عاشر متقدم
حادى عشر عام
إعداد: P/ محمد عبد الباسط
جمعية المعلمين بالشارقة
للتواصل مع الجمعية P/ سيد
0552684510
0504065202

الدفع والزخم

تهيئة حافزة

س/ ما سبب خطورة كرات اللاكروس "على الرغم من أن كتلتها صغيره حوالى 145 g " أثناء قذفها ؟

* فى لعبة البيسبول يضرب اللاعب الكرة بالمضرب ماذا يحدث لكلاهما ؟
* المضرب أثر بقوة خلال زمن معين على الكرة
* الكرة تغيرت سرعتها تبعاً لـ (شدة القوة + كتلتها (كتلة الكرة))

ماحدث فى المثال السابق هو مثال مبسط على مبدأ الدفع - الزخم

*يمكننا التعبير عن المثال السابق من خلال قانون نيوتن الثانى للحركة والذى ينص على أن حاصل ضرب التسارع فى كتلة ما فى مقدار هذه الكتلة يساوى مقدار القوة المؤثرة عليها $F = ma$

* باعادة صياغة القانون باستخدام التغير فى السرعة بالنسبة للزمن يصبح

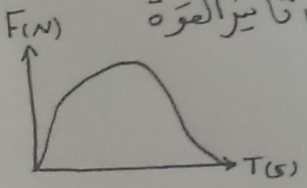
$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

وبضرب طرفى المعادلة فى Δt تصبح

$$F \cdot \Delta t = m \Delta v$$
$$F \cdot \Delta t = m(v_f - v_i) \rightarrow *$$

الطرف الأيسر فى المعادلة * هو $(F \cdot \Delta t)$ يسمى الدفع ويقاس بوحدة (نيوتن . ثانية) (N.s)
الطرف الأيمن هو $m(v_f - v_i)$ هو الزخم ويقاس بوحدة (كيلوجرام . متر/ ثانية) (kg.m/s)

الدفع :- حاصل ضرب متوسط القوة المؤثرة فى جسم فى زمن تأثير القوة



* إذا كانت القوة متغيره مع الزمن كما بالشكل يتم حساب الدفع بحساب المساحة أسفل منحنى الرسم البيانى

الزخم :- حاصل ضرب كتلة الجسم فى سرعته ($P = mv$)

يمكننا اعادة صياغة معادلة الدفع - الزخم كالتالى

$$F \cdot \Delta t = P_f - P_i$$

نظرية الدفع - الزخم :- الدفع على جسم ما يساوى التغير فى الزخم لهذا الجسم

www.almanahj.com

$F \cdot \Delta t = m(\Delta V)$

$F \cdot \Delta t = m\vec{V}_F - m\vec{V}_i$

$\therefore F \cdot \Delta t = P_F - P_i$ من خلال القانون

∵ السرعة كمية متجهة ، لذا فالزخم كمية متجهة ، كذلك الدفع كمية متجهة

حل المسائل

[1] تتحرك سيارة صغيرة كتلتها 725 kg بسرعة 115 km/h في اتجاه الشرق . عبر عند حركة السيارة برسم تخطيطي ⓐ احسب مقدار زخمها وحدد اتجاهه وأرسم سهماً على السيارة يعبر عن الزخم ⓑ إذا كان لسيارة ثانية الزخم نفسه وكانت كتلتها 2175 kg فما سرعتها المتجهة

ⓐ $P = mV$

نحول السرعة إلى وحدة m/s

$V = 115 \text{ km/h} \times \frac{1000}{3600} = 31.9 \text{ m/s}$

$\therefore P = (725 \text{ kg})(31.9 \text{ m/s}) = 23159.7 = 2.32 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

ⓑ

$V = \frac{2.32 \times 10^4}{2175} = 10.648 \text{ m/s}$

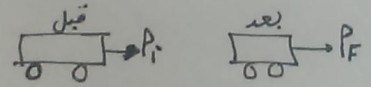
لأن السرعة في المثالة كانت بوحدة km/h لذا نحول هذه السرعة أيضاً لـ km/h

$\therefore V = 10.648 \times \frac{3600}{1000} = 38.3 \text{ km/h}$

[2] ضغط السائق في المثال السابق على المكابح بشدة لإيقاف السيارة خلال 2,0 s وكان متوسط القوة المؤثرة في السيارة لأبطائها $-5,0 \times 10^3$ N ⓐ ما مقدار التغير في الزخم؟ أي ما مقدار واتجاه الدفع على السيارة

التغير في الزخم = الدفع $= F \cdot \Delta t = (-5,0 \times 10^3 \text{ N})(2,0 \text{ s}) = -1,0 \times 10^4 \text{ N.s}$

ⓑ أكمل الرسمين لما قبل الضغط على المكابح وما بعد الضغط على المكابح ثم حدد الزخم والسرعة المتجهة للسيارة الآن



$P_i = 2,32 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

∵ $F \cdot \Delta t = P_F - P_i$ ∴ $P_F = F \cdot \Delta t + P_i = -1,0 \times 10^4 + 2,32 \times 10^4$

$= 1.3 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

∵ $P_F = mV_F$ ∴ $V_F = \frac{P_F}{m} = \frac{1.3 \times 10^4}{725} = 18 \text{ m/s} = 65 \text{ km/h}$

www.almanahj.com

يتم حل المثالة [3]، [4] بالحصة كذلك السؤال (5)

الواجب

① هل يختلف زخم سيارة تتحرك جنوباً عن زخم السيارة نفسها إذا تحركت شمالاً

② هل يفيد ثني قدميك للخلف عند القفز من أعلى مبنى في تقليل أثر الاصطدام بالأرض؟

إستخدام نظرية الدفع الزخم في الحفاظ على الحياة :-

س/ كيف تحمي الوسادة الهوائية قائد السيارة من الضرر عند الحوادث ؟

ج/ تزيد الفترة الزمنية التي تؤثر خلالها القوة وبالتالي تقلل القوة، كما أنها توزع تأثير القوة على مساحة أكبر من جسم الشخص

الزخم الزاوي

أولا نحتاج إلى مراجعة بعض المفاهيم من الفصل الماضي

١- العزم (τ) :- هو مقدرة القوة على إحداث دوران ويساوي حاصل ضرب القوة (F) في طول ذراعها $r\sin\theta$.

$$\tau = Fr\sin\theta$$

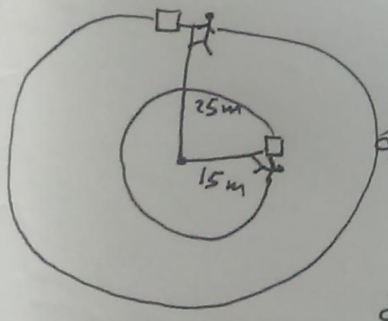
٢- عزم القصور الذاتي (I) :- هو مقياس لسهولة أو صعوبة دوران جسم حول محور ويساوي حاصل ضرب الكتلة مضروباً في مربع المسافة بين الجسم والمحور

$$I = mr^2$$

مثال للتوضيح

شخصان يدفعان عربتان في مسار دائري، الأول عربته 100kg ويسير في مسار دائري نصف قطره 15m، والثاني عربته 150kg ويسير في مسار دائري نصف قطره 25m أيهما سيكون له عزم قصور ذاتي أكبر (إيهما يحتاج جهد صعوبة أكثر)

يتم الاجابة في الحصة



3- السرعة الزاوية (W) :- هي ناتج قسمة الازاحة الزاوية على الزمن المطلوب لاحداث الدوران

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

* السرعة الزاوية لجسم دوار تتغير عند تطبيق العزم عليه ويمكن التعبير عن ذلك بقانون نيوتن الثاني للحركة الدورانية

$$\tau = \frac{I\Delta W}{\Delta t}$$

وبضرب الطرفين في Δt فإن $\tau \cdot \Delta t = I\Delta W$ ←*

www.almanahj.com

من المعادله السابقة

* الطرف الأيسر هو "الدفع الزاوى للجسم الدوار" :- $(T\Delta t)$:- حاصل ضرب العزم المؤثر على الجسم الدوار فى زمن تأثير هذا العزم ووحدة قياسة $(N.m.s)$

* الطرف الثانى من هذه المعادله هو "الزخم الزاوى" $(L = I\omega)$:- حاصل ضرب عزم القصور الذاتى للجسم فى سرعته الزاوية ووحدة قياسه $kg.m^2/s$

نظرية الدفع الزاوى - الزخم الزاوى :- الدفع الزاوى على جسم ما يساوى الزخم الزاوى النهائى للجسم مطروحاً منه الزخم الزاوى الابتدائى للجسم

$$T\Delta T = L_F - L_i$$

مقارنة بين النظريتين

نظرية الدفع - الزخم	نظرية الدفع الزاوى - الزخم الزاوى
* when $\Sigma F = 0$ اذا كانت محصلة القوة المؤثرة فى الجسم = صفر يكون الزخم الخطى للجسم ثابت $\therefore \Delta P = Const$	* when $\Sigma T = 0$ بالمثل $\therefore \Delta L = Const$
عندما يكون الزخم ثابت فانه لايمكن أن تتغير كتلة الجسم ⇐ لنا فسرعته تكون ثابته كذلك	عندما يكون الزخم الزاوى ثابت فانه يمكن ان تتغير السرعة الزاويه مع تغير شكل الجسم حتى لو لم تتغير العزم المؤثرة فيه وذلك لأن عزم القصور الذاتى يعتمد على (كتلة الجسم وطريقة توزيعها على محور الدوران)

لتوضيح ذلك ↓

* بالنسبة لجسم يدور حول جسم آخر كالكوكب يدور حول الشمس بفرض تلاشى وجود الشمس سيظل الجسم يدور فى مسار دائرى لكن مع زيادة نصف قطره مما يزيد من عزم القصور الذاتى له ، يتبع ذلك تغير فى السرعة الزاوية للكوكب حتى مع بقاء الزخم الزاوى كما هو

س/ كيف يدخل الغواص "القافز إلى الماء من لوح الغطس" إلى الماء بسهولة ؟

1- يستخدم لوح الغطس لتطبيق قوة خارجيه على جسمه خلال فتره زمنيه Δt وبالتالى يزداد الزخم الزاوى للغطاس

2- بأخذ وضع انثناء الوركين والركبتين فانه يحرك كتلته بالقرب من محور الدوران مما يقلل من عزم القصور الذاتى ويزيد من سرعته الزاوية

3- عندما يقترب من الماء يمد جسمه باستقامة ومن ثم يزيد من عزم القصور الذاتى ويقلل سرعته الزاوية ليدخل الماء

www.almanahj.com

س/ كيف يمكن لمتزلج الجليد التحكم فى سرعته الزاويه ؟

من خلال تغيير عزم القصور الذاتى فإذا امدد كلتا ذراعيه وساق واحدة من الجسم فأنه يزيد عزم القصور الذاتى وبالتالى يقلل من السرعة الزاوية

س/ طبقا مبدأ الدفع للزاوى - الزخم الزاوى على متزلج الجليد ؟

لكى يبدأ المتزلج بالتزلج يبدأ بدفع الجليد بقوة بقدميه فتؤثر قوة الجليد فى جسمه فى الاتجاه المعاكس فينتج عن القوه عزم يعتبر قيمة الدفع الزاوى الناتج على بعد العزم عن نقطه المحور ، ثم يتبع ذلك زخما زاوياً يحرك المتزلج

المسائل

[6] منشار دائرى فى ورشه قطره 0.25m يدور بمعدل 5.0×10^3 rpm كما هو معين فى الشكل ، بعد قطع التيار الكهربى عن المنشار يستغرق النصل ثوانى عديدة ليتوقف تماماً . عزم القصور الذاتى للنصل يساوى 2.3×10^{-1} N.m لبطء النصل . احسب عدد الثوانى التى يستغرقها النصل حتى يتوقف ؟

المعطيات

$r = 0.25$ m — $W = 5 \times 10^3$ دورة / دقيقة — $I = 8 \times 10^{-3}$ kg.m²

$W = 5 \times 10^3 \times \frac{2\pi}{60} = 523$ rad/s — $T_{aveg} = 2.3 \times 10^{-1}$ N.m

الحل

$$\Delta T = \frac{L_F - L_i}{T_{average}}$$

$L_i = I W_i = 8 \times 10^{-3} \times 523 = 4.2$ kg.m²/s

$L_F = 0.0$ kg.m²/s

$$\therefore \Delta T = \frac{0.0 - 4.2}{2.3 \times 10^{-1}} = 18.2 \text{ s}$$

الآن حل [7] ، [8] ، [9]

[7] يمكن للاعب بيسبول أن يرمى كرة متجهة سرعتها 82 mph (132 km/h) تدور بمعدل 6.0×10^2 rpm ما السرعة الزاوية للكرة التى رميت ؟ فستغرق حركة الرمى التى يؤديها اللاعب 0.15 s . وعزم القصور الذاتى للكرة يساوى 8.0×10^{-5} kg.m² ما متوسط عزم اللاعب المؤثر فى الكرة

المعطيات

$W = 6.0 \times 10^2$ دورة / دقيقة $= 6.0 \times 10^2 \times \frac{2\pi}{60} = 62.8$ rad/s

$I = 8.0 \times 10^{-5}$ kg.m² ، $\Delta t = 0.15$ s

الحل

$$T_{avge} = \frac{L_F - L_i}{\Delta t} = \frac{0 - 5.02 \times 10^{-3}}{0.15} = 0.033 \text{ N.m}$$

[5]

$L_i = I W = 8 \times 10^{-5} \times 62.8 = 0.005024 = 5.02 \times 10^{-3}$ kg.m²/s

www.almanahj.com

18 يرمي لاعب البولينج الكرة في الممر، لكنها لا تتدحرج بل تنزلق. يؤدي احتكاك سطح الممر إلى تدحرج الكرة وتكون سرعتها الزاوية النهائية $7,00 \times 10^{1}\ rad/s$. عزم القصور الذاتي للكرة يساوي $0.0350\ kg.m^2$. وتتحرك الكرة على الممر لمدة $2.40\ s$. ما الدفع الزاوي ومتوسط عزم الممر المؤثر في كرة البولينج؟

المعطيات والمطلوب:
$W = 7,0 \times 10^{1}\ rad/s$
$I = 0.0350\ kg \cdot m^2$
$\Delta t = 2.40\ s$
الدفع الزاوي = ؟
$T_{average} = ?$

الحل
الدفع الزاوي $= T \cdot \Delta t = L_F - L_i$
$= I(W_F - W_i)$
$= 0,0350(7,0 \times 10^{1} - 0)$
$= 2.45\ N.m.s$

$T_{avg} = \frac{L_F - L_i}{\Delta t} = \frac{2.45}{2.4} = 1.02\ N.m$

19 دراجة مقلوبة على منضدة التصليح حتى يصلح عامل تصليح الدراجات محور عجلتها الأمامية. يدير العامل العجلة الأمامية بيده فتدور بسرعة $5,0\ rev/s$ ما متوسط السرعة الزاوية للعجلة؟ إذا كان عزم القصور الذاتي للعجلة يساوي $0.060\ kg.m^2$. فما الدفع الزاوي الذي أثر به عامل التصليح في العجلة

المعطيات و المطلوب:
$W = 5,0\ rev/s$
$= 5,0 \times 2\pi = 31\ rad/s$
$I = 0.060\ kg \cdot m^2$
الدفع الزاوي = ؟

الحل
الدفع الزاوي $= T \cdot \Delta t = L_F - L_i = I(W_F - W_i)$
الدفع الزاوي $= 0.060(31 - 0)$
$= 1.9\ N.m.s$

www.alnabras.com

انتظروا تلخيصا لكل درس سوعنا الرابعاء

مع تمنيات بالتوفيق
أ/ محمد عبد الباسط
0552684510
جمعية المعلمين بالشارقة