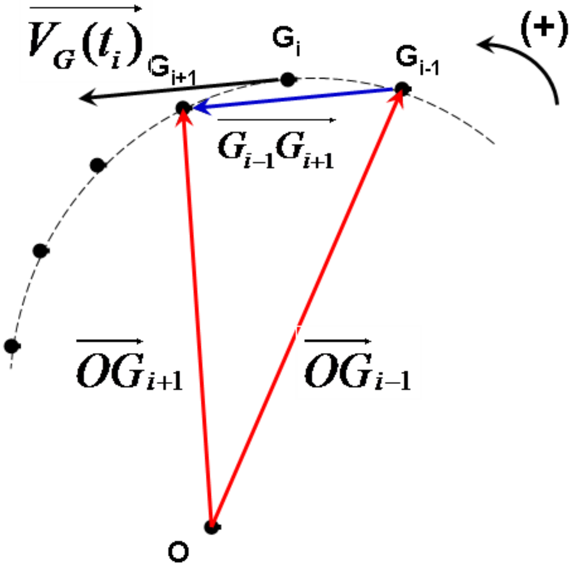
- نسمي مجموع المواضع التي يحتلها المتحرك خلال حركة بالمسار.



2 – متجهة السرعة اللحظية :

❖ متجهة السرعة المتوسطة :

نحدد السرعة المتوسطة للنقطة G بين لحظتين t_{i+1} و t_{i-1} جد متقاربتين تؤطران t_i :



$$\overrightarrow{V_G(t_i)} = \overrightarrow{V_i} = \frac{\overrightarrow{G_{i-1}G_{i+1}}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

حيث :

$$\overrightarrow{G_{i-1}G_{i+1}} = \overrightarrow{G_{i-1}O} + \overrightarrow{OG_{i+1}} = \overrightarrow{OG_{i+1}} - \overrightarrow{OG_{i-1}}$$
$$\overrightarrow{G_{i-1}G_{i+1}} = \Delta\overrightarrow{OG}$$

و بالتالي : $\overrightarrow{V_G(t_i)} = \overrightarrow{V_i} = \frac{\Delta\overrightarrow{OG}}{\Delta t}$ أي : $\overrightarrow{V_i} = \frac{\overrightarrow{OG_{i+1}} - \overrightarrow{OG_{i-1}}}{\Delta t}$

❖ متجهة السرعة اللحظية :

نحصل على السرعة اللحظية عندما تتناهى Δt نحو الصفر ، في هذه الحالة يمكن اعتبار خارج القسمة $\frac{\Delta\overrightarrow{OG}}{\Delta t}$ مساويا للمشتقة بالنسبة للزمن.

$$\lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta\overrightarrow{OG}}{\Delta t}\right) = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

أي

$$\overrightarrow{V_i}(t) = \lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta\overrightarrow{OG}}{\Delta t} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

$$\boxed{\overrightarrow{V_i}(t) = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}}$$

و حدة قياس السرعة اللحظية في (SI) هي ms^{-1}

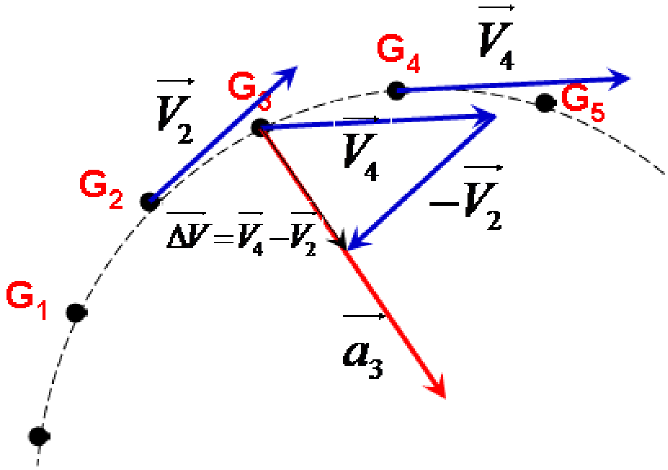
3 – متجهة التسارع اللحظي :

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

$$\boxed{\overrightarrow{a_G} = \frac{d\overrightarrow{V_G}}{dt}}$$

وحدة قياس التسارع في (SI) هي ms^{-2}

❖ مثال : تمثيل متجهة التسارع عند اللحظة t_3 :



$$\vec{a_G}(t)=\frac{\Delta\vec{V_G}(t_3)}{\Delta t}=\frac{\vec{V_4}-\vec{V_2}}{\Delta t}$$

$$\vec{a_G}(t_i)=\vec{a_i}=\lim_{\Delta t\to 0}\left(\frac{\Delta\vec{V_G}}{\Delta t}\right)=\frac{d\vec{V_G}(t)}{dt}$$

4 – احداثيات متجهة التسارع :

4 – 1 احداثيات متجهة التسارع في معلم ديكارتي :

في معلم ديكارتي $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$

❖ متجهة الموضع :

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

❖ متجهة السرعة :

$$\vec{V_G}=\frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}=\frac{dx}{dt}\vec{i}+\frac{dy}{dt}\vec{j}+\frac{dz}{dt}\vec{k}$$

أي :

$$\vec{V_G}=V_x\vec{i}+V_y\vec{j}+V_z\vec{k}$$ أو $$\vec{V_G}=\dot{x}\vec{i}+\dot{y}\vec{j}+\dot{z}\vec{k}$$

حيث : $V_x=\frac{dx}{dt}=\dot{x}$ و $V_y=\frac{dy}{dt}=\dot{y}$ و $V_z=\frac{dz}{dt}=\dot{z}$

$\dot{x}$ و $\dot{y}$ و $\dot{z}$ احداثيات متجهة السرعة

❖ متجهة التسارع :

$$\vec{a_G}=\frac{d\vec{V_G}}{dt}=\frac{dV_x}{dt}\vec{i}+\frac{dV_y}{dt}\vec{j}+\frac{dV_z}{dt}\vec{k}$$

أي

$$\vec{a_G}=\ddot{x}\vec{i}+\ddot{y}\vec{j}+\ddot{z}\vec{k}$$

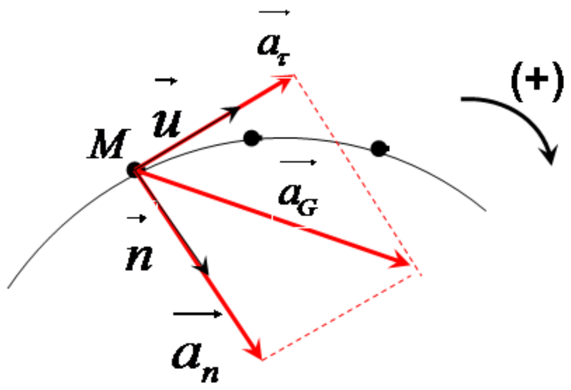
حيث : $a_x=\frac{dV_x}{dt}=\ddot{x}$ و $a_y=\frac{dV_y}{dt}=\ddot{y}$ و $a_z=\frac{dV_z}{dt}=\ddot{z}$

$\ddot{x}$ و $\ddot{y}$ و $\ddot{z}$ احداثيات متجهة التسارع

4 – 2 احداثيات متجهة التسارع في أساس فريني Frenet :

أساس فريني هو أساس للإسقاط غير مرتبط بالمرجع.

معلم فريني $(M,\vec{u},\vec{n})$ هو معلم متعامد ممنظم ينطبق مع موضع النقطة المتحركة ، متجهته الواحدية مماسة للمسار ، و موجهة منحى الحركة و متجهته الواحدية $\vec{n}$ متعامدة مع $\vec{u}$ و موجهة نحو تقر المسار.



نعبر عن التسارع في أساس فريني بالنسبة للحركة المستوية كالتالي : $\vec{a} = a_\tau \vec{u} + a_n \vec{u}$

حيث : $\vec{a_\tau} = a_\tau.\vec{u}$: متجهة التسارع المماسي $a_\tau = \dfrac{dV_G}{dt}$

$\vec{a_n} = a_n.\vec{n}$: متجهة التسارع المنظمي $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$ مع ρ : شعاع انحناء المسار في نقطة M.

❖ ملحوظة :

منظم التسارع : $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$

الجداء المتجهي للمتجهتين $\vec{V_G}$ و $\vec{a_G}$ هو : $\overrightarrow{a_G}.\overrightarrow{V_G} = a_G.V_G.\cos\left(\widehat{\overrightarrow{a_G}.\overrightarrow{V_G}}\right)$

تتعلق إشارة الجداء $\overrightarrow{a_G}.\overrightarrow{V_G}$ بالزاوية $\alpha = \left(\widehat{\overrightarrow{a_G}.\overrightarrow{V_G}}\right)$

- إذا كان الجداء $\overrightarrow{a_G}.\overrightarrow{V_G} > 0$ تكون الحركة متسارعة
- إذا كان الجداء $\overrightarrow{a_G}.\overrightarrow{V_G} < 0$ تكون الحركة متباطئة
- إذا كان الجداء $\overrightarrow{a_G}.\overrightarrow{V_G} > 0$ تكون الحركة منتظمة

❖ تطبيق :

II – قوانين نيوتن :

1 – القانون الأول : مبدأ القصور

في معلم غاليلي ، إذا كان مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم صلب يساوي متجهة منعدمة $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$ فإن متجهة السرعة $\vec{V}_G$ لمركز القصور G للجسم الصلب تكون ثابتة $\vec{V} = \overrightarrow{cte}$ و العكس :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{V} = \overrightarrow{cte} \begin{cases} cte = 0 & \text{سكون} \\ cte \neq 0 & \text{حركة منتظمة} \end{cases}$$

❖ ملحوظة :

- نسمي معلم غاليلي كل معلم يتحقق فيه مبدأ القصور .
- إذا كان $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$ نقول أن هذه المجموعة شبه معزولة ميكانيكيا.

- إذا كانت المجموعة لا تخضع لأي تأثير خارجي نقول أن هذه المجموعة شبه معزولة ميكانيكيا.

- يعتبر المرجع المركز الشمسي (مرجع كوبيرنيك) أفضل مرجع غاليلي ، بينما المراجع المركزية الأرضية و المراجع الأرضية ليست مراجع غاليلية بالمعنى الدقيق ، لكن بالنسبة لمدد زمنية قصيرة يمكن اعتبار هذه المراجع غاليلية.

❖ تطبيق :

❖ مثال :

عند إرسال حامل ذاتي فوق منضدة هوائية أفقية تكون حركة مركز قصوره مستقيمية و منتظمة :

$$\vec{P}+\vec{R}=\vec{0} \quad \Rightarrow \quad \vec{V}_G=\overrightarrow{cte}$$

$\vec{P}$ و $\vec{R}$ متقاصتان أي تخضعان لمبدأ القصور.

2 – القانون الثاني : العلاقة الأساسية للتحريك

في معلم غاليلي يساوي مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم صلب جداء كتلة هذا الجسم و متجهة التسارع لمركز قصوره G .

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}}=m\vec{a}_G$$

❖ مثال :

3 – القانون الثالث : مبدأ التأثيرات البينية المتبادلة

عندما يكون جسمين (A) و (B) في تأثير بيني متبادل فإن القوة $\vec{F}_{A/B}$ التي يطبقها (A) على (B) و القوة $\vec{F}_{B/A}$ التي يطبقها على (B) على (A) ، سواء كان الجسمان في حركة أو سكون فإن القوتين $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ تحققان المتساوية $\vec{F}_{A/B}=-\vec{F}_{B/A}$

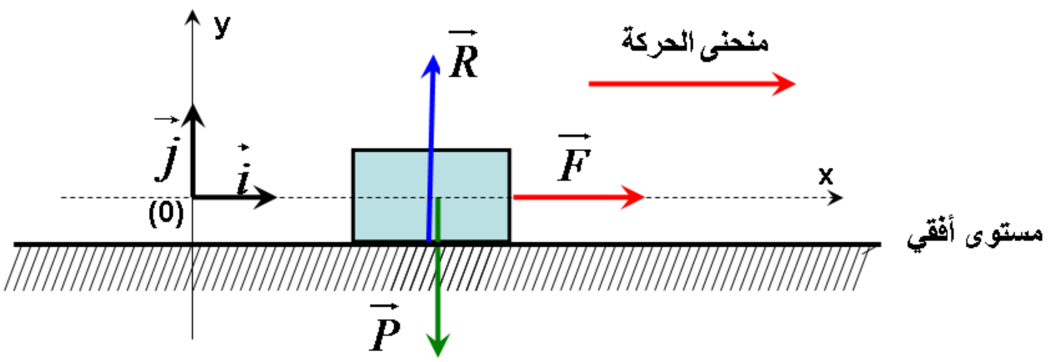
يطبق بالنسبة لقوى التماس و قوى عن بعد.

III – تطبيـــق :

1 – حركة جسم صلب فوق مستوى أفقي :

أ – حركة بدون احتكاك :

نعتبر جسم صلب كتلته $m=500g$ بدون احتكاك فوق مستوى أفقي تحت تأثير قوة أفقية ثابتة $\vec{F}$ خط تأثيرها موازي للمستوى الأفقي شدتها $F=5N$ نعطي $g=10m.s^{-1}$:



1 – أجرد القوى المطبقة على الجسم (s) ؟

2 – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أحسب تسارع الجسم (s) ، استنتج طبيعة الحركة ؟

3 – نحذف تأثير القوة $\vec{F}$ أثناء الحركة ، كيف تصبح حركة الجسم (s) ؟

1 – الجسم المدروس : $\{$ الجسم$(S)\}$

جرد القوى المطبقة على الجسم (s) :

$\vec{P}$: وزن الجسم (s)

$\vec{R}$: تأثير المستوى الأفقي

$\vec{F}$: قوة الجر

2 – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}_G$$

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

نسقط العلاقة المتجهة في المعلم $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$:

وفق المحور $(O,\vec{i})$:

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

$$0 + 0 + F = ma_x \quad \Rightarrow \quad \boxed{a = \frac{F}{m}}$$

بما أن الحركة مستقيمية و التسارع ثابت فإن طبيعة الحرة متسارعة (متغيرة بانتظام) $a = \dfrac{5}{0,5} = 10m.s^{-1}$

وفق المحور $(O,\vec{j})$: $P_y = R_y \quad \Leftarrow \quad -P_y + R_y + 0 = 0$ (متقاصتان)

ليست حركة وفق $(O,\vec{j})$ $\quad R = P = mg$

3 – عند حذف تأثير القوة $\vec{F}$ يصبح الجسم خاضع لقوتين :

بتطبيق القانون الثاني : $\vec{P} + \vec{R} = 0$ حسب مبدأ القصور

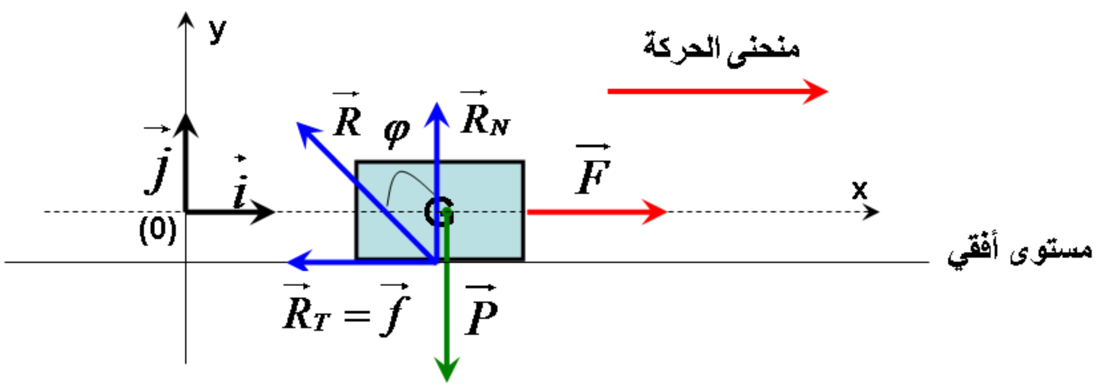
و بالتالي الحركة مستقيمية متنظمة : $a\begin{vmatrix} a_x = 0 \\ a_y = 0 \end{vmatrix} \quad \rightarrow \quad V = cte$

ب – حركة إزاحة باحتكاك :

نعتبر الجسم (S) السابق موضوعا فوق مستوى أفقي حيث التماس بينهما يتم بالاحتكاك ، و نطبق على الجسم (S) قوة شدتها ثابتة $F = 5N$ ، كما يمثل الشكل السابق و يصبح التسارع $a = 6m.s^{1}$.

1 – بتطبيق القانون الثاني أوجد شدة القوة المقرونة بتأثير سطح التماس ؟

2 – أوجد قيمة معامل الاحتكاك ، و استنتج زاوية الاحتكاك ؟



1 – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}_G$$

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

نسقط العلاقة المتجهة في المعلم $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$:

وفق المحور $(O,\vec{i})$:

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

$$0+R_T+F=ma_x \quad \Rightarrow \quad \boxed{a_x=a=\frac{F-R_T}{m}}$$

$$R_T=F-ma=5-0{,}5.\times 6=5-3$$

$$R_T=2N$$

وفق المحور $(O,\vec{j})$:

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

$$-P+R_N+0=0 \quad \Rightarrow \quad R_N=P=mg$$

$$R_N=0{,}5\times 10=5N$$

إذن الشدة المقرونة بتأثير السطح هي :

$$R=\sqrt{R_T^2+R_N^2}=\sqrt{2^2+5^2}$$

$$R=\sqrt{4+25}=\sqrt{29}=5{,}4N$$

2 – نعرف معامل الاحتكاك ب $k=\tan\varphi$ و φ : زاوية الاحتكاك.

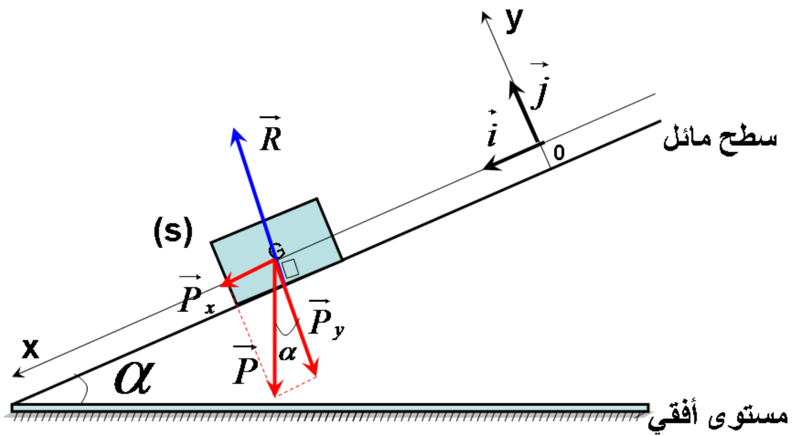
$$k=\tan\varphi=\frac{R_T}{R_N}=\frac{2}{5}=0{,}4$$

$$\tan\varphi=0{,}4 \quad \Rightarrow \quad \varphi=\arctan 0{,}4 \quad \Rightarrow \quad \varphi=21{,}8°$$

2 – حركة جسم صلب فوق مستوى مائل :

أ – حركة بدون احتكاك :

نجر جسما صلبا كتلته $m=80g$ و مركزه قصوره فوق مستوى مائل بزاوية $\alpha=12°$ بالنسبة للخط الأفقي ، فينزلق بدون احتكاك و فق الخط الأكبر ميلا للمستوى المائل : نعطى $g=10m.s^{-1}$



1 – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد تسارع الجسم (s) ، استنتج طبيعة الحركة ؟

2 - أوجد شدة القوة المطبقة من طرف السطح المائل ؟

1 – الجسم المدروس : $\{$الجسم $(S)\}$

جرد القوى المطبقة على الجسم (S) ؟

$\vec{P}$: وزن الجسم (s)

$\vec{R}$:تأثير السطح المائل

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a_x}$$

$$\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a_x}$$

نسقط العلاقة المتجهة في المعلم $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$:

وفق المحور $(O,\vec{i})$:

$$\vec{P}_x + \vec{R}_x = m\vec{a}_x$$

$$P_x + 0 = m.a_x \quad \text{مع} \quad \sin\alpha = \frac{P_x}{P} \quad \Rightarrow \quad P_x = P.\sin\alpha$$

$$mg.\sin\alpha = m.a_x$$

$$\boxed{a_x = a = g.\sin\alpha}$$

$$a = 10.\sin 12° \quad \Rightarrow \quad \alpha = 2m.s^{-1}$$

2 - وفق المحور $(O,\vec{j})$:

$$\vec{P}_y + \vec{R}_y = m\vec{a}_y$$

$$-P_y + R_N = 0 \quad \Rightarrow \quad P_y = R = mg.\cos\alpha$$

$$R = 50\times10\times\cos 12 \quad \Rightarrow \quad R = 782N$$

ب – حركة تتم باحتكاك :(انظر بعد)

IV – المعادلات الزمنية للحركة المستقيمية :

1 – الحركة المستقيمية المنتظمة :

تكون الحركة مستقيمية منتظمة إذا كان المسار مستقيمي و السرعة ثابتة أي أن : $a = \frac{dv}{dt} = 0$

و تكتب المعادلة الزمنية بالنسبة لمعلم $R(O,\vec{i})$ لهذه الحركة : $\boxed{x(t) = v_x.t + x_0}$ مع x_0 : الافصول عند $t = 0$

2 – الحركة المستقيمية المتغيرة بانتظام :

- تكون الحركة مستقيمية متغيرة بانتظام لمركز قصور G إذا كان المسار مستقيمي و متجهة التسارع $\vec{a_G}$ ثابتة.

في هذه الحالة :

$$a = \frac{dv_x}{dt} \quad \Rightarrow \quad \int dv_x = \int a.dt$$

$$v_x = at + v_0$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = a.t + v_0 \quad \Rightarrow \quad \int dx = \int a.t.dt + \int v_0 dt$$

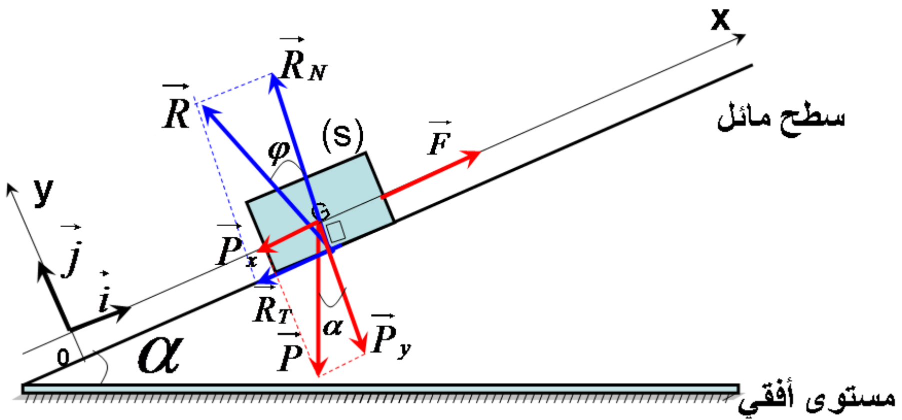
$$\boxed{x(t) = \frac{1}{2}a.t^2 + v_0.t + x_0}$$

x_0 و v_0 تحدد بالعتماد على الشروط البدئية.

ب – حركة تتم باحتكاك :(انظر بعد)

نجر جسما صلبا (S) كتلته $m = 80kg$ فوق مستوى مائل بزاوية $\alpha = 12°$ بواسطة حبل يطبق عليه قوة $\vec{F}$ ثابتة كما يبين الشكل

نعطي $g = 10m.s^{-1}$ و $a = 2m.s^{-1}$ و $k = 0,25$



1 – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد قيمة R_N شدة المركبة المنتظمة بتأثير سطح التماس ، ثم استنتج قيمة R_T ؟

2 – أحسب شدة القوة $\vec{F}$ ؟

3 – أكتب بدلالة الزمن المعادلة الزمنية $x(t)$ لحركة مركز قصورالجسم (S) باعتبار النقطة O هي موضع G عند اللحظة t = 0 و سرعته البدئية منعدمة ؟

1 – الجسم المدروس : $\{(S)\text{الجسم}\}$

جرد القوى المطبقة على الجسم (s) :

$\vec{P}$: وزن الجسم (s)

$\vec{R}$: تأثير السطح المائل

$\vec{F}$: قوة الجر

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}_G$$

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

بما أن التماس يتم باحتكاك فإن $\vec{R}$ لهما مركبتين : $\vec{R} = \vec{R}_T + R_N$

نسقط العلاقة المتجهة في المعلم $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$:

وفق المحور $(O,\vec{i})$:

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

$$-P_x - P_T + F = m.a_x \quad \text{مع} \quad P_x = mg.\sin\alpha$$

$$\boxed{F = m.a + mg.\sin\alpha + R_T}$$

وفق المحور $(O,\vec{j})$:

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

$$-P_y + R_N + 0 = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_N = P_y = mg.\cos\alpha}$$

$$R_N = 80 \times 9,8 \times\times \cos 12° \qquad \boxed{R_N = 767N}$$

لدينا معامل الاحتكاك :

$$k = \frac{R_T}{R_N} \quad \Rightarrow \quad R_T = k.R_N$$

$$R_T = 0{,}25 \times 767 \quad \Rightarrow \quad R_T = 192N$$

2 -

$$F = ma + mg.\sin\alpha + R_T$$

$$F = 80 \times 2 + 80 \times 9{,}8 \times \sin 12° + 192$$

$$F = 515N$$

3 – بما أن التسارع ثابت و المسار مستقيمي فإن طبيعة الحركة متغيرة بانتظام و بالتالي تكتب المعادلة الزمنية كالتالي :

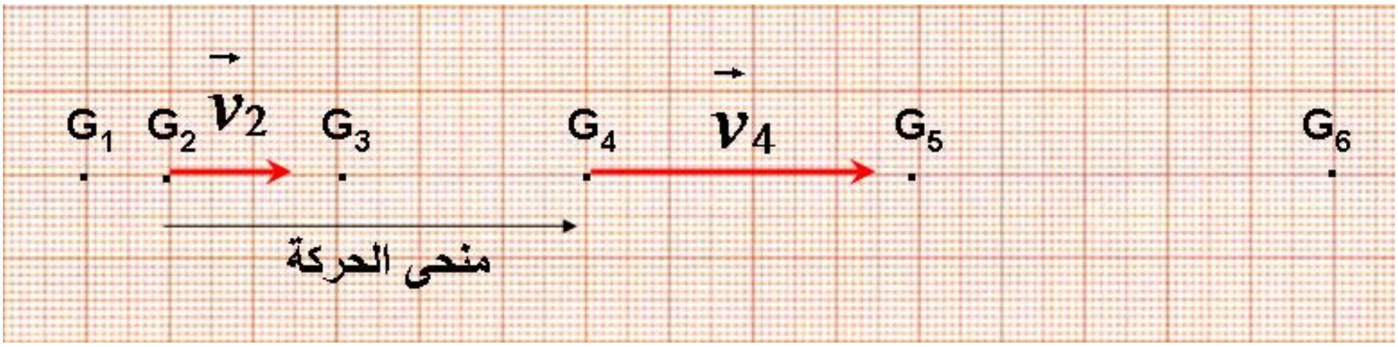
$$x(t) = \frac{1}{2}a.t^2 + v_0.t + x_0$$

بالاعتماد على الشروط البدئية : $x_0(t=0) = 0$ و $v_0(t=0) = 0$ و $a = 2m.s^{-1}$

إذن : $x(t) = t^2$

❖ تطبيق : (متجهة السرعة و التسارع)

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



$G_1G_2 = 1cm$ و $G_2G_3 = 2cm$ و $G_3G_4 = 3cm$ و $G_4G_5 = 4cm$ و $G_5G_6 = 5cm$

1 – أعط مميزات متجهة السرعة اللحظية في نقطة G_i ؟

2 – أحسب السرعة اللحظية في الموضعين G_2 و G_4 ثم مثل المتجهتين $\vec{v}_2$ و $\vec{v}_4$ باستعمال سلم مناسب ؟

3 – علما أنه مبيانيا ، منظم متجهة التسارع في لحظة t_i تعطيها العلاقة التالية ، أحسب التسارع اللحظي في الموضع G_3

$$a_i = \frac{v_{i+1} - v_{i-1}}{t_{i+1} + t_{i-1}}$$

1 – مميزات السرعة اللحظية :

الأصل : النقطة G

الاتجاه : اتجاه الحركة (اتجاه أفقي)

المنحى : منحى الحركة

المنظم : يحدد بالعلاقة $v_i = \dfrac{G_{i+1} - G_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$

2 – السرعة اللحظية :

$$v_2=\frac{G_1G_3}{2\tau}=\frac{3\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}}=0,375m.s^{-1}$$

$$v_4=\frac{G_3G_5}{2\tau}=\frac{7\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}}=0,875m.s^{-1}$$

نستعمل السلم : $0,25m.s^{-1}\rightarrow 1cm$

$v_2=0,375m.s^{-1}\rightarrow 1,5cm$

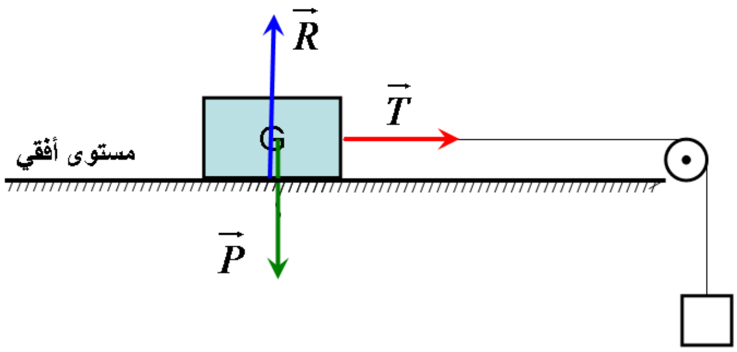
$v_4=0,875m.s^{-1}\rightarrow 1,5cm$ أنظر الشكل

3 – التسارع اللحظي في G_3 : $a_3=\frac{v_4-v_2}{2\tau}=\frac{0,875-0,375}{2\times40\times10^{-3}}$

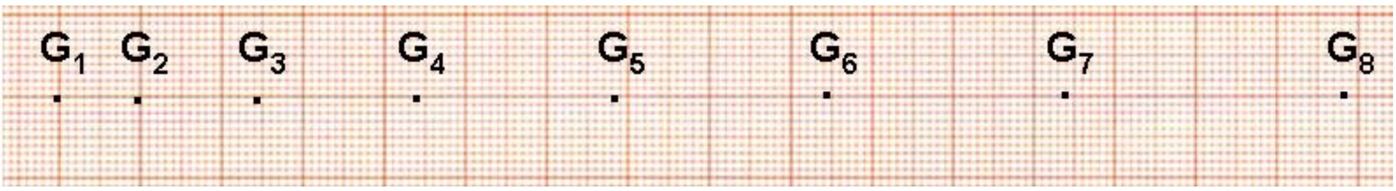
$a_3=6,25m.s^{-1}$

❖ تطبيق : تحقق من القانون الثاني لنيوتن

نستعمل المنضدة الهوائية في الموضع الأفقي و ننجز التركيب التالي :



نطبق على الحامل الذاتي قوة بواسطة خيط شدتها $T=1N$ ثم نحرر المجموعة و نسجل مواضع مركز قصور الحامل الذاتي في مدد زمنية متتالية و متساوية $\tau=40ms$.



$G_1G_2=1cm$ و $G_2G_3=1,4cm$ و $G_3G_4=1,8cm$ و $G_4G_5=2,2cm$ و $G_5G_6=2,6cm$ و $G_6G_7=3cm$ و $G_7G_8=3,4cm$

1 – أجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي ؟

2 – بين أن مجموع متجهات القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء حركته يكافئ قوة $\vec{T}$ ؟

3 – أوجد بالاعتماد على التسجيل قيمة Δv_G ، تغير سرعة G في الحالات التالية :

أ – بين G_1 و G_3 ب – بين G_2 و G_4 ج – بين G_3 و G_5 د – بين G_4 و G_6

4 – مثل منحى تغيرات Δv بدلالة Δt المدة الزمنية الموافقة ؟

5 – ما المدلول الفيزيائي للمعامل الموجه للمنحنى المحصل عليه ؟

قارن قيمة هذا المعامل مع خارج القيمة $\frac{T}{m}$ ، ثم تحقق من $\sum\vec{F}=m.\vec{a}$

1 – الجسم المدروس : { الحامل الذاتي }

جرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي:

$\vec{P}$: وزن الحامل الذاتي

$\vec{R}$: تأثير المنضدة الهوائية

$\vec{F}$: توتر الخيط

2 – بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}_G$$

$$\sum \vec{F}_{ext} = \underbrace{\vec{P}+\vec{R}}_{=0}+\vec{T} \quad \Rightarrow \quad \sum \vec{F}_{ext} = \vec{T}$$ متقاصتان حسب شرط التوازن

$\vec{R}$ عمودية على السطح لأن الاحتكاكات مهملة.

- 3

$$v_2 = \frac{G_1G_3}{2\tau} = \frac{2{,}4\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}} = 0{,}3 m.s^{-1}$$

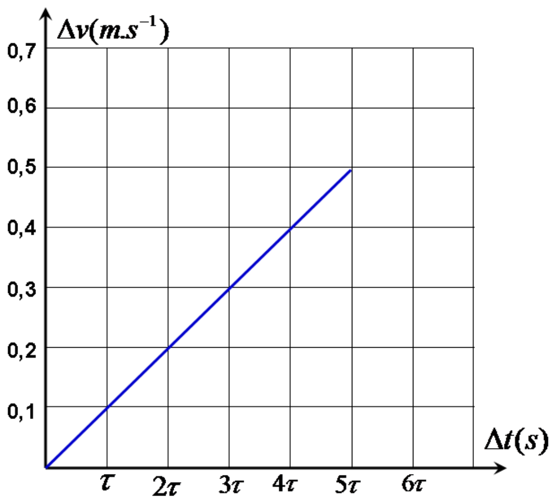
$$v_3 = \frac{G_2G_4}{2\tau} = \frac{3{,}2\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}} = 0{,}4 m.s^{-1}$$

$$v_4 = \frac{G_3G_5}{2\tau} = \frac{4\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}} = 0{,}5 m.s^{-1}$$

$$v_5 = \frac{G_4G_6}{2\tau} = \frac{4{,}8\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}} = 0{,}6 m.s^{-1}$$

$$v_6 = \frac{G_5G_7}{2\tau} = \frac{5{,}6\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}} = 0{,}7 m.s^{-1}$$

4 – منحى تغيرات Δv بدلالة Δt المدة الزمنية



5 – المعامل الموجه للمنحنى :

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0{,}4-0{,}1}{4\tau-\tau} = \frac{0{,}3}{3\times40\times.10^{-3}}$$

$$a = 2{,}5 m.s^{-1}$$

يمثل المعامل الموجه تسارع الحامل الذاتي.

$$\frac{T}{m} = \frac{1N}{0{,}4kg} = 2{,}5N/kg = 2{,}5m.s^{-1}$$

إذن : $\frac{T}{m} = a$ بما أن $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{T}$ فإن العلاقة متحققة $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}_G$

المعجم العلمي

تأثير	Action	تأثير بيني	Interaction
مفعول	Effet	تحريكي	Dynamique
سكوني	Statique	مموضع	Localisé
موزع	Répartie	منضدة هوائية	Table à cousin d'air
تجاذب	Attraction	تأثير عن بعد	Action à distance
تأثير تماس	Action de contact	قوة	Force
مولد الشرارات	Générateur à étincelles	حامل ذاتي	Autoporteur
موضع	Positon	متجهة	Vecteur
سرعة	Vitesse	مشتقة	Dérivé
لحظي	Instantané	إحداثية	Coordonnée
تسارع	Accélération	منظم	Norme
قصور	Inertie	اتجاه	Direction
مرجع	Référentiel	منحى	sens
متعامد ممنظم	orthonormé	مستقيمية	Rectiligne
انحناء	Courbure	ديكارتي	Cartésien
مماسي	Tangentiel	مجموعة	Système
مبدأ	Principe	معزول	Isolé
شبه معزول	Pseudo – isolé	مرجع غاليلي	Référentiel galiléen
اسقاط	Projection	متغيرة بانتظام	Uniformément variée
مائل	Incliné	متسارع	Accéléré
متباطئ	Retardé		