سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

عرض نظري مختصر

03

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

الميكانيك و الطاقة

العمل و الطاقة الحركية الدورانية

****

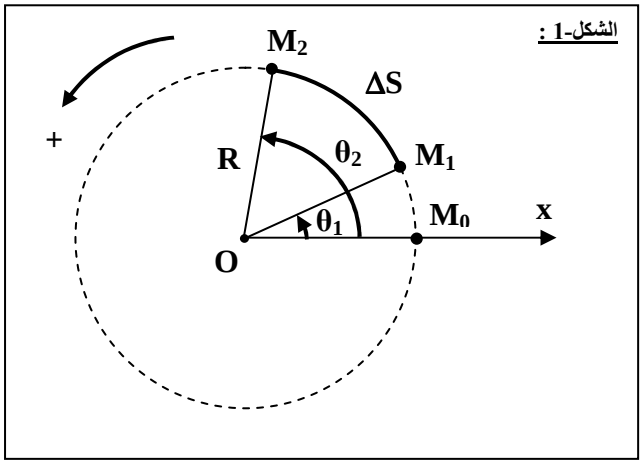
www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

● الفاصلة الزاوية و السرعة الزاوية (تعاريف) :

- نعتبر جسم نقطي (أبعاده مهملة) ينتقل على مسار دائري نصف قطره R و مركزه O مارًا بالمواضع M_1 ، M_2 ، ..... عند اللحظات t_1 ، t_2 ، ..... (الشكل-1)

الشكل-1 :



- الفاصلة المنحنية التي نرمز لها بـ s و تقدر بالمتر (m) هي المسافة المنحنية (على المحيط) بين الموضع M_i و موضع M_0 نعتبره مبدأ للفواصل المنحنية .

- الفاصلة الزاوية التي نرمز لها بـ θ و تقدر بالراديان (rad) هي الزاوية التي يصنعها نصف القطر (OM_i) المار من الموضع M_i و نصف القطر (OM_0) المار من O و الذي يعتبر مبدأ للفواصل الزاوية .

- يعبر عن الفاصلة الزاوية θ بدلالة الفاصلة المنحنية s بالعلاقة :

$$\theta = \frac{s}{R} \leftrightarrow s = R\,\theta$$

- السرعة الخطية المتوسطة التي نرمز لها بـ v_m و وحدتها المتر/الثانية (m/s) بين لحظتين t_1 ، t_2 هي حاصل قسمة المسافة الخطية المقطوعة بين هاتين اللحظتين على المدة الزمنية Δt الموافقة أي :

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

- السرعة الزاوية المتوسطة التي نرمز لها بـ ω_m و وحدتها الراديان/الثانية (rad/s) بين لحظتين t_1 ، t_2 هي حاصل قسمة الزاوية الممسوحة بين هاتين اللحظتين على المدة الزمنية Δt الموافقة أي :

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

- السرعة الخطية اللحظية التي يرمز لها بـ v و وحدتها المتر/الثانية (m/s) هي سرعة المتحرك الخطية عند لحظة ما .

- السرعة الزاوية اللحظية التي يرمز لها بـ ω و وحدتها الراديان/الثانية (rad/s) هي السرعة الزاوية للمتحرك عند لحظة ما .

- يعبر عن السرعة الزاوية اللحظية ω بدلالة السرعة الخطية اللحظية v بالعلاقة :

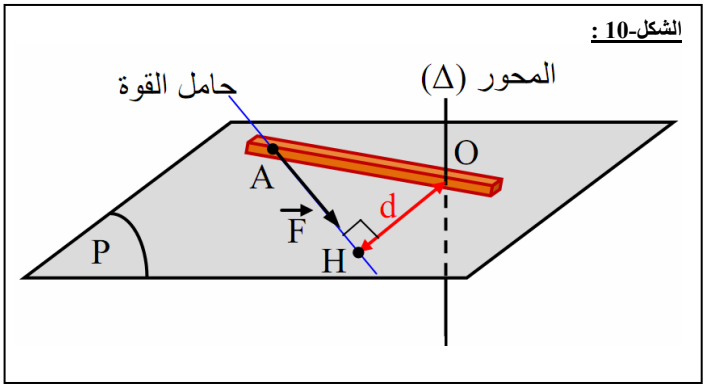
$$\omega = \frac{v}{R} \leftrightarrow v = R\,\omega$$

● عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت :

- عزم القوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور دوران Δ و الذي يرمز له بـ $M_{/\Delta}(\vec{F})$ و وحدته النيوتن في المتر (N .m) هو مقدار جبري يعبر عن شدة الفعل الدوراني لجسم ، حيث كلما كان مقدار العزم أكبر كان أثر الفعل الدوراني أكبر .

- يحسب عزم قوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور دوران Δ ، بجداء شدة هذه القوة في الذراع d الذي يمثل البعد العمودي بين حامل هذه القوة و محور الدوران Δ (الشكل-10) .

الشكل-10 :



- بعد اختيار اتجاه موجب للدوران يكون عزم القوة موجبا إذا كانت القوة $\vec{F}$ تدير الجسم في الإتجاه الموجب و نكتب في هذه الحالة :

$$M_{\vec{F}/\Delta} = + F.d$$

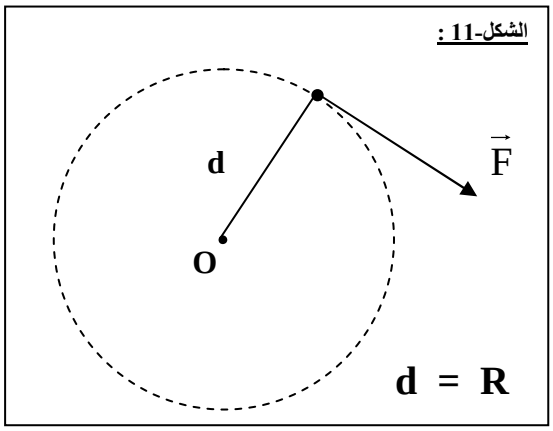
و يكون سالبا إذا كانت القوة $\vec{F}$ تدير الجسم في الاتجاه السالب و نكتب في هذه الحالة :

$$M_{\vec{F}/\Delta} = - F.d$$

حالة خاصة :

إذا كانت القوة مماسية للمسار يكون الذراع d مساوي لنصف القطر R (d = R) (الشكل-11) .

الشكل-11 :



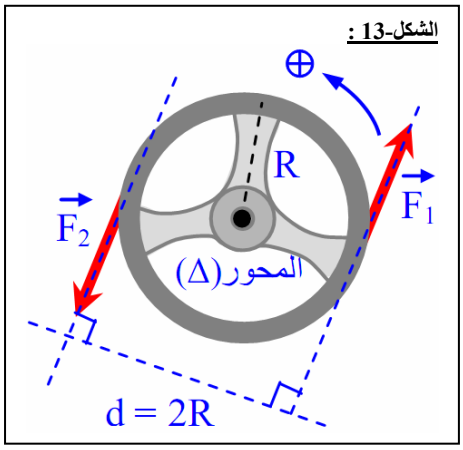
ملاحظة :

عندما يخضع جسم قابل للدوران حول محور ثابت إلى قوتين متعاكستين (وفق جهة الدوران) فإن الجسم لا يتحرك في جهة الشدة الأكبر و إنما يتحرك في جهة القوة ذات العزم الأكبر ، و بالمثل إذا كان الجسم يخضع إلى عدة قوى (منها في الجهة الموجبة و الآخر في الجهة السالبة) فالجسم يتحرك في الجهة التي يكون فيها مجموع العزوم أكبر .

● عزم المزدوجة :

- تدعى جملة قوتين $(\vec{F_1}, \vec{F_2})$ محصلتهما معدومة و ليس لهما نفس الحامل **بالمزدوجة** ، كمثال على ذلك نذكر المزدوجة التي تؤثر بها يدي السائق على مقود السيارة (الشكل-12) :

الشكل-13 :



- يرجع حساب عزم مزدوجة قوتين $(\vec{F_1} \ ، \ \vec{F_2})$ حيث $F_1 = F_2 = F$ تؤثر على جسم صلب يدور حول محور Δ إلى حساب المجموع الجبري لعزمي القوتين أي إذا رمزنا لعزم المزدوجة بـ M يكون :

$$M = \pm Fd$$

d : ذراع المزدوجة يقدر بالمتر و مساوي للبعد بين حاملي القوتين المشكلتين للمزدوجة .

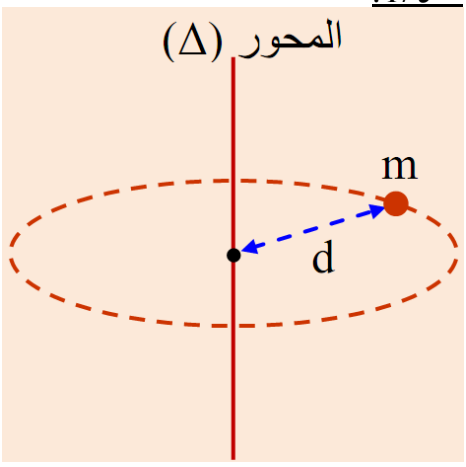
ملاحظة :

من خلال عبارة المزدوجة المتحصل عليها نلاحظ أن عزم المزدوجة لا يتعلق بموضع هذا المحور ، و إنما يتعلق فقط بالبعد بين حاملي هاتين القوتين ، و بالتالي عندما نتكلم عن عزم المزدوجة لا داعي لذكر محور الدوران خلافا عن عزم القوة التي يجب دائما ذكر المحور الذي يحسب بالنسبة إليه العزم .

● عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت :

تبدي الأجسام الصلبة المتحركة حول محور Δ مقاومة للأثر الدوراني للقوى المطبقة عليها ندعوها العطالة الدورانية ، تتعلق هذه العطالة في الأجسام الصلبة بكتلة و شكل الجسم .

الشكل-17 :



- تقاس العطالة الدورانية لجسم صلب يتحرك بالنسبة لمحور Δ ثابت بمقدار فيزيائي يدعى عزم عطالة الجسم بالنسبة لمحور الدوران Δ .

- يعرف عزم العطالة $J_{/\Delta}$ بالنسبة لمحور Δ لجسم نقطي m و يبعد مسافة d عن هذا المحور بالعبارة التالية :

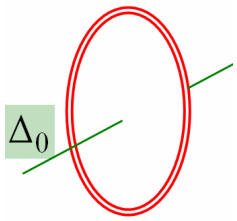
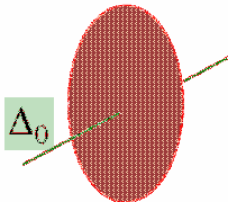
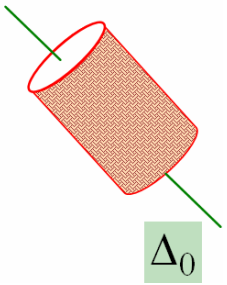
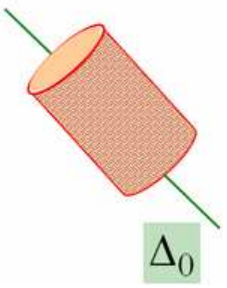
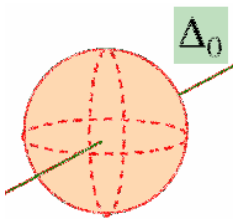
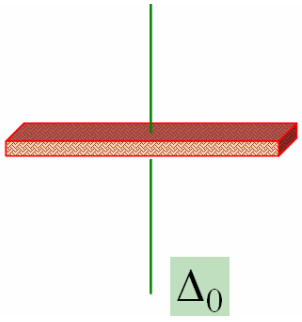
$$J_{/\Delta} = m\,d^2$$

- وحدة عزم العطالة في النظام الدولي هي $kg\,m^2$.

- يحسب عزم عطالة جملة نقاط مادية كتلة كل نقطة m_1 ، m_2 ، m_3 ..... تبعد كل منها عن محور الدوران على التوالي مسافة d_1 ، d_2 ، d_3 ..... (الشكل-62/25) بجمع عزوم عطالة كل نقطة بالنسبة لنفس المحور :

$$J_{/\Delta} = \Sigma\, m_1\, d_1^{\,2}$$

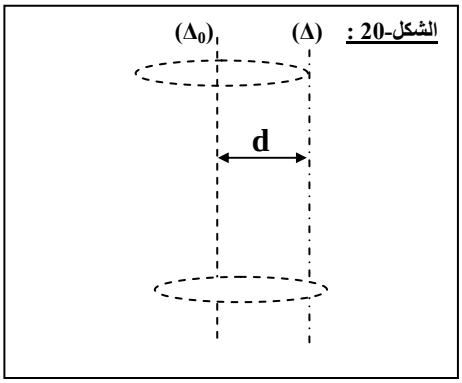
● عزوم عطالة بعض الأجسام الصلبة المتجانسة :

الجسم	عبارة عزم العطالة	الشكل
عزم عطالة حلقة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها	$j_{/\Delta_0} = M R^2$	
عزم عطالة قرص كتلته M و نصف قطره R بالنسبة لمحوره Δ_0 المار من مركزه	$j_{/\Delta_0} = \frac{1}{2} M R^2$	
عزم عطالة اسطوانة مجوفة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها	$j_{/\Delta_0} = M R^2$	
عزم عطالة اسطوانة مملوءة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها و الموازي لها	$j_{/\Delta_0} = \frac{1}{2} M R^2$	
عزم عطالة كرة مملوءة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها	$j_{/\Delta_0} = \frac{2}{5} M R^2$	
عزم عطالة ساق كتلتها M و طولها L بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من منصفها و عمودي عليها	$j_{/\Delta_0} = \frac{1}{12} M L^2$	

● نظرية هيوغنز :

- لحساب عزم عطالة جسم صلب كتلته m يدور حول محور Δ غير منطبق على محوره Δ_0 (الشكل-20) ، نستعين بنظرية هويجنز .

الشكل-20 :



- تنص نظرية هيوغنز على ما يلي :

" عزم عطالة جسم صلب بالنسبة للمحور Δ غير منطبق على محور الجسم Δ_0 مساوي لعزم عطالة هذا الجسم بالنسبة لمحوره Δ_0 مضاف إليه جداء كتلة هذا الجسم في مربع البعد بين محور الجسم Δ_0 و محور الدوران Δ " أي :

$$J_{/\Delta} = J_{/\Delta 0} + m\, d^2$$

ملاحظة :

- عزم عطالة جملة ميكانيكية تتكون من عدة أجسام صلبة بالنسبة لمحور (Δ) مساوي لمجموع عزوم عطالة هذه الأجسام بالنسبة لنفس المحور Δ .

● توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت :

- حسب مبدأ العطالة يتوازن جسم صلب خاضع إلى قوى خارجية إذا كان المجموع الشعاعي لهذه القوى معدوم أي :

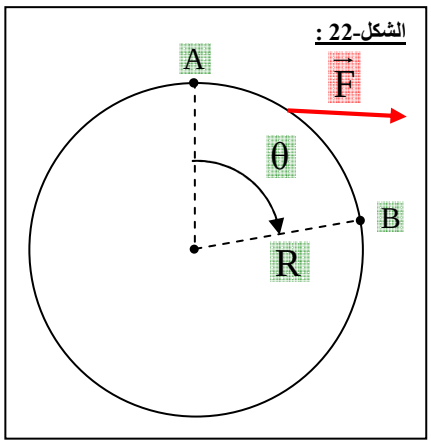
$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

- يتوازن جسم صلب قابل للدوران حول محور Δ ثابت و خاضع إلى تأثير قوى خارجية عندما يكون المجموع الجبري لعزوم هذه القوى معدوم أي :

$$\sum M_{/\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0$$

● عمل قوة ثابتة في مسار دائري :

الشكل-22 :



عمل قوة $\vec{F}$ ثابتة أثناء الانتقال على مسار دائري نصف قطره R من موضع A إلى موضع B يعبر عنه بالعلاقة :

$$W_{AB}(\vec{F}) = M_{/\Delta}(\vec{F}).\theta$$

حيث : $M_{/\Delta}$ عزم القوة $\vec{F}$ مقدر بالنيوتن في المتر (N.m) ، θ الزاوية الممسوحة أثناء الانتقال من الموضع A إلى الموضع B و التي تقدر بالراديان (rad) .

ملاحظة :

يمكن أيضا تطبيق نفس عبارة العمل السابقة في حالة المزدوجة حيث يعبر عن عمل هذه الأخيرة بالعبارة التالية :

$$W = M\,\theta$$

حيث : W عمل المزدوجة تقدر بالجول (J) ، M عزم المزدوجة تقدر بالنيوتن في المتر (N.m) ، θ الزاوية الممسوحة تقدر بالراديان .

● عبارة الطاقة الحركية الدورانية :

الطاقة الحركية الدورانية لجسم صلب يدور حول محور ثابت Δ هو جداء عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة لنفس المحور في مربع السرعة الزاوية (السرعة الدروانية) لهذا الجسم :

$$E_C = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$

ملاحظة :

إذا كان للجسم الصلب (S) حركة انسحابية و دورانية في آن واحد كتدحرج كرة على مستوي مائل تساوي الطاقة الحركية لهذا الجسم لمجموع طاقتيه الحركية الانسحابية و الدورانية أي :

$$E_C = \frac{1}{2} m\, v^2 + \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$

- الطاقة الحركية لجملة تتكون من عدة أجسام (S_1) ، (S_2) ..... مساوية لمجموع الطاقات الحركية لهذه الأجسام أي :

$$E_C = E_C(S_1) + E_C(S_2) + ...$$

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani