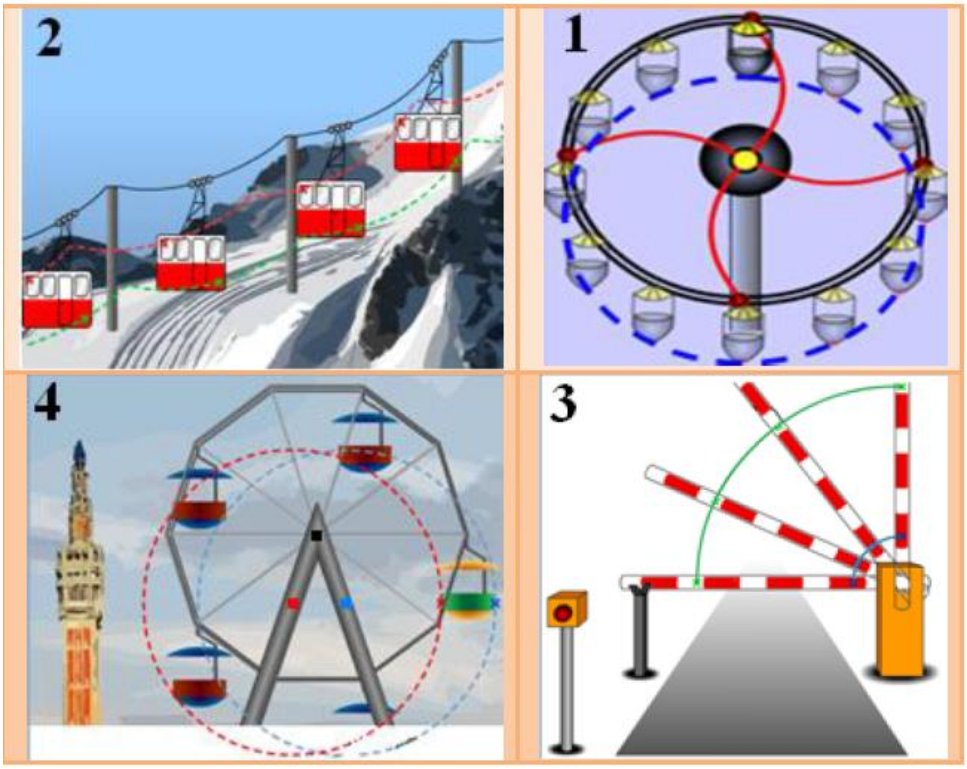
الأولى بكالوريا جميع الشعب	دوران جسم صلب حول محورثابت	الجزء الأول : الشغل الميكانيكي و الطاقة . الدرس 1 ذ : عزيز العطور

1- معلمة نقطة من جسم صلب في دوران حول محور ثابت :

1-1- حركة الدوران حول محور ثابت :

1-1-1- نشاط :



أ- حدد الأجسام التي لها حركة إزاحة مع تحديد نوع الإزاحة .

الناقلتان في الشكلين 1 و 4 لهما حركة إزاحة دائرية والناقلة في الشكل 2 لها حركة إزاحة منحنية .

ب- حدد الأجسام التي لها حركة دوران .

الذراع في الشكل 3 في حركة دوران .

ج- ما شكل مسارات نقط ذراع العجلة الكبيرة لمدورة الألعاب في الشكل 4 ؟

تتميز نقط ذراع العجلة الكبيرة لمدورة الألعاب بمسارها الدائري المركز حول محور الدوران .

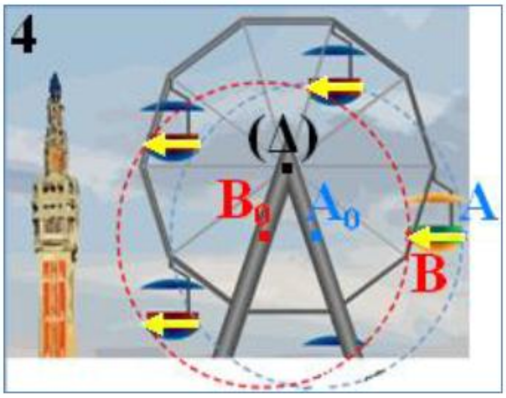
د- ما الفرق بين حركة الذراع وحركة الناقلة في الشكل 4 ؟

ينجز الذراع حركة دورا نية في حين تكون للناقلات حركة إزاحة دائرية حيث تحتفظ كل قطعة من الناقلة بنفس الاتجاه خلال الحركة .

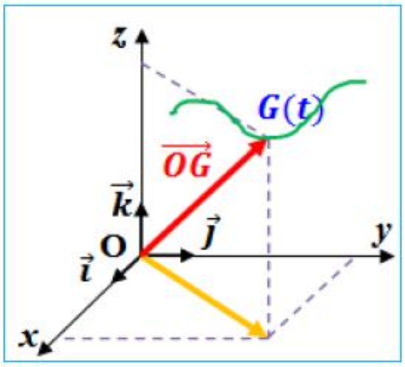
1-1-2- خلاصة :

يكون جسم صلب غير قابل للتشويه في دوران حول محور ثابت ، إذا كانت كل نقطة من نقطه في حركة دائرية ممركزة على هذا المحور ومسار هذه النقطة المتحركة ينتمي إلى المستوى المتعامد مع محور الدوران .

1-1-3- حركة الدوران وحركة الإزاحة الدائرية :



تتكون مدورة الألعاب من عجلة كبيرة تربط إليها مجموعة من الناقلات . **بالنسبة للعجلة فهي في حركة دوران حول محور الدوران الثابت Δ** (لأن جميع نقط العجلة في حركة دائرية ممركزة على هذا المحور) ، أما **بالنسبة للناقلات فهي في حركة إزاحة دائرية** (لأن كل قطعة تجمع بين نقطتين من الناقلات تحتفظ باتجاه ثابت $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{Cte}$ ، وكل نقطة من الناقلات تنجز مسارا دائريا ذي مراكز مختلفة A_0 و B_0) .



1-2- معلمة نقطة من جسم صلب في دوران حول محور ثابت :

يمكن **معلمة نقطة متحركة G** من جسم صلب ، في معلم متعامد ممنظم $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ مرتبط بالجسم المرجعي في كل لحظة ، **بمتجهة الموضع** $\overrightarrow{OG}$

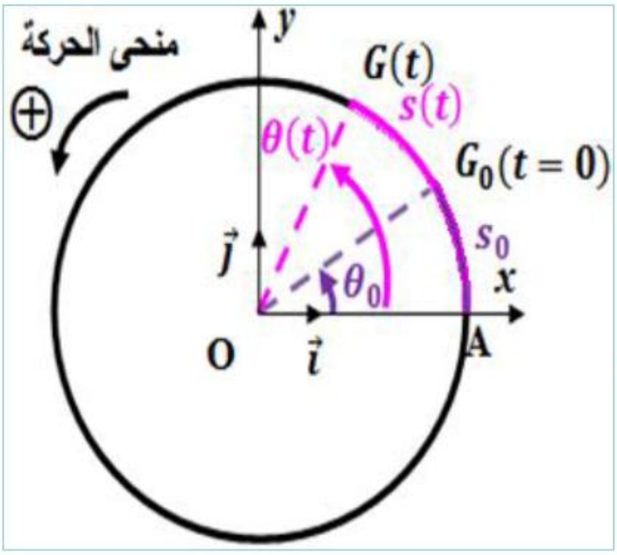
بحيث : $\overrightarrow{OG} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$ و $\|\overrightarrow{OG}\| = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$

مع x و y و z **إحداثيات موضع G** في المعلم $\mathcal{R}$.

وللتبسيط نُعلم موضع النقطة G في كل لحظة نستعمل :

1-2-1- الأفصول الزاوي :

نعتبر المحور Ox اتجاها مرجعيا .



نسمي الأفصول الزاوي للنقطة المتحركة G في لحظة t
الزاوية $\theta(t) = (\overrightarrow{Ox},\overrightarrow{OG})$ وهو مقدار جبري .
وحدة قياسه في (ن ع) هي الراديان rad .

1-2-2- الأفصول المنحني :

نعتبر النقطة A (نقطة تقاطع المحور Ox والمسار) أصلا للأفاصيل المنحنية .

نسمي الأفصول المنحني للنقطة المتحركة G في لحظة t
طول القوس المحصور بين A و G حيث $s(t) = \widehat{AG}$
وهو مقدار جبري . وحدة قياسه في (ن ع) هي المتر m .

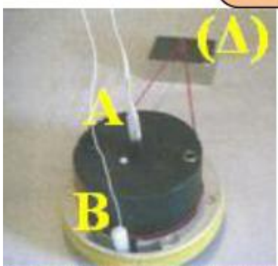
1-2-3- العلاقة بين الأفصول الزاوي و الأفصول المنحني :

العلاقة التي تربط بين الأفصول الزاوي و الأفصول المنحني هي $s(t) = r.\theta(t)$
حيث r هو شعاع المسار الدائري للنقطة المتحركة G .

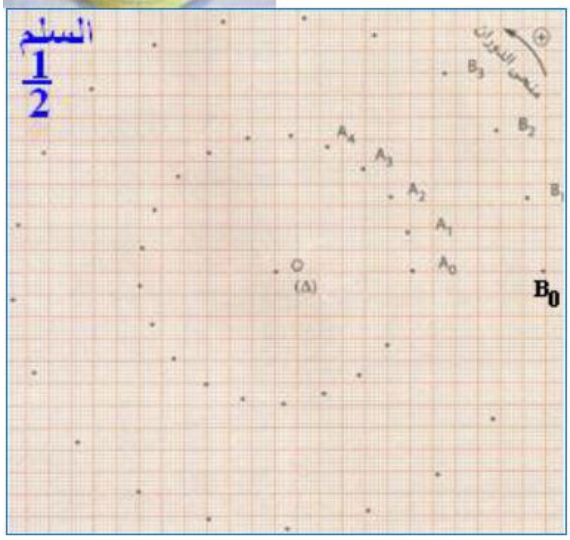
$$\underset{m}{s(t)} = \underset{m}{r}.\underset{rad}{\theta(t)}$$

2- السرعة الزاوية :

2-1- نشاط :



نعتبر المجموعة المكونة من { حامل ذاتي + مفجر جانبي } جسما صلبا يمكنه الدوران حول محور ثابت (Δ) ينتمي للقطعة المعدنية ويمر من مركز تماثلها .
نعمل على أن يكون المفجران المركزي A والجانبي B والمحور (Δ) على استقامة واحدة .



نرسل الجسم الصلب ونسجل حركة النقطتين A و B أثناء مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau=40ms$ كما هو مبين في الشكل جانبه .

أ- حدد طبيعة حركة النقط A و B .

لدينا $OA_0 = OA_1 = OA_2 = \cdots = 6cm = Cte$

أي النقط A_i تبعد بنفس المسافة عن النقطة O (أي تنتمي لقوس دائري) إذن النقطة A في **حركة دائرية** مركزها O .

ولدينا $OB_0 = OB_1 = OB_2 = \cdots = 12cm = Cte$

أي النقط B_i تبعد بنفس المسافة عن النقطة O (أي تنتمي لقوس دائري) إذن النقطة B في **حركة دائرية** مركزها O .

ب- قارن المسافات المقطوعة من طرف كل نقطة خلال نفس المدة الزمنية τ . ماذا تستنتج ؟

لدينا $A_0A_1 = A_1A_2 = A_2A_3 = \cdots = 1,8cm = Cte$ أي النقطة A تقطع نفس المسافة خلال نفس المدة الزمنية τ وبالتالي $V_A = Cte$.

لدينا $B_0B_1 = B_1B_2 = B_2B_3 = \cdots = 3,4cm = Cte$ أي النقطة B تقطع نفس المسافة خلال نفس المدة الزمنية τ وبالتالي $V_B = Cte$.

مميزات متجهة السرعة الخطية $\vec{V}_{G_i}$

نقطة التأثير : النقطة G مركز قصور المتحرك عند اللحظة t_i .

خط التأثير : المماس للمسار في النقطة G .

المنحى : منحى الحركة .

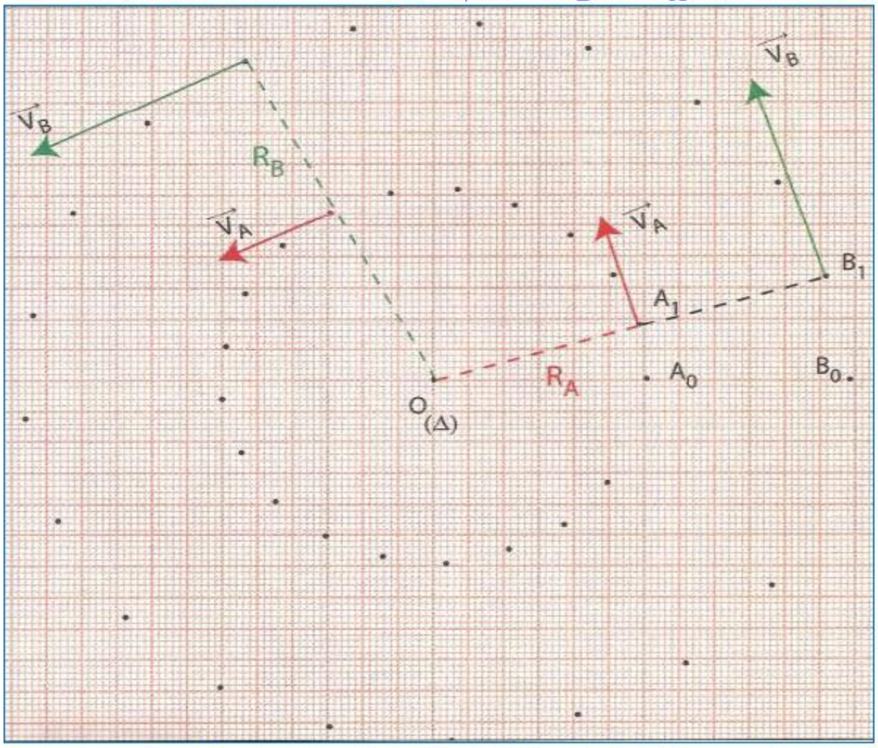
المنظم : عمليا نحدده بـ $V_{G_i} = \frac{G_{i-1}G_{i+1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$

ج- مثل بنفس السلم المتجهتين $\vec{V}_A$ و $\vec{V}_B$. ماذا تستنتج ؟

لدينا $V_A = \frac{\overset{\frown}{A_{i-1}A_{i+1}}}{2.\tau} \approx \frac{A_{i-1}A_{i+1}}{2.\tau} = \frac{2\times1,8.10^{-2}}{2\times40.10^{-3}} = 0,45m.s^{-1}$

ولدينا $V_B = \frac{\overset{\frown}{B_{i-1}B_{i+1}}}{2.\tau} \approx \frac{B_{i-1}B_{i+1}}{2.\tau} = \frac{2\times3,4.10^{-2}}{2\times40.10^{-3}} = 0,85m.s^{-1}$

نمثل المتجهتين $\vec{V}_A$ و $\vec{V}_B$ بالسلم $0,45m.s^{-1} \leftrightarrow 2cm$ فنجد



لدينا $V_A < V_B$ فنستنتج أننا كلما ابتعدنا عن محور الدوران تزايدت السرعة الخطية .

د- بواسطة منقلة ، قس الزاويتين $\Delta\theta_A$ و $\Delta\theta_B$ المكسوحتين من طرف النقطتين A و B خلال المدة الزمنية $\Delta t = t_{i+1} - t_{i-1} = 2.\tau$. ماذا تستنتج ؟

لدينا $\Delta\theta_A = 34° = 0,6rad$ و $\Delta\theta_B = 34° = 0,6rad$

لدينا $\Delta\theta_A = \Delta\theta_B$ فنستنتج أنه خلال نفس المدة الزمنية $\Delta t = 80ms$ تدور النقطتان A و B بنفس الزاوية $\Delta\theta = 34° = 0,6rad$.

ه- نعرف السرعة الزاوية ω_i بالعلاقة $\omega_i = \frac{\Delta\theta}{t_{i+1}-t_{i-1}}$. احسب السرعة الزاوية ω_A و ω_B في مواضع مختلفة . ماذا تستنتج ؟

لدينا $\omega_A = \frac{0,6}{2\times40.10^{-3}} = 7,5rad.s^{-1}$ و $\omega_B = \frac{0,6}{2\times40.10^{-3}} = 7,5rad.s^{-1}$

نلاحظ أن $\omega_A = \omega_B$ وبالتالي نستنتج أن **جميع نقط جسم صلب في دوران حول محور ثابت تدور بنفس السرعة الزاوية ω مع مرور الزمن .**

و- حدد طبيعة حركة الجسم الصلب .

الجسم الصلب في دوران بسرعة زاوية ثابتة مع مرور الزمن ، إذن فهو في **حركة دوران منتظم** .

ز- عين قيمة الشعاع R_A و R_B ثم احسب المقدار $R_A.\omega_{A_i}$ و $R_B.\omega_{B_i}$ وقارنه مع السرعة اللحظية V_{A_i} و V_{B_i} . ماذا تستنتج ؟

لدينا $R_A = OA = 6.10^{-2}m$ و $R_B = OB = 12.10^{-2}m$

إذن $R_A.\omega_{A_i} = R_A.\omega_A = 6.10^{-2} \times 7,5 = 0,45m.s^{-1}$ و $V_A = 0,45m.s^{-1}$

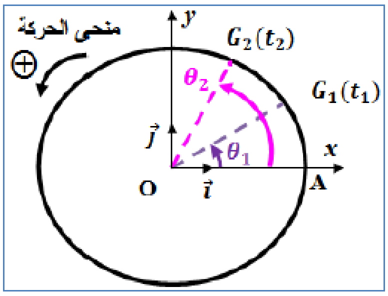
فنلاحظ أن $V_A = R_A.\omega_A$.

كذلك $R_B.\omega_{B_i} = R_B.\omega_B = 12.10^{-2} \times 7,5 = 0,9m.s^{-1}$ و $V_B = 0,85m.s^{-1}$

فنلاحظ أن $V_B = R_B.\omega_B$.

وبالتالي أثناء دوران الجسم الصلب ، تتحقق في كل لحظة العلاقة $V = R.\omega$.

2-2- السرعة الزاوية المتوسطة :

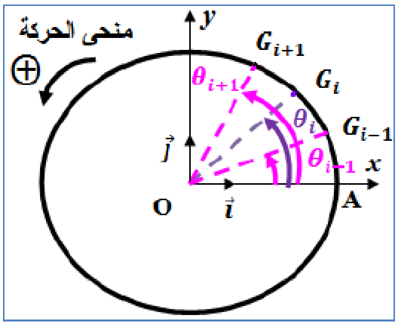


السرعة الزاوية المتوسطة ω_{moy} للنقطة G بين اللحظتين t_1 و t_2 هي :

$$\omega_{moy} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} .$$

وحدتها في (ن ع) هي الراديان على الثانية $rad.s^{-1}$.

3-2- السرعة الزاوية اللحظية :



السرعة الزاوية اللحظية ω_i هي خارج قسمة الزاوية التي تكسها متجهة الموضع على وحدة الزمن : $\omega_i = \frac{\delta\theta}{\delta t} = \frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$.

وحدتها في (ن ع) هي الراديان على الثانية $rad.s^{-1}$.

4-2- العلاقة بين السرعة الزاوية والسرعة الخطية :

لدينا
$$V_i = \frac{\widehat{G_{i-1}G_{i+1}}}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{\widehat{AG_{i+1}} - \widehat{AG_{i-1}}}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{s_{i+1} - s_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{R.\theta_{i+1} - R.\theta_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} = R.\frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

إذن $V_i = R.\omega_i$

ملحوظة :

أثناء دوران جسم صلب حول محور ثابت تكون لجميع نقطه في كل لحظة نفس السرعة الزاوية ω بينما تتزايد السرعة الخطية V كلما ابتعدنا عن محور الدوران .

3- حركة الدوران المنتظم :

1-3- تعريف :

تكون حركة الدوران لجسم صلب حول محور ثابت منتظمة إذا بقيت السرعة الزاوية ω لهذا الجسم ثابتة مع مرور الزمن . $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = Cte$

3-2- خاصيات الدوران المنتظم :

الدور هو المدة الزمنية اللازمة لكي تنجز نقطة من جسم صلب في حركة دوران منتظم دورة كاملة . $T = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow (s)$

التردد هو عدد الدورات التي تنجزها نقطة من جسم صلب في حركة دوران منتظم في الثانية . $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \rightarrow (Hz)$

الحالة	قيمة (Hz)
ذراع مروحة	5
أسطوانة آلة الغسيل	13,3
قرص مدمج	6,67
حركة الأرض حول محور قطبيها	$1,16.10^{-5}$

3-3- المعادلة الزمنية للحركة :

المعادلة الزمنية لحركة نقطة من جسم صلب في دوران منتظم حول محور ثابت هي $\theta(t) = \omega.t + \theta_0$

حيث θ_0 الأفصول الزاوي عند أصل التواريخ $t_0 = 0$.

المعادلة الزمنية لحركة نقطة من جسم صلب في دوران منتظم حول محور ثابت هي $s(t) = V.t + s_0$

حيث s_0 الأفصول المنحني عند أصل التواريخ $t_0 = 0$.

لدينا $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

و باعتبار $\Delta t = t - t_0$ مع $t_0 = 0$

و باعتبار $\Delta\theta = (t) - \theta_0$ فإن

$\omega = \frac{\theta(t)-\theta_0}{t}$

وبالتالي المعادلة الزمنية للحركة هي

$(t) = \omega.t + \theta_0$