1

قـــوانيـــن نيـــوتـــن

les lois de Newton

❖ تـــذكيــر :

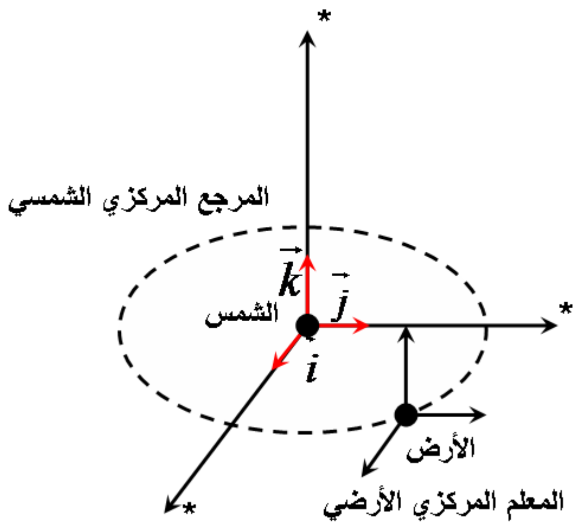
- طبيعة حركة جسم صلب طبيعة نسبية لأنها تتعلق بالجسم المرجعي.
- الجسم المرجعي هو جسم مادي صلب غير قابل للتشويه.
- نقرن بالجسم المرجعي معلمين : معلم الزمن و معلم للفضاء.

❖ 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).

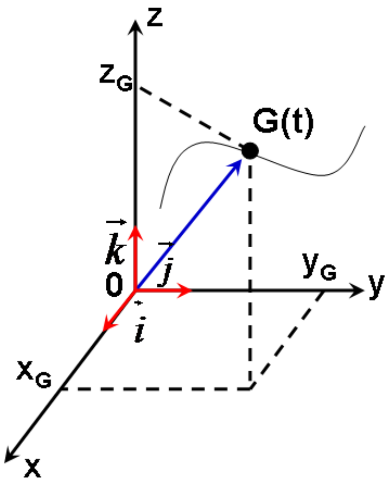
- المرجع المركزي الأرضي géocentrique : يتكون من مركز الأرض و ثلاثة محاور متعامدة و موجهة نحو ثلاثة نجوم بعيدة جدا و ثابتة في السماء خلال الزمن, و يستعمل هذا المرجع لدراسة حركة الأجسام التي تدور حول الأرض مثل الأقمار الاصطناعية.

- 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:

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

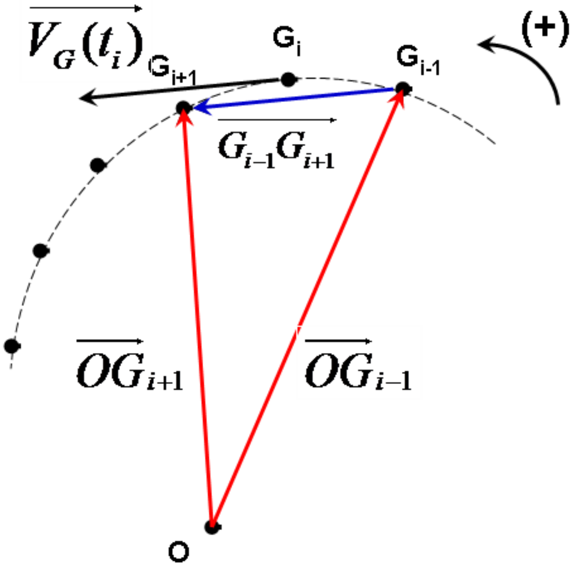
حيث x(t) و y(t) و z(t) دوال زمنية تسمى بالمعادلات الزمنية للحركة.

- 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}

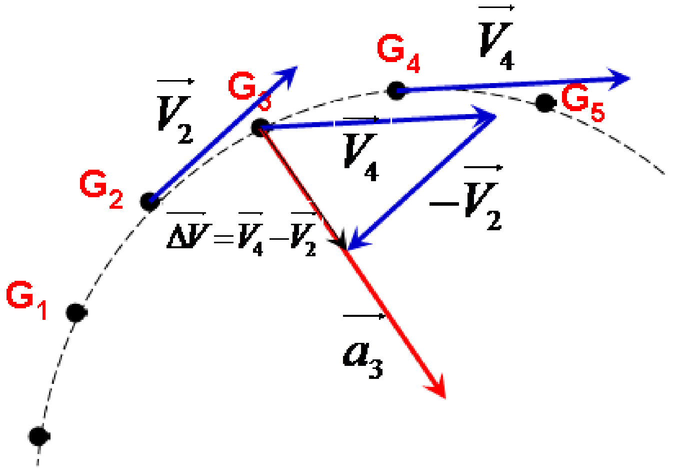
3 – متجهة التسارع اللحظي :

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 :

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

❖ متجهة السرعة :

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

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

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

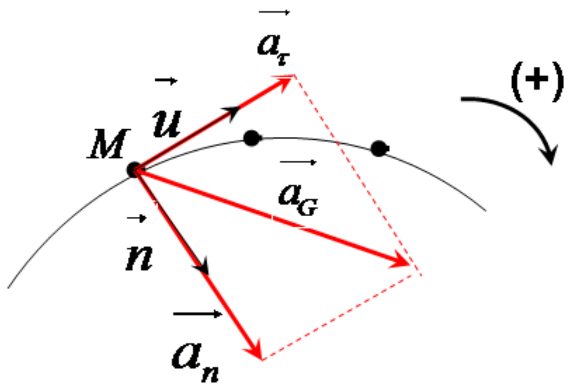
حيث : $a_x=\frac{dV_x}{dt}=\ddot{x}$ و $a_y=\frac{dV_y}{dt}=\ddot{y}$ و $a_z=\frac{dV_z}{dt}=\ddot{z}$

$\ddot{x}$ 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 :

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

❖ 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 $\vec{F}_{A/B}=-\vec{F}_{B/A}$

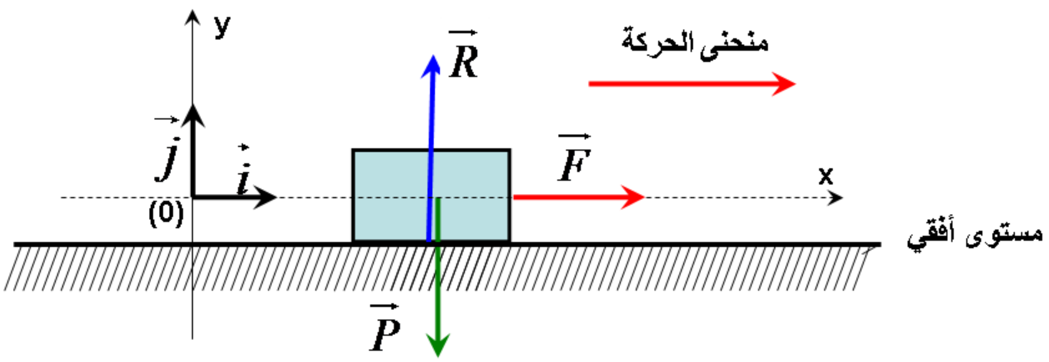
يطبق بالنسبة لقوى التماس و قوى عن بعد.

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) $a = \frac{5}{0,5} = 10 m.s^{-1}$

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

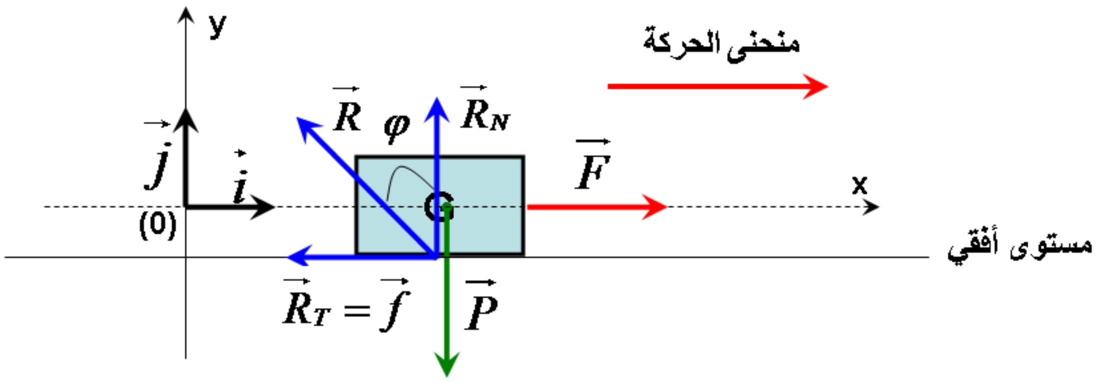
و بالتالي الحركة مستقيمية متنظمة : $a\begin{vmatrix} a_x = 0 \\ a_y = 0 \end{vmatrix} \quad \rightarrow \quad V = cte$

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.

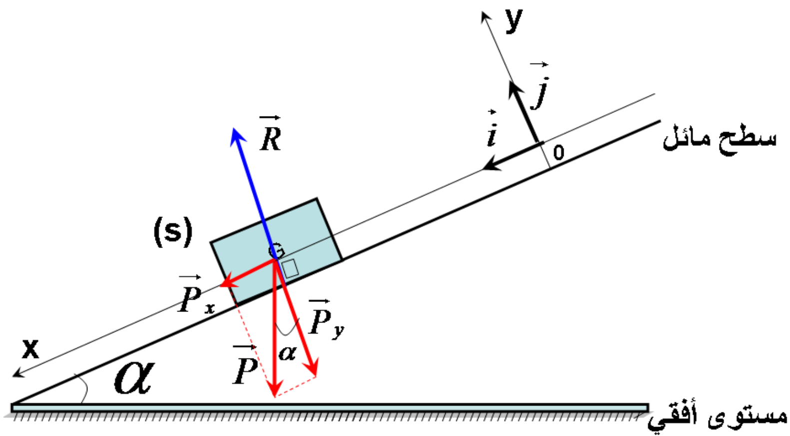
$$k=\tan\varphi=\frac{R_T}{R_N}=\frac{2}{5}=0,4$$

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

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 $(O,\vec{j})$:

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

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

$$R = 50 \times 10 \times \cos 12 \quad \Rightarrow \quad R = 782N$$

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 :

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

$$v_x = at + v_0$$

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

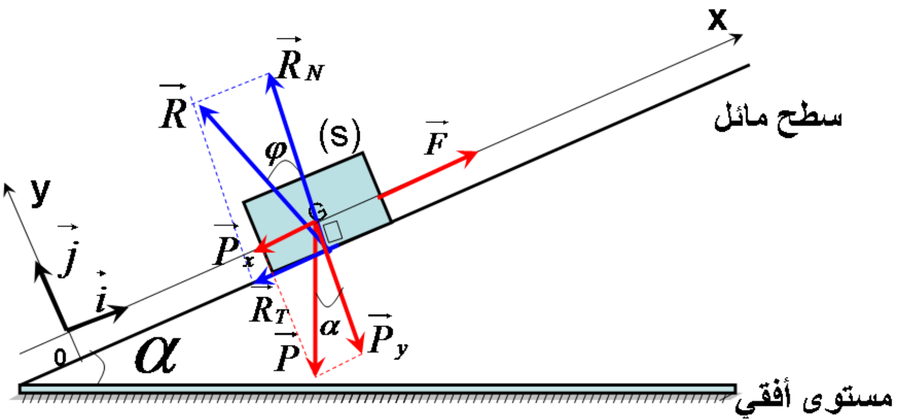
$$\boxed{x(t) = \frac{1}{2}a.t^2 + v_0.t + x_0}$$

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 قصور الجسم (S) باعتبار النقطة O هي موضع G عند اللحظة t = 0 و سرعته البدئية منعدمة ؟

1 – الجسم المدروس : {الجسم(S)}

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 :

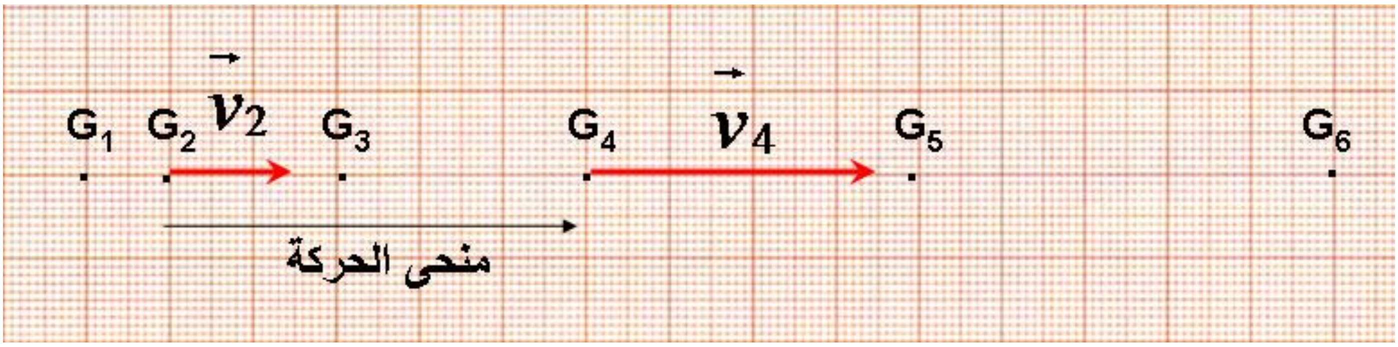
$$x(t) = \frac{1}{2}a.t^2 + v_0.t + x_0$$

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 :

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

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

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

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

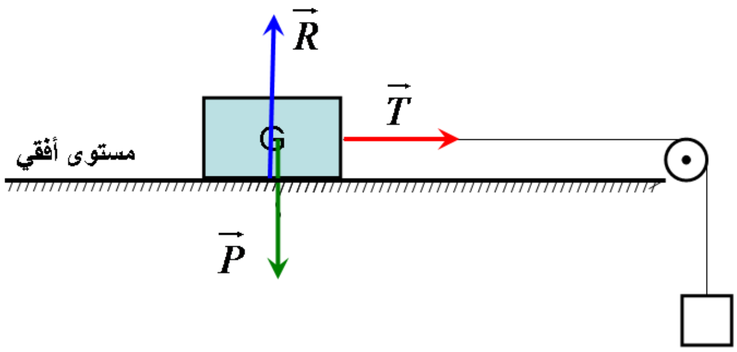
أنظر الشكل $v_4 = 0{,}875 m.s^{-1} \rightarrow 1{,}5cm$

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

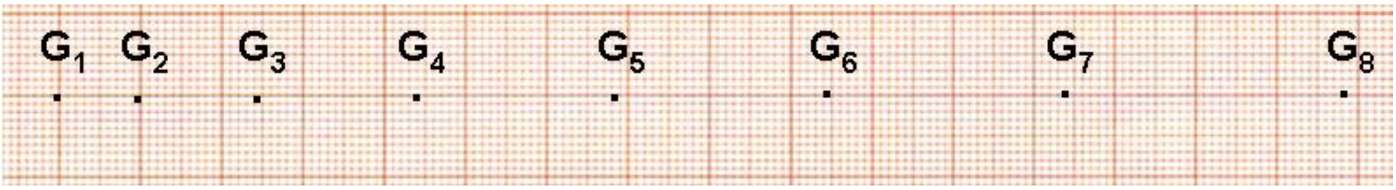
$a_3 = 6{,}25 m.s^{-1}$

❖ **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 $\dfrac{T}{m}$ ، 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 : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}_G$

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

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

- 3

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

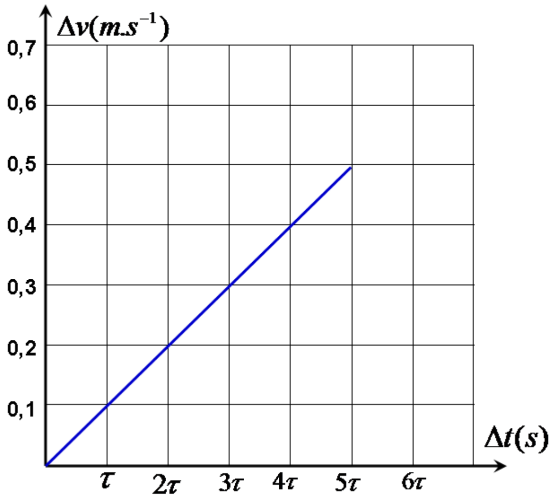
$$v_3 = \frac{G_2G_4}{2\tau} = \frac{3,2\times10^{-2}}{2\times40\times10^{-3}} = 0,4m.s^{-1}$$

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

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

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

4 – منحى تغيرات Δv **بدلالة** Δt **المدة الزمنية**



5 – المعامل الموجه للمنحنى :

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

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

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**	مجمعة	**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**		