

حركة دوران جسم صلب غير قابل للتشوه حول محور ثابت
Mouvement de rotation d'un corps solide indéformable autour d'un axe fixe

I - حركة الدوران حول محور ثابت

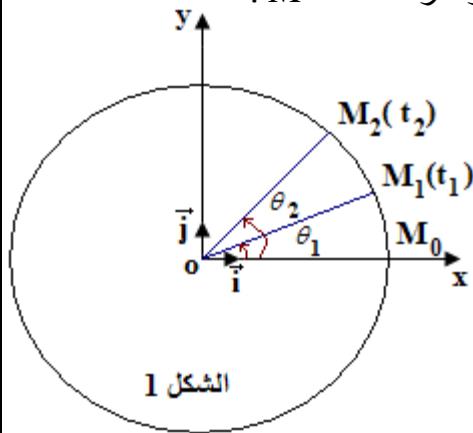
1 - تعريف:

تكون لجسم صلب غير قابل للتشوه حركة دوران حول محور ثابت ، إذا كانت كل نقطة من نقطه في حركة دائرية مرکزة على هذا المحور ، باستثناء النقط التي تنتهي إليه .

2 - معلومة نقطة من جسم صلب في دوران حول محور ثابت .

أ - الأقصول الزاوي: Abscisse angulaire:

لمعلومة النقطة M من جسم صلب في حالة دوران حول محور ثابت نختار معلمات متعامداً منظماً $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ ، بحيث ينطبق محور الدوران (Δ) مع المتجه \vec{k} وينطبق المستوى (\vec{i}, \vec{j}) مع مسار حركة النقطة M . ويمكن تعين موضع النقطة M في كل لحظة باستعمال الأقصول الزاوي θ .



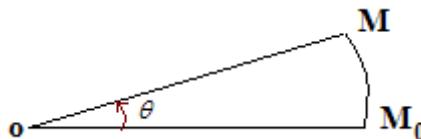
الشكل 1

بحيث: $\theta = \widehat{(\vec{Ox}, \vec{OM})}$

وحدة قياس الأقصول الزاوي في SI الراديان Radian رمزها: rad .

ب - الأقصول المنحني: Abscisse curviligne

نسمى الأقصول المنحني للنقطة المتحركة M في لحظة t المقدار الجبري s ، حيث: $s = \widehat{M_0 M}$ (أصل الأقصول المنحني) ، وحدة الأقصول المنحني في SI هي المتر m .



ج - العلاقة بين الأقصول الزاوي والأقصول المنحني .

$$m \rightarrow s = R \cdot \theta$$

R : شعاع المسار الدائري للنقطة المتحركة M .

II - السرعة الزاوية: Vitesse angulaire

1 - السرعة الزاوية المتوسطة (Moyenne)

موضع النقطة M عند اللحظة t_1 أقصولها الزاوي θ_1 ؛
موضع النقطة M عند اللحظة t_2 أقصولها الزاوي θ_2 .

خلال المدة $t_2 - t_1 = \Delta t$ تعبر النقطة M القوس $\widehat{M_0 M}$ ويدور الجسم بمتوجه الموضع \vec{OM} بالزاوية

$$(\widehat{\vec{OM}_1}, \widehat{\vec{OM}_2}) = \theta_2 - \theta_1$$

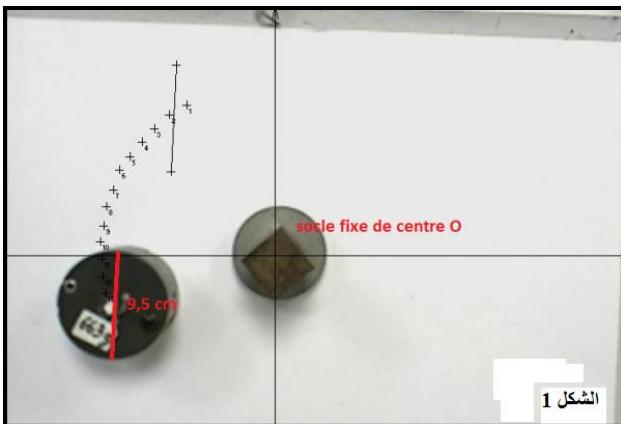
السرعة الزاوية المتوسطة ω للنقطة M بين التاريخين t_1 و t_2 هي:

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

2 - السرعة الزاوية اللحظية (Instantanée)

السرعة الزاوية ω_i عند اللحظة t_i تساوي السرعة الزاوية المتوسطة بين لحظتين جد متقاربتين t_{i-1} و t_{i+1} تؤطران اللحظة

$$\omega_i = \frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$



3 - العلاقة بين السرعة الخطية V والسرعة الزاوية ω .

نشاط تجريبي

الأهداف : - تحديد طبيعة الحركة؛

- التتحقق من العلاقة $V = R \cdot \omega$ ،

- التوصل إلى المعادلة الزمنية.

العدة التجريبية: منضدة هوائية ولوازمها - خيط غير مرن.

المناولة

يمثل الشكل 1 التركيب التجاري المستعمل، وهو يتكون من حامل ذاتي مزود بمفجر جانبي. المجموعة المكونة للجسم الصلب (حامل ذاتي + مفجر جانبي) يمكنها الدوران حول محور ثابت (Δ)

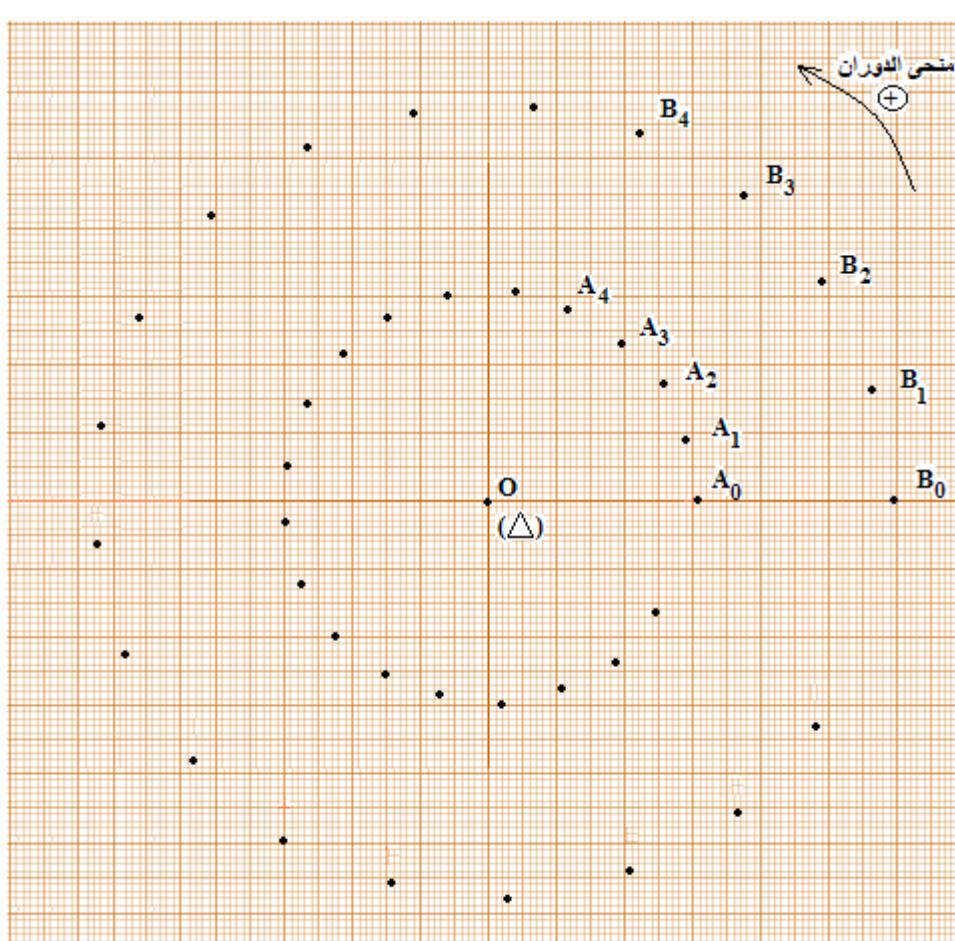
يتنمي للقطعة المعدنية ويمر من مركز تماثلها.

تضييق أفقية المنضدة الهوائية بالاعتماد على الحامل الذاتي.

نربط الجسم الصلب بواسطة خيط غير مرن.

نعمل على أن يكون المفجران المركزي A والجانبي B ، والنقطة O التي تنتمي للمحور (Δ) ، على استقامة واحدة.

نرسل الجسم الصلب ونسجل حركة النقطتين A و B أثناء مدد زمنية متتالية ومتساوية قيمتها τ الشكل 2.



شكل 2 التسجيل بالسلم $\frac{1}{2} \tau$ لحركة النقطتين A و B $\tau = 40\text{ms}$

استثمار 1 : السرعة الخطية - السرعة الزاوية - طبيعة الحركة.

1 - بين أن حركة النقط A و B دائرية.

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

3 - احسب قيمة السرعة V_A للنقطة A و قيمة السرعة V_B للنقطة B .

4 - مثل بنفس السلم المتجهتين \bar{V}_A و \bar{V}_B وقارنهما من حيث الطول. ماذا تستنتج؟

5 - بواسطة منقلة قس الزاوية المكسوحة $\Delta\theta_A$ من طرف النقطة A بين اللحظتين t_{i-1} و t_{i+1} ثم الزاوية $\Delta\theta_B$ المكسوحة من طرف النقطة B خلال نفس المدة الزمنية τ . $\Delta t = t_{i+1} - t_{i-1}$

6 - قارن $\Delta\theta_A$ و $\Delta\theta_B$. ماذا تستنتج؟

$$7 - \text{نعرف السرعة الزاوية لنقطة } M \text{ في حركة دائرية مركزها } O \text{ عند اللحظة } t_i \text{ بالعلاقة: } \omega_i = \frac{\Delta\theta}{t_{i+1} - t_{i-1}} \text{ حيث } \Delta\theta$$

الزاوية بالراديان (rad) المكسوحة من طرف القطعة OM بين اللحظتين t_{i-1} و t_{i+1} و تسمى زاوية دوران الجسم الصلب.

احسب السرعة الزاوية ω_A للنقطة A و السرعة الزاوية ω_B للنقطة B في مواضع مختلفة. ماذا تستنتج؟

8 - المجموعه المكونه من الحامل الذاتي والمفترج الجانبي في حركة دوران منتظم حول محور ثابت (Δ) يمر من النقطة O اقترح مما سبق تعريفا لحركة الدوران المنتظم.

استثمار 2 : التحقق من العلاقة $V = R \cdot \omega$

9 - عين الشعاع R_A لمسار النقطة A والشعاع R_B لمسار النقطة B .

10 - اختر مواضع مختلفة للنقط A و B و احسب لكل موضع المقدار $R\omega$ وقارنه مع السرعة اللحظية V . ماذا تستنتج؟

استثمار 1

1 - بما أن المسار دائري فإن حركة النقط A و B دائرتين.

2 - المسافات المقطوعة من طرف كل نقطة خلال نفس المدة الزمنية Δt متساوية، نستنتج إذن أن السرعة ثابتة وحركة كل نقطة دورانية منتظمة.

3 - حساب السرعة V_A للنقطة A والسرعة V_B للنقطة B :

4 - تمثيل \vec{V}_A و \vec{V}_B حسب السلم:

نلاحظ أن \vec{V}_B أطول من \vec{V}_A ، ومنه نستنتج أن لل نقطتين A و B سرعتين خطيتين مختلفتين.

$$5 - \Delta\theta_A =$$

$$\Delta\theta_B =$$

6 - $\Delta\theta_A = \Delta\theta_B$ ، نستنتج أن لجميع نقط الجسم الصلب نفس الأقصوص الزاوي في نفس اللحظة.

7 -

نلاحظ أن $\omega_B = \omega_A$ ، إذن لل نقطتين A و B نفس السرعة الزاوية.

8 - تكون حركة دوران جسم صلب حول محور ثابت منتظمة إذا بقيت السرعة الزاوية ω لهذا الجسم ثابتة مع مرور الزمن $\omega = C^{te}$.

استثمار 2 :

9 -

10 -

نلاحظ أن $V_B = R_B \cdot \omega_A$ و $V_A = R_A \cdot \omega_A$.

نستنتج أنه بالنسبة لجميع نقط الحامل الذاتي والمفترج الجانبي تتحقق العلاقة: $V = R \cdot \omega$

أثناء دوران جسم صلب حول محور ثابت، تكون لجميع نقطه في كل لحظة نفس السرعة الزاوية ω بينما تختلف سرعاتها الخطية.

تمرين تطبيقي:

قطر دوار منوب لمحطة نووية $2,2m$ عند تشغيله ينجز الدوار حركة دوران حول محور ثابت بسرعة زاوية قيمتها 25 دورة في الثانية.

1 - عبر عن السرعة الزاوية للدوار بالوحدة $rad.s^{-1}$.

2 - احسب قيمة السرعة الخطية لنقطة M توجد على الجانب الخارجي للدوار.

III - حركة الدوران المنتظم

1 - تعريف:

تكون حركة الدوران لجسم صلب ثابت حول محور ثابت منتظم إذا بقيت السرعة الزاوية ω لهذا الجسم ثابتة مع مرور الزمن

$$\omega = C^{\text{te}}$$

2 - خصائص الدوران المنتظم:

أ - الدور Période T

الدور T هو المدة الزمنية اللازمة لكي تنجز نقطة من جسم صلب في حركة دوران منتظم دورة كاملة.

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

$$\Delta\theta = \Delta t \times \omega$$

$$\Delta\theta = 2\pi$$

وحدة الدور في SI هي الثانية s.

ب - التردد f Fréquence f

تردد حركة الدوران المنتظم لجسم صلب هو عدد الدورات التي تنجزها نقطة من هذا الجسم في الثانية:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

وحدة التردد في SI هي الهرتز Hertz رمزها Hz.

استئنار 3 : المعادلة الزمنية للحركة: $\theta = f(t)$

نعتبر مسار النقطة A ونختار الاتجاه المرجعي OX الذي يمر من النقطة A_0 .

نحدد كل موضع بالأقصول الزاوي θ_i حيث $\theta_i = (\overrightarrow{OX}, \overrightarrow{OA}_i)$

نختار اللحظة التي سُجل فيها الموضع A_2 أصلاً للتاريخ $t = 0$ (الشكل 3).

11 - دون في جدول قيم الزوج (t, θ) التي تحدد موضع النقطة A.

12 - مثل بسلم مناسب المنحنى الذي يمثل الدالة $\theta = f(t)$.

13 - تمثل معادلة الدالة $\theta = f(t)$ المعادلة الزمنية لحركة النقطة A. أوجد الصيغة الرياضية لهذه المعادلة.

14 - أوجد تعبير هذه المعادلة وأعط المدلول الفيزيائي للمقادير الفيزيائية الواردة فيها.

15 - إذا تم اختيار لحظة تسجيل A_0 أصلاً لعلم الزمن، كيف تصير المعادلة الزمنية لحركة النقطة A؟

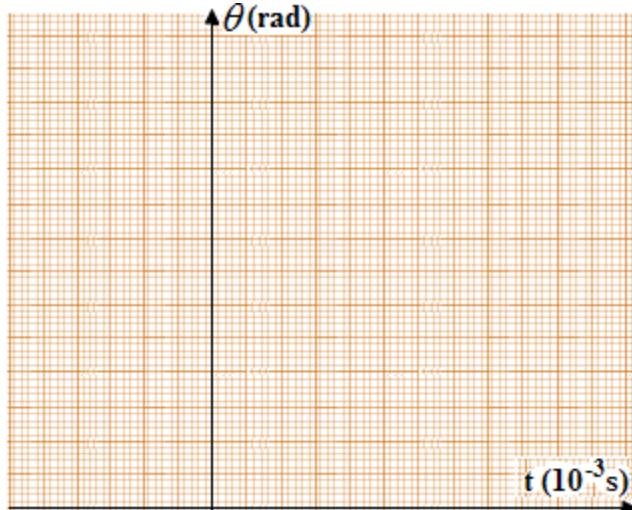
16 - يمكن أن نثبت معادلة زمنية أخرى إذا ما ملمنا النقطة A بقياس طول القوس $S = A_0 A_i$ الذي يمثل الأقصول المنحنى للنقطة A_i .

شكل 3 التسجيل بالسلم $\frac{1}{2}$ لحركة النقطة A $\tau = 40\text{ms}$

نحتفظ بنفس التسجيل شكل 3 والموضع A_2 أصلاً لعلم الزمن $(t = 0)$ باعتمادك الأسئلة 11 - 12 - 13 - 14 وبتغيير الدالة $S = f(t)$ بالدالة $S = f(t)$ أعط تعبير المعادلة الزمنية لحركة في هذه الحالة.

(11)

A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	المواضع
								الزمن (s) 10^{-3}
								$\theta(^{\circ})$
								$\theta(\text{rad})$



$$\omega =$$

$$\theta_0 =$$

$$\theta(t) = \dots \cdot t$$

$$\theta(t) = \omega t$$

$$\theta(t) = \dots \cdot t + \dots \cdot \dots$$

12) خط المنحني $\theta = f(t)$ السلم:

13) الصيغة الرياضية: $\theta = at + b$

$$a = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (14)$$

لها أبعاد السرعة الزاوية إذن $a = \omega$

وبالتالي نكتب: $\theta = \omega t + b$

نحسب: b

$$\theta(t=0) = \theta_0 = \omega \times 0 + b \quad : t=0$$

$$b = \theta_0$$

إذن: θ_0 الأقصول الزاوي للنقطة المتحركة A عند $t=0$

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

تع:

$t = 0$: الأقصول المنحني عند s_0
 V : السرعة الخطية للنقطة المتحركة.

$$s(t) = Vt + s_0 \quad \text{وبالتالي:}$$

$$V =$$

$$s_0 =$$

$$s(t) =$$

تع:

تعليم:

المعادلة الزمنية هي العلاقة التي تربط الأقصول الزاوي θ أو الأقصول المنحني s للنقطة المتحركة في معلم الفضاء و t لحظة ملاحظتها في معلم الزمن، أي الدالة $\theta = f(t)$ أو $s = g(t)$.

نعبر عن حركة نقطة متحركة لجسم صلب غير قابل للتشويه في حركة دوران منتظم حول محور ثابت بإحدى العلاقات:

$$s(t) = Vt + s_0 \quad \text{أو} \quad \theta(t) = \omega t + \theta_0$$