كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة : ميكانيك فيزيائي٢

المحاضرة : الخامسة /نظري/كتابة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

حركة الجسم الصلب:

الجسم الصلب: هو مجموعة من النقاط المادية تفصل بينهم مسافات ثابتة.

* إذا كانت جملة المحاور $oxyz$ متحركة متماسكة مع الجسم الصلب فإن السرعة النسبية و التسارعات النسبية لنقاط الجسم معدومة.

* أما بالنسبة لجملة المحاور الثابتة $OXYZ$ فإن السرعة و التسارع أي نقطة M من نقاط الجسم الصلب تعطى بالعلاقات:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

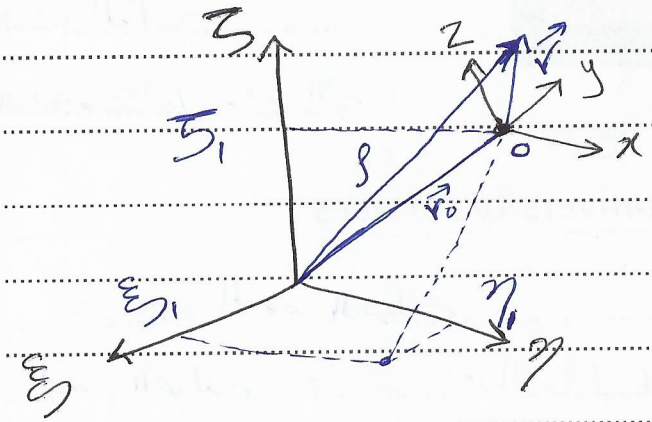
$$\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{\omega} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

حيث موضع النقطة M من الجسم بالنسبة للجملة الثابتة $OXYZ$ (O: مبدأ، X: إيتا، Y: زيتا، Z: أي)

$$\vec{\rho} = \vec{r}_0 + \vec{r}$$

$$\vec{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z$$

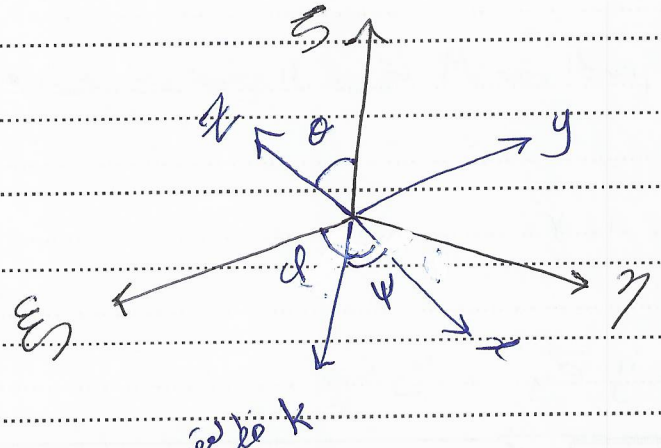
مكتبة A to Z - كلية العلوم (جامعة طرطوس) - TEL:0931497960



ملاحظة: وجد أنه أفضل طريقة لتعريف الاتجاهات بالسمت زوايا أويلر.

* يحدد وضع الجسم الصلب بالنسبة للجملة الثابتة بستة مقادير مستقلة ثلاثة منها يحدد وضع مبدأ الجملة المتحركة (o) بإحداثيات $\xi_0\ \eta_0\ \zeta_0$ (الذي يدعى القطب) وثلاثة زاويا تحدد توجيه محاور $oxyz$ بالنسبة لمحاور $o\varepsilon\eta\zeta$ ويقال أن الجسم الصلب ستة درجات حرية ثلاثة مكانيات (القطب) وثلاثة دوران.

يحدد توجيه $oxyz$ بالسمت زوايا أويلر (أودن) $\varphi\ \theta\ \psi$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* هنا نتدور بزاوية φ ثم نتدور حول خط العقد بزاوية θ ونقوم بتدوير خط العقد حول المحور Z بزاوية بداي ψ فينتقل خط العقد إلى الحالة النهائية لـ x.

* ما هي هي: خط العقد معامد لكل من زيدينا Z, 5

* يدعى المستقيم ok الناتج من تقاطع المستويين η و oxy يدعى خط العقد وهو معامد لكل من المحورين oz, o5

* الزاوية φ زاوية أولر الأولى هي الزاوية بين o5 و ok (خط العقد) و تنتج من دوران حول المحور oz.

* الزاوية θ هي الزاوية بين oz و o5 وهي نتيجة دوران حول ok (خط العقد).

* الزاوية ψ هي الزاوية بين ok و ox وهي نتيجة دوران حول المحور oz.

* نرمز لشعاع الواحدة لخط العقد e_k.

* يمكن التعبير عنه كشعاع هادي لشعاع واحدة وزاوية من زوايا أولر حيث يمكن التعبير عن شعاع الواحدة لخط العقد من خلال هذه

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\vec{e}_k = \frac{\vec{e}_5 \cdot \vec{e}_3}{\sin \varphi}$$

الزاوية:

الحركات البسيطة للجسم الصلب:

(1-) الحركة الانسحابية: وهي الحركة التي يتحرك فيها أي مستقيم من الجسم الصلب موازياً لنفسه خلال حركة جسمه وتكون سرعة جميع نقاط الجسم الصلب متساوية وبالتالي تكون متجهات العاصمة ثابتة الاتجاه وزوايا أويلر ثابتة وهنا تكفي معرفة حركة نقطة واحدة من الجسم (القطب O) مثلاً لمعرفة حركة الجسم ككل.

(2-) الحركة الدورانية: في هذه الحركة يتغير توجيه محاور الجملة $oxyz$ أو بعضها بالنسبة للجملة الثابتة بينما يعتبر فيها موضع القطب O ثابتاً.

وعملياً في هذه الحالة نميز حالتين:

1-P اتجاه $\vec{w}$ ثابت: يأخذ المحور oz منطبق على اتجاه $\vec{w}$

$$\vec{w} = \dot{\psi}\,\vec{e}_3$$

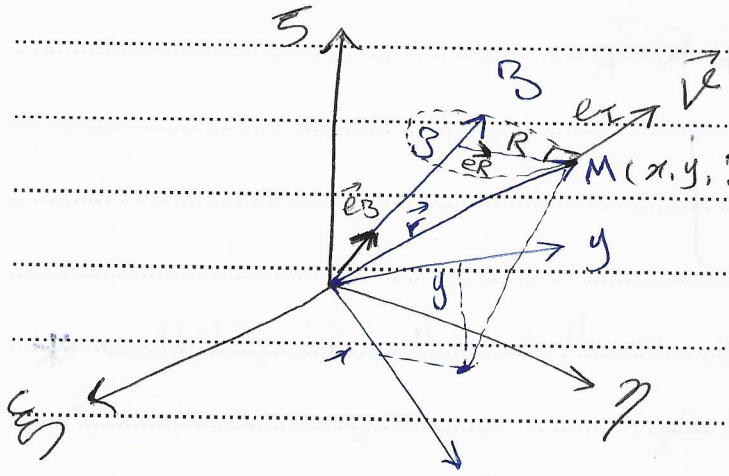
بينما التسارع الزاوي:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{w}}{dt} = \frac{d\dot{\psi}}{dt}\vec{e}_3 \Rightarrow \ddot{\psi}\,\vec{e}_3$$

تدعى هذه الحركة بالحركة الدورانية حول محور ثابت.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* تكون مسارات نقاط الجسم في هذه الحالة (دوران حول محور ثابت) عبارة عن دوائر مركزها على محور الدوران oZ



$$R = \sqrt{x^2+y^2}$$

$$\vec{r} = z\vec{e}_3 + R\vec{e}_R$$

$$\vec{e}_T = \vec{e}_3 \times \vec{e}_R$$

بالاعتماد على تعريف سرعة الجسم

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} = \dot{\psi}\vec{e}_3 \times (z\vec{e}_3 + R\vec{e}_R)$$

$$= z\dot{\psi}\vec{e}_3 \times \vec{e}_3 + \dot{\psi}R\vec{e}_3 \times \vec{e}_R$$

$$\Rightarrow \vec{v} = \dot{\psi}R\vec{e}_T$$

بالنسبة للتسارع

$$\vec{a} = \ddot{\psi}\vec{e}_3 \times (z\vec{e}_3 + R\vec{e}_R) + \dot{\psi}\vec{e}_3 \times [\dot{\psi}\vec{e}_3 \times (z\vec{e}_3 + R\vec{e}_R)]$$

$$= \ddot{\psi}R\vec{e}_3 \times \vec{e}_R + \dot{\psi}\vec{e}_3 \times (\dot{\psi}R\vec{e}_T)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$= \ddot{\psi} R \vec{e}_t + \dot{\psi}^2 R \vec{e}_g + \vec{e}_t$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \ddot{\psi} R \vec{e}_t - \dot{\psi} R \vec{e}_R$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{a} = R\sqrt{\ddot{\psi}^2 + \dot{\psi}^4}}$$

* وبالتالي تكون السرعة المماسية تنطبق إما التسارع يكون تسمى مماسي فقط $\ddot{\psi} R \vec{e}_t$

وتسارع الناظمي (مركزي) اتجاه محور الدوران $-\dot{\psi}^2 R \vec{e}_R$

بـ) اتجاه $\vec{\omega}$ و $\vec{\varepsilon}$ غير ثابت: وتدعى هذه الحركة بالدوران حول نقطة ثابتة

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad , \quad \vec{a} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

* بأن الجملتين لهما نفس المبدأ وبالتالي سنعتبر موضع لنقطة ما هو نفسه في كل من الجملتين الثابتة والمتحركة

$$\vec{\rho} = \vec{r}_o + \vec{r}$$

$$\vec{v} = v_x \vec{e}_x + v_y \vec{e}_y + v_z \vec{e}_z$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$v_x\vec{e}_x + v_y\vec{e}_y + v_z\vec{e}_z = \begin{vmatrix} \vec{e}_x & \vec{e}_y & \vec{e}_z \\ w_x & w_y & w_z \\ x & y & z \end{vmatrix}$$

بفك المحدد حسب طريقة الطرفين:

$$(*)\begin{cases} v_x = w_y z - w_z y \\ v_y = w_z x - w_x z \\ v_z = w_x y - w_y x \end{cases}$$

وهذه العلاقات (*) تدعى صيغ أويلر.

* يعين المتجه عن مركبات سرعة نقطة بدلالة إحداثيات النقطة x, y, z ومركبات متجه السرعة الزاوية w_x, w_y, w_z وبحيث النظر إلى هذه المسألة (دوران حول نقطة ثابتة) وكأن الجسم يدور في كل لحظة حول محور لحظي (آني) بسرعة زاوية $\vec{w}$ بحيث أنه من أجل نقاط الجسم الواقعة على هذا المحور اللحظي (المار من القطب الثابت)

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

وبكون هذه النقاط الواقعة على محور الدوران سرعتها معدومة و
بالتالي يمكن تعريف المحور الآني للدوران بأنه المحل الهندسي
للنقاط المجموعة السرعة في لحظة ما وتغير من لحظة إلى
أخرى لذا يدعى آني وبالتالي:

بالنسبة للمحور الآني:

$$W_{yz} = W_{zy} = \frac{W_y}{y} = \frac{W_z}{z}$$

$$W_{zx} = W_{xz} = \frac{W_z}{z} = \frac{W_x}{x}$$

$$\Rightarrow \frac{W_x}{x} = \frac{W_y}{y} = \frac{W_z}{z}$$

مع الزمن فإن W يتغير وبالتالي المحور اللحظي يتغير في الفراغ مع
ثبات القطب (o) المحور اللحظي للدوران يرسم مخروط في الحالة الحركية
يدعى المخروط المتدحرج.

في $\xi\ \eta\ \zeta$

$$\vec{V} = V_{\xi\eta\zeta}\vec{e}_{\xi\eta\zeta} + V_\eta \vec{e}_\eta + V_\zeta \vec{e}_\zeta$$

$$W = W_{\xi\eta\zeta} \cdot W_\eta \cdot W_\zeta$$

$$\vec{V} = \vec{P} = \xi\vec{e}_{\xi\eta\zeta} + \eta\vec{e}_\eta + \zeta\vec{e}_\zeta \Rightarrow \boxed{\frac{W_\xi}{\xi} = \frac{W_\eta}{\eta} = \frac{W_\zeta}{\zeta}}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z