كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة : ميكانيك فيزيائي٢

المحاضرة : الثانية /نظري/كتابة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

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

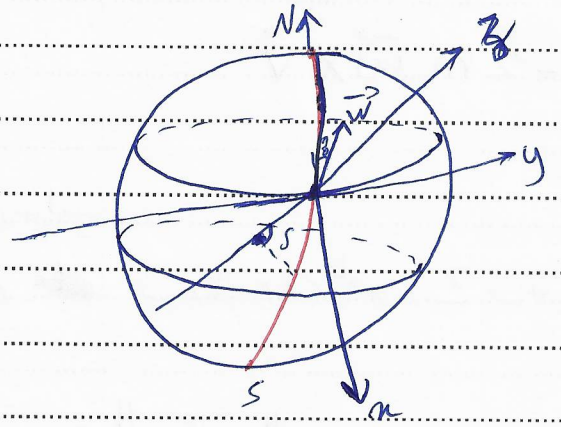
- ركة جسم بالنسبة للأرض

نقطة نقطة مادية تتحرك على سطح الأرض من ارتفاع قليل نسبياً (حيث أن تسارع الجاذبية الأرضية ثابت) وسنهمل مقاومة الهواء.

المحور x مماس لسطح الأرض (خط الطول) يتجه نحو الجنوب.

المحور y يتجه نحو الشرق ومماس لخط العرض

المحور z يتجه نحو الأعلى.



* لدراسة سقوط النقطة المادية بالنسبة للجملة المختارة يجب أخذ قوى العطالة F_{ie} و F_{ic} بعين الاعتبار بالإضافة لقوة جذب الأرض

* نلاحظ أن قوة العطالة الجريئة بالنسبة لهذه الحالة قوة الجاذب المركزي $m.w^2.r$ باعتبار أن القيمة المطلقة لـ F_e تساوي تقريباً حركة الأرض حول الشمس مهملة.

m: كتلة نقطة مادية.

* إن الأرض حول محورها تتم خلال 24 ساعة إلا ٤ دقائق

وبالتالي: $w = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \times 3600} \simeq 0,000073$ rad/sec

بما أن $F_e = w^2 r$ قوة العطالة الجريئة متناسبة مع مربع w^2 فيمكن إهمال تأثيرها أما كوريوليس F_c فهي متناسبة مع $\vec{w}$

$$\vec{F_c} = -2m\vec{w} \times \vec{v}$$

بناءً على تعريف كوريوليس

في حال سقوط جسم يسقط على المحور Z ويتجه نحو الأسفل.

المعادلة الأساسية للحركة النسبية:

$$m\vec{w} = \vec{F} + \vec{F_c} + \vec{F_e}$$

($\vec{F}$: قوة الثقل، $\vec{F_e}$: مهملة لصغرها)

$$m\vec{w} = m\vec{g} + \vec{F_c} \Rightarrow m\vec{w} = m\vec{g} - m\vec{w_c}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

نسقط هذه المعادلة على المحاور الإحداثية الثلاثة:

$m\vec{w}_c$: تسقط على المحور ox فتعطي:

$$m\ddot{x} = -m.w_{cx}$$

$m\vec{g}$: تسقط على المحور oy فتعطي:

(★) معادلات الحركة

$$m\ddot{y} = -m.w_{cy}$$

$m\vec{w}$: تسقط على المحور oz فتعطي:

$$m\ddot{z} = -mg - m.w_{cz}$$

$$\vec{w}_c = 2\vec{w} \times \vec{v} = 2 \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ -w\cos\delta & 0 & w\sin\delta \\ \dot{x} & \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix}$$

$$\Rightarrow w_{cx} = -2w\dot{y}\sin\delta$$

$$w_{cy} = 2w[\dot{z}\cos\delta + \dot{x}\sin\delta]$$

$$w_{cz} = -2w\dot{y}\cos\delta$$

بتعويض المركبات w_c في معادلات الحركة (★) والإسقاط على M:

$$\ddot{x} = 2w\dot{y}\cos\delta$$

$$\ddot{y} = -2w[\dot{z}\cos\delta + \dot{x}\sin\delta]$$

$$\ddot{z} = -g + 2w\dot{y}\cos\delta$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

بمكاملة المعادلات بالنسبة للزمن:

$$\dot{x} = 2w\sin\delta\, y + a_1$$
$$\dot{y} = -2w(z\cos\delta + x\sin\delta) + a_2 \quad (3)$$
$$\dot{z} = -gt + 2w\cos\delta + a_3$$

حيث تحدد الثوابت التكامل a_3 و a_2 و a_1 من شروط البدء بالتجربة وسنفرض أنه عندما $t=0$ كانت إحداثيات النقطة هي:

$$x_0 = y_0 = z_0 = 0$$

ومركبات السرعة الابتدائية لنقطة مادية:

$$\dot{x} = \dot{y} = \dot{z} = 0$$

ملاحظة: المعادلات نفسها نطرحها في حالات مختلفة ليس من شروط البدء فقط.

بتعويض قيم الثوابت:

$$\dot{x} = 2w\, y\sin\delta$$
$$\dot{y} = -2w(z\cos\delta + x\sin\delta) \quad (3')$$
$$\dot{z} = -gt + 2w\, y\cos\delta$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

- التقريب الصفري: نهمل فيه $w=0$ نعوض في المعادلات (3)'

$$\dot{x}=0 \quad , \quad \dot{y}=0 \quad , \quad \dot{z}=-gt$$

بكاملة بالنسبة للزمن مع أخذ شروط البدء بعين الاعتبار:

$$x=0 \quad , \quad y=0 \quad , \quad z=-gt$$

(3)' نعوض هذا الحل التقريب الصفري في الطرف الأيمن من المعادلات

فنحصل على المعادلات التالية:

$$\Rightarrow \dot{x}=0 \quad , \quad \dot{y}=wg\cos\delta\, t^2 \quad , \quad \dot{z}=-gt \quad \ldots(4)$$

التقريب الأول: بكاملة المعادلات (4) بالنسبة للزمن:

$$x=0 \quad , \quad y=\frac{1}{3}wg\cos\delta\, t^3 \quad , \quad z=-\frac{1}{2}gt^2$$

التقريب الثاني: نقوم بتعويض قيم x, y, z الناتجة من التقريب الأول في الطرف الأيمن من المعادلات (3)' فنحصل على معادلات تفاضلية أكثر دقة وسهل حلها بكاملة بالنسبة للزمن مع الأخذ بعين الاعتبار شروط البدء فنحصل على معادلات أكثر دقة

$$\dot{x}=\frac{2}{3}w^2gt^3\sin\delta\cos\delta$$

$$\dot{y}=wt^2\cos\delta$$

$$\dot{z}=-gt+\frac{2}{3}gw^2t^3\cos^2\delta$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

بالكاملة بالنسبة للزمن مع أخذ شرط الاعتبار:

$$x = \frac{1}{6} g w^2 t^4 \sin\delta \cos\delta$$

$$y = \frac{1}{3} g w t^3 \cos\delta$$

$$z = -\frac{1}{2} g t^2 + \frac{1}{6} g w^4 t^4 \cos^2\delta$$

- أثبت أن المعادلات المتقاطعة يمكن كتابتها بالشكل التالي.

* من أجل زاوية عرض $\delta = 56°$ ، $g = 9.82$ ، $h = 100m$

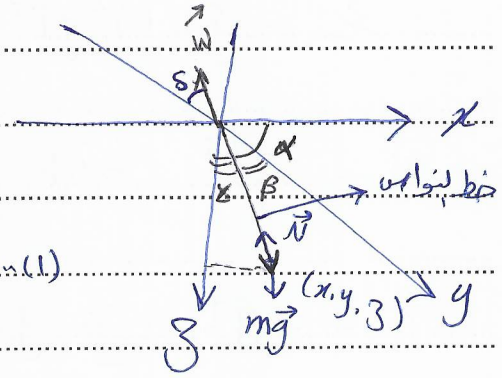
يكون الانحراف على y: $1,2\ cm$

* بندول فوكو: هو بندول بسيط طوله L تؤثر عليه قوة الثقالة الأرضية mg وقوة توتر الخيط $\vec{N}$ وقوة كوريوليس العطالية $\vec{F_c}$.

* لنستدرس بندول فوكو عند خط العرض زاوية δ وذلك في جملة الإحداثيات ξ و y و x بحيث ox مماس لخط العرض ويقع في الشرق، oy مماس لخط الطول ويقع في الجنوب بينما oz شاقولي ولكن يقع خلف x.

$$m\vec{w} = \vec{F} + \vec{N} + \vec{F_c}$$

$$\Rightarrow \boxed{m\vec{w} = m\vec{g} - 2m\vec{w} \times \vec{v} + \vec{N}} \quad ...(1)$$



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

من الشكل نلاحظ أن مركبات $\vec{\omega}$:

$\vec{\omega}_x = 0$, $\vec{\omega}_y = -\omega \cos\delta$,

$\vec{\omega}_z = -\omega \sin\delta$

$$\Rightarrow \vec{\omega} \times \vec{V} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & -\omega\cos\delta & -\omega\sin\delta \\ \dot{x} & \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix}$$

$$= (-\omega \dot{z} \cos\delta + \omega \dot{y} \sin\delta)\vec{i} - \omega \dot{x} \sin\delta \vec{j} + \omega \dot{x} \cos\delta \vec{k}$$

مركبات $\vec{N}$ بدلالة زوايا توجيه خط البواسن α و β و γ

$N_x = -N\cos\alpha$

$N_y = -N\cos\beta$

$N_z = -N\cos\gamma$

من معطيات المسألة وبالشكل:

$\cos\alpha = \frac{x}{L}$, $\cos\beta = \frac{y}{L}$, $\cos\gamma = \frac{z}{L}$

بتعويض ما سبق في المعادلة (1) والإسقاط على المحاور الإحداثية ينتج:

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\Rightarrow m\ddot{x} = -2mw(\dot{y}\sin\delta - \dot{z}\cos\delta) - \frac{Nx}{L}$$

$$m\ddot{y} = 2mw\dot{x}\sin\delta - N\frac{y}{L} \quad (2)$$

$$m\ddot{z} = mg - 2mw\dot{x}\cos\delta - N\frac{z}{L}$$

* إن حل هذه المعادلات التفاضلية في الحل العام معقد لذا سنقوم بإيجاد حل تقريبي في جوار أخفض نقطة يصل إليها النواس أي جوار النقطة (o,o,L) حيث يكون $z=\dot{z}=\ddot{z}=0$ ويكون لقوة التوتر N مركبة فقط على المحور Z من هذه الشروط نعوض N بالمعادلة (2) ونقسم على M:

$$\ddot{x} = -2wy\sin\delta - g\frac{x}{L} \quad \ldots(1)$$

$$\ddot{y} = 2wx\sin\delta - g\frac{y}{L} \quad \ldots(2)$$

نضرب (1) بـ $\ddot{y}$ و (2) بـ $\ddot{x}$ ونطرح من بعضهما:

$$\Rightarrow x\ddot{y} - y\ddot{x} = 2w(x\dot{x} + y\dot{y})\sin\delta$$

* بما أن الإحداثيات الأسطوانية تبدأ من الإحداثيات الديكارتية نضع بالشكل:

$$\rho^2\dot{\varphi} = w\sin\delta\,\rho^2$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$\Rightarrow \dot{\phi} = \omega \sin\delta$

δ : له علاقة بزاوية خط العرض.

ϕ : الزاوية التي يصنعها مستوي النواسان مع المحور x.

بكاملة هذه العلاقة نجد:

$$\phi = \omega \sin\delta t \quad \ldots(*)$$

- زاوية النواسان تتغير بالنسبة للزمن من خلال العلاقة (*)

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega \sin\delta}$$

T: دور مستوي النواسان

ملاحظة: إذا كنا بالقطب الشمالي يدور مستوي النواسان 90° أي $\sin\delta = 1$ دورة كاملة.

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T \to \text{يوم}}$$

ω سرعة دوران.

والعكس كذلك الأمر:

أما في خط الاستواء صفر أي $\sin 0 = 0$,

$$\Rightarrow T = \infty$$

في خط الاستواء مستوي النواسان يبقى كما هو.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة