تمهيد الميكانيك

علم الحركة:

يتناول **المقادير الفيزيائية المتعلقة بالحركة** مثل الزمن السرعة والتسارع وكذلك **أنواع الحركات** دون التطرق لمسببات الحركة

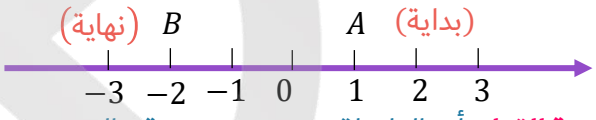
المقادير الخطية

الفاصلة: تعبير للدلالة على البعد بين نقطة من المحور الموجه ومبدأ الإحداثيات (O) وتقرن بالإشارة $(+)$ للقياس بالاتجاه الموجب للمحور وبالإشارة $(-)$ للقياس بالاتجاه السالب للمحور

مثل:

$$AB = x_B - x_A = (-2) - (+1) = -3\ m$$

وتدل الإشارة السالبة على أننا نسير بالتجاه السالب للمحور.



زبدة القول: أي الفاصلة تفيد بتحديد موقع الجسم بالنسبة للمحور

السرعة الخطية (اللحظية) v تعبر عن تغير صغير جداً في الفاصلة خلال فاصل زمني صغير جداً.

$$\bar{v} = \frac{d\bar{x}}{dt} = (\bar{x})'_t$$

رياضياً: السرعة هي المشتق الأول للفاصلة بالنسبة للزمن

التسارع الخطي (اللحظي) a نحصل عليه من تغير قيمة السرعة بمقدار صغير dv عندما يبلغ الفاصل الزمني قيمة صغيرة جداً dt ويعبر عنه بالعلاقة:

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = (\bar{v})'_t = (\bar{x})''_t$$

رياضياً: التسارع هو المشتق الأول للسرعة بالنسبة للزمن وهو المشتق الثاني للفاصلة بالنسبة للزمن

أنواع الحركات: (وفقاً لشكل المسار)

الاهتزازية	الدائرية	المستقيمة

الحركة المستقيمة

الحركة المستقيمة المنتظمة: هي حركة مسارها مستقيم، يقطع فيها المتحرك مسافات متساوية خلال فواصل زمنية متساوية
سرعتها ثابتة: $v = const$ تسارعها معدوم
تابع الفاصلة :

$$x = vt + x_0$$

الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام: حركة مسارها مستقيم, سرعتها متغيرة, تسارعها ثابت.

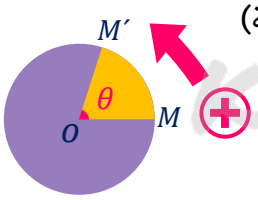
تابع السرعة: $v = a.t + v_0$

تابع الفاصلة: $x - x_0 = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$

العلاقة الخالية من الزمن: $v^2 - {v_0}^2 = 2ad$

المقادير الزاويّة

الفاصلة الزاوية $(\bar{\theta})$ هي القياس الجبري للزاوية التي يمسحها نصف القطر r أو القياس الجبري للزاوية المركزية $(M_0\hat{O}M)$ وواحدتها rad.
وتقرن بالإشارة $(+)$ للقياس بالاتجاه الموجب للدوران (عكس جهة دوران عقارب الساعة)
وبالإشارة $(-)$ للقياس بالاتجاه السالب للدوران (مع جهة دوران عقارب الساعة)



السرعة الزاوية $(\bar{\omega})$ هي معدل تغير الفاصلة الزاوي $d\bar{\theta}$ التي يمسحها نصف القطر خلال فاصل زمني معين dt ويعبر عنها بالعلاقة:

$$\bar{\omega} = \frac{d\bar{\theta}}{dt} = (\bar{\theta})'_t$$

وتقاس في الجملة الدولية بواحدة $rad.s^{-1}$

رياضياً: السرعة الزاوية هي المشتق الأول للفاصلة الزاوية بالنسبة للزمن

KENANA SHAMMOUT

التسارع الزاوي (اللحظي) $\bar{\alpha}$ نحصل عليه من تغير قيمة السرعة الزاوية بمقدار صغير $d\omega$ عندما يبلغ الفاصل الزمني قيمة صغيرة جداً dt ويعبر عنه بالعلاقة:

$$\bar{\alpha} = \frac{d\bar{\omega}}{dt} = (\bar{\omega})'_t = (\bar{\theta})''_t$$

رياضياً: التسارع الزاوي هو المشتق الأول للسرعة الزاوية بالنسبة للزمن وهو المشتق الثاني للفاصلة بالنسبة للزمن

الحركة الدائرية

ملاحظة مهمة: المقادير المتعلقة بالحركة الدائرية هي مقادير خطية ومقادير زاوية
لذلك سنذكر المقادير الخطية المتعلقة بالحركة الدائرية

الفاصلة الدائرية: $(\bar{S})$ هي القياس الجبري لطول القوس M_0M وواحدتها متر (m)

السرعة الخطية: $(\bar{v})$ هي مماس للمسار الدائري وواحدتها $(m.s^{-1})$ وتكون عمودية على نصف القطر.

التسارع الخطي: $(\bar{a})$ له مركبتان

التسارع المماسي: يكون محمول على المماس للمسار ويعبر عن تغير القيمة الجبرية لشعاع السرعة بتغير الزمن

$$\bar{a}_t = \frac{d\bar{v}}{dt} = (\bar{v})'_t$$

زبدة القول: أي عندما تكون قيمته معدومة فالسرعة ثابتة
وعندما تكون قيمته غير معدومة فالسرعة تزداد أو تنقص

التسارع الناظمي: يكون محمول على الناظم عند النقطة المدروسة للمسار ويعبر عن تغير حامل شعاع السرعة بتغير الزمن

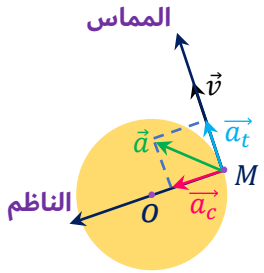
$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

زبدة القول: أي عندما تكون قيمته معدومة فحامل شعاع السرعة لا يتغير أي الحركة مستقيمة
وعندما تكون قيمته غير معدومة فحامل شعاع السرعة يتغير وهذا يعني أن مسار الحركة لا يحافظ على الاستقامة وهو منحني

تكون علاقة التسارع الخطي:

$$a = \sqrt{{a_t}^2 + {a_c}^2}$$

ملاحظة: عندما يكون التسارع الناظمي معدوم يكون التسارع الخطي مساوياً للتسارع المماسي، والحركة مسارها مستقيم.



الحركة	التسارع المماسي	التسارع الناظمي
مستقيمة متغيرة بانتظام	✓	×
دائرية متغيرة بانتظام	✓	✓ ثابت
مستقيمة منتظمة	×	×
دائرية منتظمة	×	✓ ثابت

الحركة الدائرية المنتظمة:

- التسارع المماسي معدوم $a_t = 0$
- التسارع الخطي هو تسارع ناظمي فقط.
- السرعة الخطية والسرعة الزاوية ثابتة.
- قوانينها:

المقدار	القانون
التسارع الناظمي	$a_c = \frac{v^2}{r}$
شدة القوة الجاذبة المركزية	$F_c = m\,a_c$
السرعة الخطية والسرعة الزاوية	$v = r\,\omega$
الدور T	$T = \frac{1}{f}$
التواتر f	$f = \frac{1}{T}$
السرعة الزاوية ω	$\omega = 2\pi f \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$

KENANA SHAMMOUT

ترتبط المقادير الخطية بالمقادير الزاوية وفق العلاقات:

زاوي		نصف قطري		خطي
θ	$\times$	r	$=$	s
ω	$\times$	r	$=$	v
α	$\times$	r	$=$	a

علم التحريك:

يتناول ويصف تغير مقادير الحركة تحت تأثير القوى وذلك مع الأخذ بعين الاعتبار كتلة الجسم المتحرك

قوانين نيوتن

القانون الأول: إذا انعدمت محصلة القوى الخارجية في مركز عطالة جسم صلب، فإن مركز عطالة الجسم يبقى ساكناً إذا كان ساكناً بالأصل، وإذا كان متحركاً تصبح حركته مستقيمة منتظمة، وسرعته مركز عطالته هي سرعته لحظة انعدام محصلة القوى.

القانون الثاني:

العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي

إذا خضع مركز عطالة جسم صلب لمحصلة قوى خارجية ثابتة منحى وجهة وشدة، اكتسب تسارعاً ثابتاً يتناسب طرداً مع شدة محصلة القوى الخارجية المؤثرة، وله المنحى ذاته والجهة ذاتها.

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

ويجب التخلص من الأشعة عن طريق الإسقاط ...

القانون الثالث: لكل فعل رد فعل يساويه بالشدة ويعاكسه بالاتجاه

العمل والاستطاعة

مفهوم العمل: إذا أثرت قوة في نقطة من جسم صلب ونقلته على حاملها او حامل أحدى مركبتها فإن القوة أنجزت عملاً فيزيائياً.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

الحالة الأولى: عندما $0 < \theta < 2\pi$ حادة:

أي شعاع القوة يصنع زاوية حادة مع شعاع الانتقال:

$\cos\theta > 0$ موجب

$W > 0$ ، موجب

مثل: $\vec{F} = m\vec{g}$ هي قوة الثقل

أثناء الهبوط قوة الثقل تساعد على الحركة.

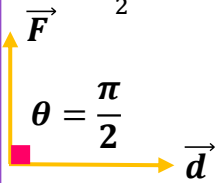
العمل موجب.

الحالة الثانية: $\theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2} rad$ قائمة

أي شعاع القوة عمودي على شعاع الانتقال.

$$\cos\frac{\pi}{2} = 0 \Longrightarrow W = F \cdot d \cdot \cos\frac{\pi}{2} \Longrightarrow W = 0$$

العمل معدوم.



مثل:

قوة الشد الشاقولية مع الانتقال أفقي لا تسبب عملاً.

الحالة الثالثة: $\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$ منفرجة:

أي أن شعاع القوة يصنع زاوية منفرجة مع شعاع الانتقال:

$\cos\theta < 0$ سالب ،، $W < 0$ سالب

العمل سالب. $\Longrightarrow$

مثل:

$\vec{F} = m\vec{g}$ هي قوة الثقل

أثناء الصعود قوة الثقل تعيق الحركة (لذلك العمل مقاوم سالب).

الاستطاعة: هي المعدل الزمني لإنجاز عمل ويعبر عنها رياضياً بالشكل:

$$P = \frac{W}{t}$$

الاستطاعة = العمل / الزمن

علم السكون:

شرطا توازن الجسم الصلب

① **شرط التوازن الانسحابي:** تنعدم محصلة القوى الخارجية المؤثرة فيه .

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

② **شرط التوازن الدوراني:** تنعدم محصلة عزوم القوى الخارجية المؤثرة فيه.

$$\sum \vec{\Gamma} = 0$$

نظرية الطاقة الحركية لجسم صلب:

إن تغير الطاقة الحركية لجسم صلب خلال فاصل زمني معين يساوي العمل الذي تقوم به محصلة القوى المؤثرة في الجسم خلال الفاصل الزمني نفسه.

$$\overline{\Delta E_k} = \sum \overline{W_{\vec{F}}}$$

الطاقة الحركية: هي الطاقة الناتجة عن حركة الجسم.

الطاقة الحركية الانسحابية

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

الطاقة الحركية الدورانية

$$E_k = \frac{1}{2} I_\Delta \omega^2$$

الطاقة الكامنة الثقالية: هي الطاقة يختزنها الجسم نتيجة العمل المبذول لرفعه إلى ارتفاع معين عن سطح الأرض.

$$E_p = mgh$$

الطاقة الكامنة المرونية: هي الطاقة التي يختزنها الأجسام المرنة نتيجة تغيير شكلها عند تأثرها بقوة خارجية

الطاقة الكامنة المرونية المختزنة في نابض مرن

$$E_p = \frac{1}{2} k\, x^2$$

الطاقة الكامنة المرونية المختزنة في سلك الفتل

$$E_p = \frac{1}{2} k\, \theta^2$$

عزم القوة: هو الفعل التدويري للقوة في الجسم حول محور دوران ثابت.

أي: عند تطبيق قوة $\overrightarrow{F}$ على جسم وتعمل على تدويره حول محور ثابت Δ فإن الفعل الذي أدى إلى تدوير الجسم يدعى عزم القوة.

وعزم القوة هو مقدار شعاعي $\overrightarrow{\Gamma}$

إن شدة عزم القوة تساوي:

$$\bar{\Gamma} = d \cdot F$$

والعزم مقدار جبري:

موجب: يكون عزم القوة موجباً إذا سببت القوة دوراناً بعكس جهة دوران عقارب الساعة.

سالب: يكون عزم القوة سالباً إذا سببت القوة دوراناً بجهة دوران عقارب الساعة.

ذراع القوة : (d) هو البعد العمودي بين النقطة التي تؤثر فيها القوة ومحور الدوران.

عزم مزدوجة الفتل:

تنشأ في سلك الفتل مزدوجة القتل $\vec{\eta}$ تعمل على إعادة الساق إلى وضع توازنها.

$$\bar{\Gamma}_{\vec{\eta}} = -K\bar{\theta}$$

$\bar{\Gamma}_{\vec{\eta}}$ عزم مزدوجة الفتل ويدعى (عزم إرجاع)، K ثابت الفتل، θ زاوية الفتل.

يتناسب عزم مزدوجة الفتل $\bar{\Gamma}_{\vec{\eta}}$ طرداً مع زاوية الفتل ويعاكسها بالإشارة.

مفهوم عزم العطالة: في الحركة الدورانية للجسم عزم عطالة وهو يعبر عن ممانعة الجسم لتغير شعاع سرعته الزاوية، حيث تزداد ممانعة الجسم لتغيير سرعته الزاوية بزيادة كتلته. ويرمز لعزم العطالة بالرمز I_Δ.

عزم عطالة نقطة مادية: إن عزم عطالة نقطة مادية حول محور دوران ثابت يتناسب طرداً مع كتلة النقطة m ومع مربع بعدها عن محور الدوران r ومن هنا نعرف عزم عطالة نقطة بالنسبة لمحور ثابت Δ بالعلاقة:

$$I_\Delta = mr^2$$

نظرية هايغنز: عزم العطالة $I_{\Delta'}$ لجسم صلب بالنسبة إلى محور Δ' لا يمر من مركز عطالته يساوي عزم عطالته I_{Δ} حول محور دوران Δ يوازي Δ' ويمر من مركز عطالته، مضافاً إليه جداء كتلة الجسم m في مربع البعد بين المحورين d
ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة الآتية:

$$I_{\Delta'} = I_{\Delta} + md^2$$

نص نظرية التسارع الزاوي: إذا دار جسم صلب حول محور ثابت كان العزم الحاصل للقوى الخارجية المؤثرة فيه بالنسبة للمحور مساوياً جداء تسارعه الزاوي في عزم عطالته حول ذلك المحور.

$$\sum \bar{\Gamma} = I_{\Delta}\bar{\alpha}$$

قانون هوك: نؤثر على النابض بقوة شدتها مما يسبب استطالة النابض أو انضغاطه

$$\bar{F} = k\bar{x}$$

$\bar{x} > 0$ استطالة النابض k : ثابت صلابة النابض
$\bar{x} < 0$ انضغاط النابض
F : شدة القوة الموثرة على النابض

التحريك الانسحابي والتحريك الدوراني.

التحريك الانسحابي	التحريك الدوراني
الكتلة m	عزم العطالة I_{Δ}
الفاصلة الخطية x	الفاصلة الزاوية θ
السرعة الخطية v	السرعة الزاوية ω
التسارع الخطي a	التسارع الزاوي α
القوة F	عزم القوة Γ
العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي $\sum F = m\,a$	العلاقة الأساسية في التحريك الدوراني $\sum \Gamma = I_{\Delta}\,\alpha$
كمية الحركة $P = m\,v$	العزم الحركي $L = I_{\Delta}\,\omega$
الطاقة الحركية $E_k = \frac{1}{2}mv^2$	الطاقة الحركية $E_k = \frac{1}{2}I_{\Delta}\omega^2$
الاستطاعة الميكانيكية $P = F\,v$	الاستطاعة الميكانيكية $P = \Gamma\,\omega$

الواحدات.

المقدار	الواحدة
الكتلة	kg
الفاصلة الخطية	m
السرعة الخطية	$m.s^{-1}$
التسارع الخطي	$m.s^{-2}$
الفاصلة الزاوية	rad
السرعة الزاوية	$rad.s^{-1}$
التسارع الزاوي	$rad.s^{-2}$
القوة	N
عزم القوة	$m.N$
كمية الحركة	$kg.m.s^{-1}$
العزم الحركي	$kg.m^2.rad.s^{-1}$
الطاقة	$Joul$
الاستطاعة	$Watt$
ثابت صلابة النابض	$N.m^{-1}$.

KENANA SHAMOUT