

المقدمة

يحرص الطالب في مرحلة الثانوية العامة أو غيرها على شيئين:
الأول: الإلمام بمادة الفيزياء وإحاطته بها علماً وفهماً.
الثاني: الحرص على الحصول على أعلى العلامات.

ومن أجل ذلك يتنافس الطلبة في اقتناء أكبر عدد من المراجع التي تضع بين أيديهم ما يكفي حاجتهم من تبسيط للمادة ومن أوراق عمل واختبارات. ولا يزال الطالب ساعياً إلى ذلك حتى يثبت نفسه، ويوقن أنه تناول جميع أجزاء مادة الفيزياء بالشرح المبسط والتدريب على حل الأسئلة والاختبارات.

أبناءنا وبناتنا، طلاب وطالبات الثانوية العامة (الصف الثاني عشر):
يسعدني أن أقدم لكم كورس ((النور في الفيزياء)) بشكل شائق وشرح ماتع، يجنبكم عناء البحث في أشتات الكتب.

حيث يشمل هذا الكورس على:

- 1) شرح مفصل لكتاب الطالب وكتاب التمارين بجميع أفكارهما وبطريقة سهلة ومبسطة.
- 2) شرح الأمثلة والتدريبات والتمارين واختبار نهاية الوحدة من (كتاب الطالب وكتاب التمارين).
- 3) أمثلة خارجية لتغطية الأفكار المطروحة بشكل أشمل.
- 4) أوراق عمل واختبارات مشروحة على تطبيق QR ويجب دراستها جميعاً.
- 5) ورقة عمل نهاية كل درس مع الإجابة النهائية وتشمل أفكاراً يجب أن يطلع عليها الطالب.
- 6) ملحق في نهاية كل وحدة يحتوي على ملخص قوانين وأفكار الوحدة كاملة.

ملحوظة: هنالك حصص مصورة لهذا الكورس بالشرح المفصل من خلال

بطاقات (منصة وتد التعليمية) .

وأخيراً نرجو أن يكون قد وفقنا فيما قدمناه في هذا الكورس، ونعتذر عن أي سهو أو خطأ طباعي فاتنا الانتباه إليه، كما نرجو تزويدنا بملاحظاتكم ونكون لكم من الشاكرين.

وفقكم الله وكتب لكم التميز والنجاح

المؤلف:

إياد زعرور



إن خسرتنا جزءاً من أحلامنا علينا أن لا نفقد الجرأة على الحلم

الدرس الأول : الزخم الخطي والدفع

مقدمة: عندما تتحرك شاحنة وسيارة بمقدار السرعة نفسه ، فإن إيقاف الشاحنة أصعب من إيقاف السيارة . وعند تحرك سيارتين متماثلتين متساويتين في الكتلة بسرعتين مختلفتين مقداراً ، فإن إيقاف السيارة الأقل سرعة أسهل من إيقاف السيارة الأكبر سرعة.

الزخم الخطي (كمية التحرك) :

هو كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته. (و يكون باتجاه السرعة و يرمز له بالرمز (\vec{p}) رياضياً: $(\vec{p} = m \vec{v})$ حيث أن :

ρ : زخم الجسم . m : كتلة الجسم . v : سرعة الجسم.

سؤال(1): ما وحدة قياس الزخم الخطي في النظام الدولي؟

Kg.m/s

سؤال(2): ما العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي؟

أ- كتلة الجسم ب- سرعة الجسم

مثال تمهيدي:

سيارة كتلتها 1000Kg تسير بسرعة 20m/s باتجاه الشرق فاحسب الزخم الخطي ؟

$$\vec{p} = mv$$

$$= 1000 \times 20 = 20000 \text{ Kg.m/s, X+}$$

سؤال(3): **بم تفسر كلاً مما يلي :**

1) من الصعب إيقاف سيارة تتحرك بسرعة معينة عن إيقاف سيارة على هيئة لعبة تتحرك بالسرعة نفسها ؟

الإجابة : لأن كتلة السيارة أكبر بكثير من كتلة اللعبة و حسب العلاقة $p = mv$ كلما زادت الكتلة زاد الزخم (صعوبة الإيقاف) .

2) مركبتان متساويتان في الكتلة و سرعة أحدهما ضعف سرعة الأخرى أيتهما تحتاج قوة أقل لإيقافها في نفس الفترة الزمنية ؟

الإجابة : حسب العلاقة $p = mv$ السيارة التي سرعتها أقل تحتاج قوة أقل .

ملاحظات هامة :

- 1- يعتبر الزخم الخطي مقياس لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية
- 2- يعتبر الزخم مقياس لمدى صعوبة إيقاف جسم متحرك: (أ) كلما زادت سرعة الجسم زاد زخمه فنحتاج قوة أكبر لإيقافه. (بثبات الكتلة)
- (ب) كلما زادت كتلة الجسم زاد زخمه فنحتاج قوة أكبر لإيقافه. (بثبات السرعة)
- 3- اتجاه الزخم دائماً باتجاه السرعة.
- 4 - بثبات الزخم تكون العلاقة عكسية بين الكتلة والسرعة.
- 5-نعوض اشارة السرعة حسب الاتجاه.

سؤال(4): اذا كان زخم سيارة كتلتها 1000Kg يساوي زخم شاحنة كتلتها 4000Kg فإن :

- أ) سرعة السيارة = سرعة الشاحنة .
- ب) سرعة السيارة = (2) سرعة الشاحنة .
- ج) سرعة السيارة = (3) اضعاف سرعة الشاحنة .
- د) سرعة السيارة = (4) اضعاف سرعة الشاحنة .

[[الاجابه د]]

سؤال(6): سيارة كتلتها 100kg تتحرك بسرعة 18 km/h غربا فاذا توقفت السيارة فاحسب التغير في الزخم الخطي للسيارة؟

سؤال(5): متى يتغير الزخم الخطي:

عندما تتغير سرعة الجسم من (V_i) إلى (V_f)

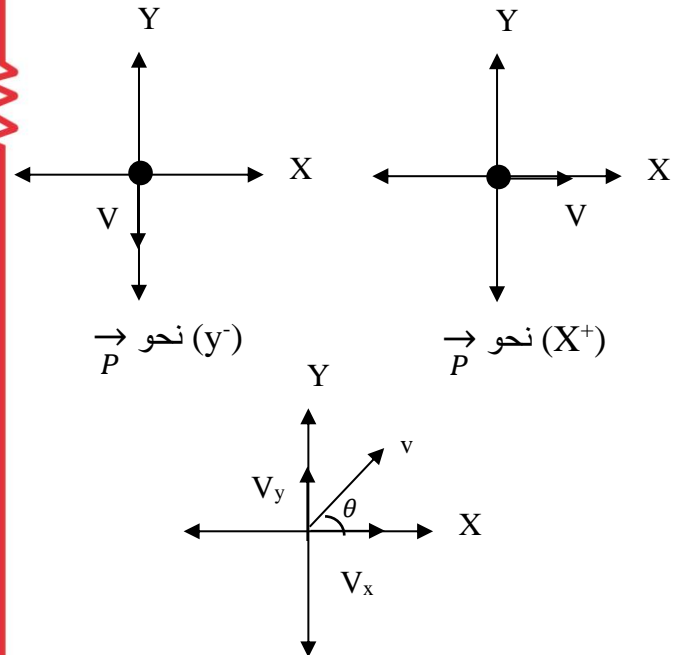
- تأثر بقوة خارجية
- تصادم

رياضياً:

$$\begin{aligned}\Delta p &= \vec{P}_f - \vec{P}_i \\ &= m \vec{V}_f - m \vec{V}_i \\ &= m (\vec{V}_f - \vec{V}_i) \\ &= m \Delta \vec{V}\end{aligned}$$

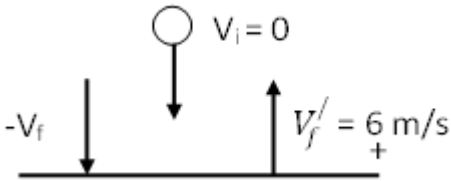
$$\Delta P = m \Delta V = m (V_f - V_i)$$

*الزخم كمية متجهة:



سؤال(7): كرة كتلتها 2kg سقطت من السكون من ارتفاع 5m واصطدمت بالأرض بسرعة وارتدت عنه بسرعة مقدارها 6m/s احسب التغير في الزخم الخطي بعد اصطدامها بالأرض؟

الحل:



$$V_f = \sqrt{2gh}, \quad V_i = 0$$

$$V_f = \sqrt{2 * 10 * 5}$$

$$V_f = \sqrt{100} = -10 \text{ m/s}$$

نحو الأسفل، يعني إشارة سالبة

$$\Delta P = m (V_f' - V_f)$$

$$\Delta P = 2 (6 - (-10)) = 2 \times 16 = 32 \text{ kg m/s}$$

لأن متجه السرعة مائل نحله لمركبتين

$$V_x = V \cos(\theta)$$

$$V_y = V \sin(\theta)$$

$$P_x = mV_x = mV \cos \theta$$

$$P_y = mV_y = mV \sin \theta$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \sum F$$

"صيغة أخرى لقانون نيوتن الثاني"

$$\Delta P = \sum F \cdot \Delta t$$

$$\Delta \vec{P} = \vec{I}$$

أتحقق: ما العلاقة بين دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم والتغير في زخمه الخطي؟
دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي وبنفس اتجاهه.

"نظرية الدفع - الزخم"

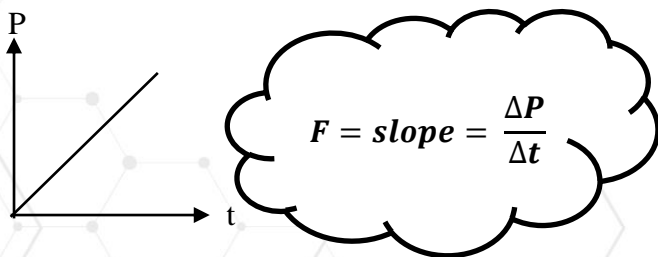
تعريف مبرهنة الدفع - الزخم:

هو الدفع الذي تحدثه القوة المحصلة في الجسم خلال فترة زمنية ما يساوي التغير في زخم الجسم خلال تلك الفترة.

تعريف القوة (نص قانون نيوتن الثاني بدلالة الزخم الخطي):

هو المعدل الزمني لتغير الزخم الخطي لجسم ويكون متجه التغير في الزخم الخطي باتجاه القوة المحصلة دائماً.

ملاحظة: ميل الخط المستقيم الناتج عن تمثيل الزخم على محور (y) والزمن على محور (x) هو القوة.



الدفع :

هو كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب القوة في زمن تأثيرها .

و يكون الدفع باتجاه القوة و يرمز له بالرمز (I).

$$I = \sum F \cdot \Delta t$$

حيث أن:

I : الدفع.

F : القوة المؤثرة.

Δt : زمن تأثير القوة.

سؤال(1): ما وحده قياس الدفع ؟ N.S

سؤال(2): ما العوامل التي يعتمد عليها الدفع المؤثر على الجسم ؟

1- القوة المؤثرة 2- زمن تأثيرها

مثال تمهيدي: ركل لاعب كرة قدم بشدة 40N نحو الغرب وكان زمن تلامس قدمه مع الكرة 0.1 sec جد دفع قدم اللاعب على الكرة؟

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$I = 40 \times 0.1 = 4 \text{ N.S, X}$$

مبرهنة الدفع - الزخم:

بفرض أن قوة ما أثرت على جسم ما كتلته (m) وأدت إلى تغيير في سرعته بمقدار (ΔV) خلال فترة زمنية مقدارها (Δt) فإن التغير في زخمه يعطي بالعلاقة :

$$\Delta \vec{P} = m \Delta \vec{V}$$

بقسمة طرفي المعادلة على Δt:

$$\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = m \left(\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} \right)$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = m \text{ (a)}$$

- ب. زخم الكرة بعد التصادم.
ج. الدفع.
د. القوة التي أثرت على الكرة.

الحل:

أ. $P_i = m V_i$

$= 0.2 \times 10 = 2 \text{ kg.m/s} , X+$

ب. $P_f = m V_f$

$= 0.2 \times -12 = -2.4 \text{ kg m/s}$

الإشارة السالبة تعني نحو محور X-

ج. $I = \Delta P$

$I = P_f - P_i$

$I = -2.4 - 2 = -4.4 \text{ N.s}$

OR $I=4.4 \text{ N.s}, X-$

د. $F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{-4.4}{20 \times 10^{-3}}$

$F = \frac{-44 \times 10^{-1}}{2 \times 10^{-2}} = -220 \text{ N}$

ملاحظات هامة:

1) عند ثبات القوة المحصلة المؤثرة، يزداد التغير في الزخم بزيادة زمن تأثير هذه القوة فعند دفع عربة تسوق بقوة محصلة ثابتة، يزداد التغير في زخمها بزيادة زمن تأثير القوة. وعند ركل لاعب كرة قدم يزداد التغير في الزخم بزيادة زمن التأثير.

2) عند ثبات مقدار التغير في الزخم الخطي، يتناسب مقدار القوة المحصلة عكسياً مع زمن التأثير. فمثلاً يثني المظلي رجله لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض ليقل مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيه.

سؤال(3): سيارة كتلتها 1200kg تسير بسرعة 20 m/s نحو محور X+ فإذا ضغط السائق على كوابح السيارة فانخفضت سرعتها إلى 8 m/s في نفس الاتجاه في زمن مقداره 6 sec، احسب متوسط القوة التي أثرت في السيارة خلال هذه الفترة؟

*الحل:

$I = \Delta P = m (V_f - V_i)$

$I = 1200 (8 - 20) = -14400 \text{ N.s}$

$I = F \cdot \Delta t$

$-14400 = F \times 6 \rightarrow F = \frac{-14400}{6}$

$F = -2400 \text{ N}$

تدل الإشارة السالبة على أن القوة عكس اتجاه الحركة،

يعني نحو محور X-

سؤال(4): كرة ساكنة كتلتها 200 g أثرت فيهما قوة مقدارها 2 N نحو الشرق لمدة 0.5 sec فحركتها بسرعة 5 m/s شرقاً أحسب:

أ. الدفع التي تعرضت لها الكرة

ب. زخم الكرة قبل التأثير بهما بقوة وبعد التأثير

الحل:

أ. $I = F \cdot \Delta t = 2 \times 0.5 = 1 \text{ N.s}$

ب. $P_i = m V_i = 200 \times 10^{-3} \times 0 = 0$

$P_f = m V_f = 200 \times 10^{-3} \times 5$

$= 1 \text{ kg.m/s} , X+$

سؤال(5) : يضرب لاعب كرة كتلتها 0.2 kg بسرعة 10 m/s باتجاه محور X+ فترتد عن مضرب آخر بسرعة 12 m/s فإذا كان زمن تلامس الكرة مع المضرب 20 ms فاحسب:
أ. زخم الكرة قبل التصادم.

سؤال (6): أسئلة تفسيرية

أ) في مسابقة رياضة الوثب الطويل تغطي أرضية مكان هبوط اللاعب بطبقة من الرمل ليسقط عليها فسر ذلك؟

➤ لتقليل أثر القوة في اللاعب نتيجة انزلاقه على الرمال مما يؤدي إلى زيادة زمن تغير الزخم

ب) مستخدماً مبرهنة (الدفع - الزخم) بين أهمية تزويد المركبات الحديثة بوسادات هوائية؟

➤ لأن الوسادات الهوائية تعمل على زيادة زمن تأثير القوة مما يؤدي إلى تقليل القوة المؤثرة على الشخص.

ج) يلجأ سائق المركبة للضغط على الفرامل لفترات زمنية متتالية حتى تتوقف السيارة؟

➤ الإجابة: لأنه بذلك يعمل على زيادة زمن التلامس مع الكوابح فتقل القوة المؤثرة حسب العلاقة $F = \frac{I}{\Delta t}$

د) إذا كانت طاقة حركة جسم ما تساوي صفر فكم يكون زخمه؟

➤ يكون الزخم صفرًا لأن السرعة تساوي صفر.

سؤال (7): مبتدئاً بقانون نيوتن الثاني $F = ma$ أثبت أن الدفع يساوي التغير في كمية التحرك؟

$$F = ma$$

$$F = m \frac{\Delta v}{t} \quad (\text{نضرب الطرفين ب } t)$$

$$F \cdot t = m \Delta v$$

$$I = \Delta P$$

سؤال (8): أثبت أن دفع القوة المحصلة على جسم ما يساوي التغير في الزخم مستخدماً معادلة الحركة $(V_f = V_i + a t)$ ؟

$$V_f = V_i + a t$$

$$V_f - V_i = a t \quad (\text{بضرب الطرفين ب } m)$$

$$m (V_f - V_i) = m a t$$

$$\Delta P = F \cdot \Delta t$$

$$\Delta p = I$$

مثال (كتاب/1):

وضع صندوق كتلته (100kg) في شاحنة تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها (20 m/s)، إذا ضغط السائق على دواسة المكابح، فتوقفت الشاحنة خلال (5 s) من لحظة الضغط على المكابح؛ فأحسب مقدار ما يأتي:

أ. الزخم الخطي الابتدائي للصندوق.

ب. الدفع المؤثر في الصندوق.

ج. قوة الاحتكاك المتوسطة اللازم تأثيرها في الصندوق لمنع من الانزلاق.

$$m = 100 \text{ kg}, v_i = 20 \text{ m/s}, +x,$$

$$v_f = 0, \Delta t = 5 \text{ s.}$$

$$\text{المطلوب: } p_i = ?, I = ?, f_s = ?$$

الحل: أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه

الموجب باتجاه حركة الشاحنة، وهو باتجاه

محور +x

مثال (كتاب/2):

يركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها (450 g)؛
فتنطلق بسرعة (30 m/s) في اتجاه محور +x، إذا
علمت أن القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال
زمن تلامسها مع قدم اللاعب تساوي (135 N)؛
فأحسب مقدار ما يأتي بإهمال وزن الكرة مقارنةً
بالقوة المؤثرة فيها:

أ. زخم الكرة عند لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب.

ب. زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب.

ج. الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم
اللاعب.

الحل: أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه

الموجب باتجاه محور +x.

أ. حسب الزخم الخطي للكرة لحظة ابتعادها عن قدم

اللاعب، وهو يساوي زخمها النهائي، حيث زخمها

الابتدائي صفر؛ إذ تكون الكرة ساكنة قبل ركلها.

$$pf = mvf = 0.45 \times 30 = 13.5 \text{ kg. m/s}$$

$$pf = 13.5 \text{ kg. m/s, } +x$$

الزخم الخطي النهائي موجب؛ إذ تتحرك الكرة في

اتجاه محور +x.

ب- أستخدم الصيغة العامة لقانون نيوتن الثاني

لحساب زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب كما يأتي:

$$\sum F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \longrightarrow \Delta t = \frac{\Delta P}{\sum F} = \frac{P_f - P_i}{135}$$

$$\Delta t = \frac{13.5 - 0}{135} = 0.1 \text{ s}$$

ج-

$$I = \Delta P = P_f - P_i$$

$$I = 13.5 - 0 = 13.5 \text{ N.S, } X^+$$

أ. تتحرك الشاحنة باتجاه محور +x لذا تكون

السرعة المتجهة الابتدائية للصندوق موجبة،

و أحسب زخمه الخطي الابتدائي كما يأتي:

$$P_i = m v_i = 100 \times 20$$

$$P_i = 2000 \text{ kg. m/s, } +x$$

الزخم الخطي الابتدائي موجب؛ فيكون باتجاه

محور +x

ب. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي - الدفع) لحساب

الدفع. ألاحظ أن الزخم الخطي النهائي للصندوق

يساوي صفر؛ لأن مقدار سرعته المتجهة النهائية

يساوي صفر.

$$I = \Delta p = pf - pi$$

$$I = mvf - 2000 = 100 \times 0 - 2000$$

$$I = -2000 \text{ kg. m/s, } -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في اتجاه الغرب (-x) لأنه

يؤثر في الصندوق بعكس اتجاه سرعته الابتدائية.

ج. أستخدم الصيغة العامة للقانون الثاني لنيوتن

لحساب قوة الاحتكاك اللازم تأثيرها في الصندوق

لمنعه من الانزلاق وهي نفسها القوة المتوسطة

المؤثرة فيه خلال فترة توقف الشاحنة.

$$\sum F = fs = \frac{\Delta p}{t}$$

$$fs = \frac{-2000}{5} = -400 \text{ N}$$

$$fs = 400 \text{ N, } X^-$$

تؤثر قوة الاحتكاك في الاتجاه المعاكس لاتجاه

سرعة الصندوق؛ لذا يكون اتجاهها في اتجاه -x

(غرباً).

تمرين (كتاب): كرة تنس 60 g يقذفها لاعب للأعلى وعند وصولها إلى قمة مسارها الرأسي يضربها أفقياً بالمضرب فتنتقل بسرعة مقدارها 55 m/s في اتجاه الشرق إذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع المضرب 4 ms احسب ما يلي :

أ- الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة

ب- القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة.

الحل: (أ)

$$I = m (V_f - V_i)$$

$$I = 60 \times 10^{-3} (55 - 0) = 3.3 \text{ N.S, X+}$$

(ب)

$$\sum F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{3.3}{4 \times 10^{-3}} = \frac{33 \times 10^{-1}}{4 \times 10^{-3}}$$

$$\sum F = \frac{33 \times 100}{4} = 825 \text{ N, X+}$$

*الربط مع التكنولوجيا:

تنتفخ الوسادة الهوائية في أثناء حدوث تصادم لسيارة، إذ تحفز القوة الناتجة عن التصادم مجسماً محدداً، يطلق تفاعلاً كيميائياً ينتج عنه غاز يؤدي إلى انتفاخ الوسادة بسرعة. وتعمل الوسادة على زيادة زمن تأثير القوة الذي يتم خلاله إيقاف جسم الراكب عن الحركة، وبالتالي تقليل مقدار القوة المؤثرة فيه، ما يقلل من احتمال حدوث إصابة. كما تعمل الوسادة الهوائية على توزيع القوة على مساحة أكبر من جسم الراكب، فيقل ضغطها المؤثر فيه.

سؤال (9) : كرة كتلتها 2 kg سقطت سقوطاً حرّاً من ارتفاع 20 m فاصطدمت بالأرض وارتدت عنها بسرعة 6 m/s إذا كان زمن التصادم 100 ms فأحسب:

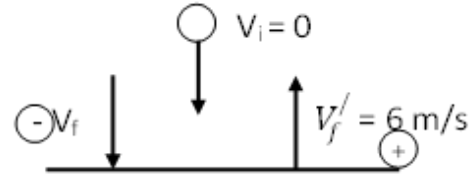
أ. سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض.

ب. محصلة القوة المؤثرة على الكرة.

ج. متوسط قوة الدفع على الكرة لحظة اصطدامها

بالأرض دون إهمال وزن الكرة.

الحل:



$$أ. \quad V_f^2 = V_i^2 + 2gh$$

$$V_f^2 = 2 \times 10 \times 20$$

$$V_f = -20 \text{ m/s}$$

إشارة السرعة سالبة لأن الجسم نازل

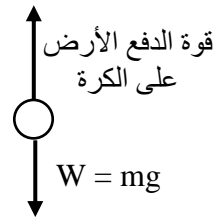
$$ب) \quad I = \sum F \cdot \Delta t$$

$$m (V_f' - V_f) = \sum F \times 100 \times 10^{-3}$$

$$2 (6 - -20) = \sum F \times 10^{-1}$$

$$52 = \sum F \times 10^{-1} \rightarrow \sum F = 520 \text{ N}$$

(ج)

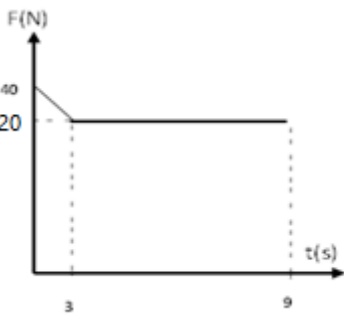


$$\sum F = \text{دفع} - mg$$

$$520 = \text{دفع} - 20$$

$$\text{دفع} = 540 \text{ N}$$

سؤال (3): جسم كتلته 3Kg يتحرك بسرعه 5m/s في خط مستقيم أثرت عليه قوة متغيرة كما في الشكل. بالاعتماد علي البيانات الموضحة في الشكل البياني المجاور جد :
السرعة النهائية للجسم.



$$1) I = m(V_f - V_i)$$

$$\frac{1}{2} \times 3 \times 20 + (20 \times 9) = 3(V_f - 5)$$

$$210 = 3(V_f - 5)$$

$$70 = V_f - 5$$

$$V_f = 75 \text{ m/s}$$

$$2) F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

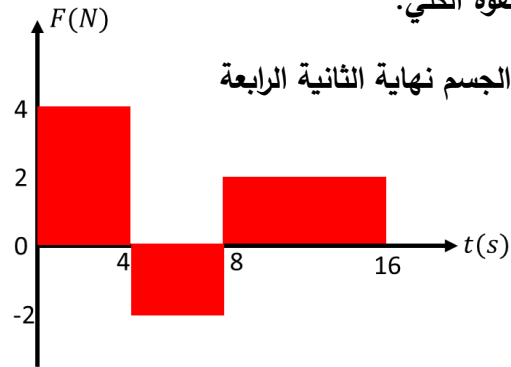
$$F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{210}{9} = 23.34 \text{ N}$$

سؤال (1): أثرت قوة متغيرة كما في الشكل المجاور ، على جسم ساكن كتلته 4Kg ، بالاعتماد على القيم الموضحة على الشكل جد :

1- دفع القوة بعد 4 ثواني.

2- دفع القوة الكلي.

3- سرعه الجسم نهاية الثانية الرابعة



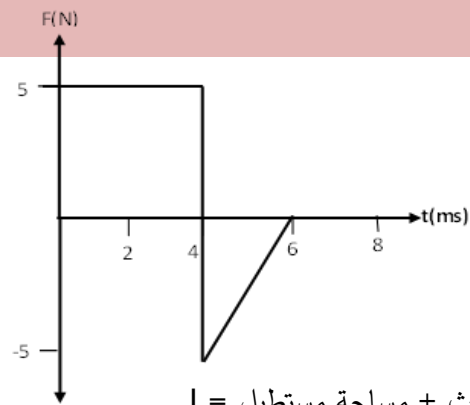
1) المساحة المحصورة تحت منحنى I =

$$= 4 \times 4 = 16 \text{ N.S}$$

$$2) I = (4 \times 4) + (4 \times -2) + (8 \times 2) = 24 \text{ N.s}$$

$$3) 16 = 4(V_f - 0) \longrightarrow V_f = 4 \text{ m/s}$$

سؤال (2): بالاعتماد على الشكل المجاور احسب الدفع الكلي؟



I = مساحة مثلث + مساحة مستطيل

$$I = 5 \times 4 \times 10^{-3} + \frac{1}{2} \times (6-4) \times 10^{-3} \times -5$$

$$I = 20 \times 10^{-3} + -5 \times 10^{-3}$$

$$I = 15 \times 10^{-3} = 0.015 \text{ N.s}$$

الحل:

مساحة مستطيل 1 + مساحة مثلث + مساحة مستطيل = I

$$I = 4 \times 10 + \frac{1}{2} \times 10 \times (12 - 4) + (20 - 10) \times 12 + \frac{1}{2} (30 - 20) \times 12$$

$$I = 40 + 5 \times 8 + 10 \times 12 + 6 \times 10$$

$$I = 40 + 40 + 120 + 60 = 260 \text{ N.s}$$

ب) $I = F \Delta t$

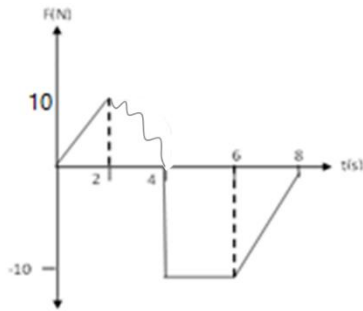
$$260 = F \times 30 \rightarrow F = 8.6 \text{ N}$$

$$F = m a$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{8.6}{2} = 4.3 \text{ m/s}^2$$

سؤال (6): يستقر جسم كتلته 4 kg على سطح

ألمس، إذا أثرت عليه قوة متغيرة كما في الشكل علمًا بأن الدفع الكلي 80 N.s احسب الدفع خلال الفترة (2 - 4 s) ؟



مساحة مثلث 2 + مساحة مستطيل + مساحة غير منتظم + مساحة مثلث 1 = I

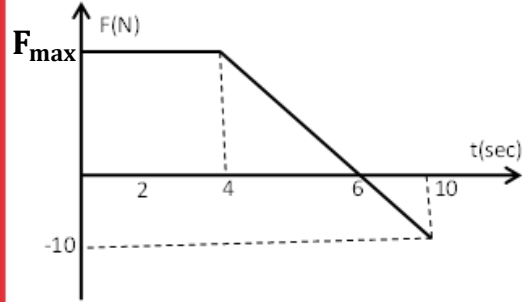
$$80 = \frac{1}{2} \times (2 - 0) \times 10 + I_{2-4} + (6 - 4) \times -10 + \frac{1}{2} \times (8 - 6) \times -10$$

$$80 = 10 + I_{2-4} - 20 - 10$$

$$80 = I_{2-4} - 20 \rightarrow I_{2-4} = 100 \text{ N.s}$$

سؤال (4): أثرت قوة متغيرة على جسم كتلته 5Kg يتحرك بسرعة 10m/s و كان الدفع الكلي خلال 10 ثواني يساوي 13N.S احسب :

1- مقدار القوة F_{max} 2- أكبر سرعة يمتلكها الجسم



1) $I =$ الكلية المساحة

$$13 = (4 \times F) + \left(\frac{1}{2} \times F \times 2\right) - \left(\frac{1}{2} \times 4 \times 10\right)$$

$$13 = 4 F + F - 20 \rightarrow 33 = 5F$$

$$F = 6.6 \text{ N}$$

2) للحصول على أكبر سرعة يجب أن يكون الدفع أكبر ما يمكن

$I =$ مساحة مثلث + مساحة مستطيل

$$I = 6.6 \times 4 + \frac{1}{2} (6 - 4) \times 6.6 = 33 \text{ N.s}$$

$$33 = 5(V_f - 10)$$

$$V_f = 16.6 \text{ m/s}$$

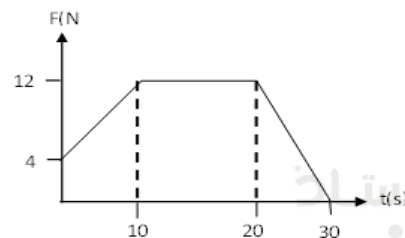
سؤال (5): جسم كتلته 2 kg يستقر على سطح أفقي

ألمس أثرت عليه قوة متغيرة مع الزمن كما في الشكل المجاور، احسب: أ- الدفع الكلي.

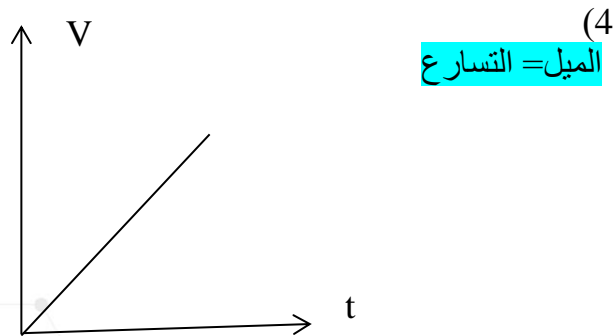
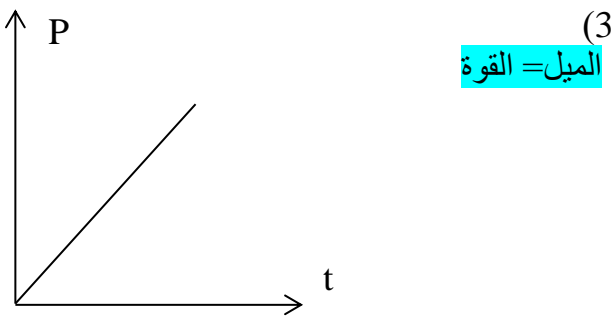
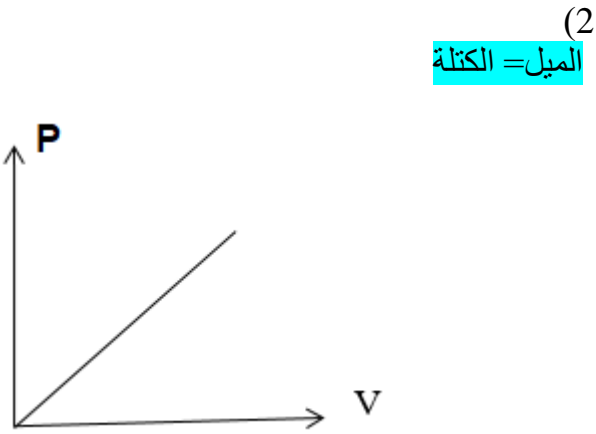
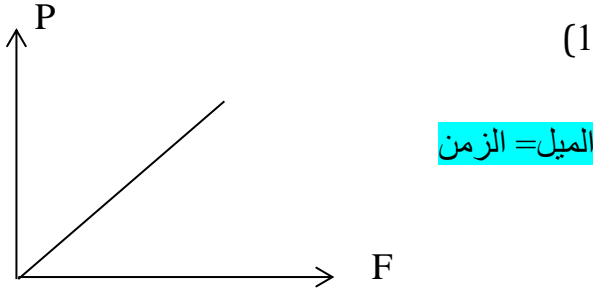
ب- تسارع

الجسم خلال

تلك الفترة



سؤال (8) : ما اسم الكمية الفيزيائية التي تكافئ الميل في كل مما يلي :

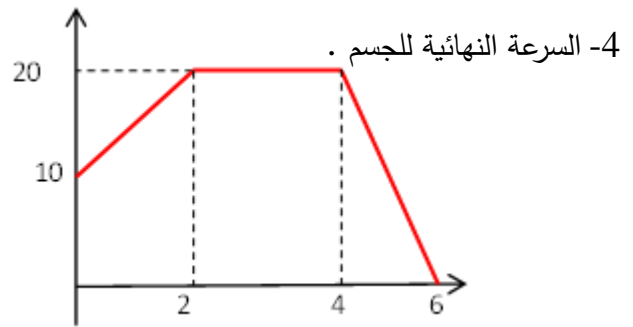


سؤال (7): في الرسم البياني الذي بالأسفل يوضح العلاقة بين الزخم الخطي لجسم و الزمن كتلته (m) و بدأ حركته بسرعه 5m/s أوجد:

1- القوة المحصلة خلال 2 sec .

2- سرعة الجسم بعد 2 sec .

3- القوة المحصلة خلال (2 → 4sec) .



من الرسم $P_1 = mV$

$$10 = m (5)$$

$$m = 2\text{Kg}$$

$$1) F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{20-10}{2} = 5\text{N}$$

$$2) P_2 = 20 = mV$$

$$20 = 2V \rightarrow V = 10\text{m/s}$$

$$3) F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = 0$$

$$4) P_f = 0 \quad \text{من الرسم}$$

$$V_f = 0$$

سؤال(3): إذا زادت كمية تحرك جسم ما إلى ثلاث أضعاف، فاحسب طاقته الحركية النهائية، ثم التغير في طاقته الحركية؟

$$KE_f = n^2 KE_i$$

$$KE_f = (3)^2 KE_i \rightarrow KE_f = 9 KE_i$$

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = 9 KE_i - KE_i$$

$$\Delta KE = 8 KE_i$$

سؤال(4): جسم كمية تحركه $10\sqrt{2}$ kg.m/s فإذا تضاعفت طاقته الحركية فإن زخم الجسم النهائي يساوي؟

$$P_f = \sqrt{n} P_i, n = 2$$

$$P_f = \sqrt{2} \times 10\sqrt{2} = 2 \times 10 = 20 \text{ kg.m/s}$$

سؤال(5): جسمان لهما نفس الكتلة وكان زخم الجسم الأول يساوي ضعفي زخم الجسم الثاني فإن الطاقة الحركية للجسم الثاني؟

$$KE_1 = n^2 KE_2$$

$$KE_1 = (2)^2 KE_2$$

$$KE_1 = 4 KE_2 \rightarrow \text{OR } KE_2 = \frac{1}{4} KE_1$$

العلاقة بين زخم الخطي و الطاقة الحركية

1- في البداية نعلم ان الطاقة الحركية

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

2- نقوم بضرب حرفي المعادلة في m

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

3- نعلم ان $p = mv$ وبالمثل $p^2 = m^2v^2$

$$mKE = \frac{1}{2}p^2$$

$$p = \sqrt{2m KE} \text{ OR } KE = \frac{p^2}{2m}$$

سؤال(1): كرة كتلتها 2 Kg تتحرك نحو الجنوب بطاقة حركية 16 J فاحسب الزخم الخطي؟

$$\vec{p} = \sqrt{2mKE}$$

$$= \sqrt{2 \times 2 \times 16} = 8 \text{ Kg.m/s} \text{ ، باتجاه الجنوب}$$

*حالات خاصة على الزخم:

1- عندما يكون للجسمان نفس الكتلة وتضاعفت طاقته الحركية بمقدار (n) $\leftarrow KE_2 = n KE_1$ فإن زخم الجسم يكون: $P_2 = \sqrt{n} P_1$

2- عندما يكون للجسمان نفس الكتلة وتضاعف الزخم بمقدار (n) يعني

($P_2 = n P_1$) فإن الطاقة الحركية تصبح:

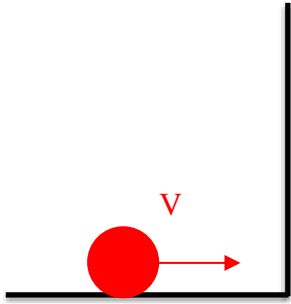
$$KE_2 = n^2 KE_1, n: \text{مقدار مضاعفة الزخم}$$

سؤال(2): جسمان لهما نفس الكتلة وكانت الطاقة الحركية للجسم الثاني أربعة أضعاف الجسم الأول فإن زخم الجسم الثاني يساوي؟

$$P_2 = \sqrt{n} P_1, n = 4$$

$$P_2 = \sqrt{4} P_1 \rightarrow P_2 = 2 P_1$$

سؤال (7): جسم كتلته (4Kg) يتحرك بسرعه أفقية (10m/s) نحو حائط رأسي كما في الشكل المجاور فارتدت بعد تصادمه بالحائط و فقدت 36% من طاقة حركته نتيجة التصادم .



- 1- سرعه الجسم بعد التصادم .
- 2- متوسط القوة المؤثرة على الكرة نتيجة التصادم اذا علمت أن زمن التلامس 0.01s

$$1) KE_2 = \frac{64}{100} KE_1$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{64}{100} \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$v_2^2 = \frac{64}{100} (100)$$

$$v_2 = 8m/s$$

والإشارة سالبة لأنها ارتدت يسارًا

$$2) F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{4(-8-10)}{0.01} = -7200 \text{ N}$$

الإشارة السالبة للاتجاه فقط

سؤال (6): جسمان (x,y) كتلة x نصف كتلة y، والطاقة الحركية لx أربعة أضعاف الطاقة الحركية لy فجد مايلي: أ) $V_x : V_y$ ب) $P_y : P_x$

* حفظ الزخم الخطي والقانون الثالث لنيوتن في الحركة:

يوضح الشكل المجاور كرتي بلياردو قبل التصادم مباشرة وفي أثناء التصادم وبعده مباشرة. تؤثر كل كرة بقوة في الكرة الأخرى في أثناء عملية تصادمهما معا، تكون هاتان القوتان متساويتين في المقدار، ومتعاكستين في الاتجاه بحسب القانون الثالث لنيوتن في الحركة إذا أنهما تمثلان زوجي تأثير متبادل (فعل ورد فعل) ونعبر عنهم كما يلي:

$$F_{AB} = - F_{BA}$$

الفترة الزمنية التي أثرت بها الكرة A في الكرة B بالقوة F_{AB} في أثناء تلامس الكرتين هي نفسها الفترة الزمنية التي أثرت بها الكرة B في الكرة A بالقوة F_{BA} ، لذا فإنه بضرب طرفي المعادلة السابقة بالفترة الزمنية لتلامس الكرتين نتوصل الى العلاقة التالية:

$$F_{AB} \times \Delta t = - F_{BA} \times \Delta t$$

أي أن دفع الكرة A في الكرة B ($I_{AB} = \Delta P_B$) يساوي في المقدار دفع الكرة B في الكرة A

$$(I_{BA} = \Delta P_A)$$

ويعاكسه في الاتجاه، وبما أن التغيير في الزخم الخطي يساوي الدفع فإننا نحصل على:

$$I_{AB} = - I_{BA}$$

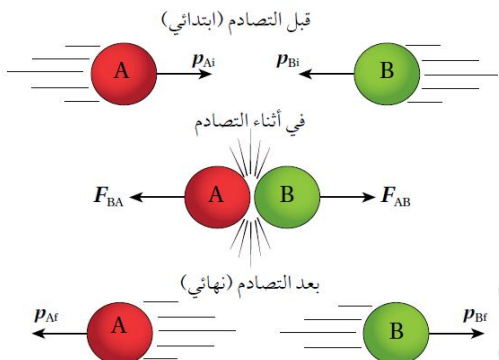
$$\Delta P_B = - \Delta P_A$$

أي أن:

$$P_{Bf} - P_{Bi} = -(P_{Af} - P_{Ai})$$

وبإعادة ترتيب الحدود نحصل على قانون حفظ الزخم:

$$m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$$



حفظ الزخم الخطي:

النظام المعزول: هو النظام الذي يكون فيه محصلة القوى الخارجية عليه تساوي صفر.

أتحقق: متى يمكنني إهمال القوى الخارجية المؤثرة في نظام كي أعده معزولاً؟

لو أخذنا على سبيل المثال نظام مكون من كرتي بلياردو فإن هذا النظام يعتبر معزولاً إذ أن القوى الخارجية المؤثرة فيه، مثل قوة الاحتكاك مثلاً، تكون صغيرة جداً مقارنة بالقوة التي تؤثر بها كل من الكرتين في الأخرى في أثناء التصادم (قوى داخلية في النظام) لذا نهمل هذه القوى الخارجية.

ملاحظات هامة:

1- القوى الوحيدة التي تؤثر في النظام المعزول هي القوة المتبادلة بين الأجسام داخل النظام.

2- مقدار التغيير في الزخم للنظام يساوي صفر ($\Delta P = 0$)

يعني بأن الزخم يبقى ثابت ($P_f = P_i = P$ ثابت)

3- قانون حفظ الزخم يمثل قانون نيوتن الثالث (هو صيغة أخرى لقانون نيوتن الثالث)

4- أمثلة على النظام المعزول:

1. سطح أملس
2. سطح ماء
3. سطح جليد
4. فضاء خارجي

تعريف قانون حفظ الزخم:

إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة في مجموعة من الأجسام بينهما تأثير متبادل في نظام مغلق ومعزول يساوي صفر، فإن مجموع الزخم لهذه الأجسام يبقى ثابت

$$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$$

ملاحظة: يتم أخذ الإشارات (إشارات اتجاه الحركة) بعين الاعتبار عند التعويض في الزخم.

*ملاحظة: يمكن أن يحتوي النظام المعزول على أعداد مختلفة من الأجسام المتفاعلة (المتصادمة) معا، وقد يحدث التصادم بينها في بعد واحد أو بعدين أو ثلاثة أبعاد وبعد تصادم هذه الأجسام فإنها قد ترتد عن بعضها بعضا أو تلتصق ببعضها البعض أو تنفصل عن بعضها البعض مثل الانفجارات.

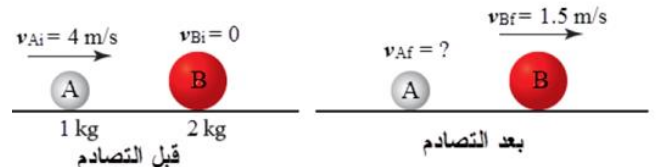
تحقق: ما العلاقة بين اتجاه الدفع المؤثر في جسم واتجاه التغير في زخمه الخطي؟

دائما بنفس الاتجاه.

تحقق: أذكر نص قانون حفظ الزخم الخطي؟

ينص على أنه عندما يتفاعل جسمان أو أكثر في نظام معزول، يظل الزخم الكلي للنظام ثابتا. كما يمكن التعبير عنه بأن الزخم الخطي الكلي لنظام معزول قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم.

مثال (كتاب/4): يوضح الشكل بالأسفل تصادم كرتين A و B حيث تتحرك الكرة A باتجاه محور X+ بسرعة مقدارها (4 m/s) نحو الكرة B الساكنة. بعد التصادم تحركت الكرة B بسرعة مقدارها (1.5 m/s) في الاتجاه نفسه لسرعة الكرة A قبل التصادم. إذا علمت أن (m_B = 2 Kg) و (m_A = 1 Kg)، احسب مقدار سرعة الكرة A بعد التصادم واتجاهها.



المطلوب: $v_{Af} = ?$

الحل: أختار نظام X+. ثم أطبق قانون حفظ الزخم

إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه محور

الخطي على نظام الكرتين.

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$

$$P_{Ai} + P_{Bi} = P_{Af} + P_{Bf}$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$1.0 \times 4.0 + 2.0 \times 0 = 1.0 \times v_{Af} + 2.0 \times 1.5$$

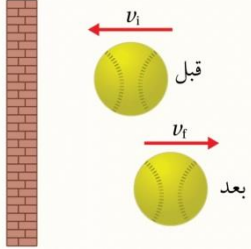
$$v_{Af} = 4.0 - 3.0 = 1.0 \text{ m/s}$$

$$v_{Af} = 1.0 \text{ m/s}, +x$$

بما أن السرعة المتجهة النهائية للكرة A موجبة، فهذا يعني أن اتجاه سرعتها نحو X+، أي بنفس اتجاه سرعتها قبل التصادم.

أسئلة مراجعة الدرس الأول

2. كرة كتلتها (0.5 kg) تصطدم بجدار بسرعة (v_i) 30 m/s ، وترتد عنه بسرعة (v_f)، كما يبين الشكل. إذا كان الدفع المؤثر في الكرة ($25 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$)؛ فإن مقدار السرعة (v_f) بوحدة (m/s) يساوي:

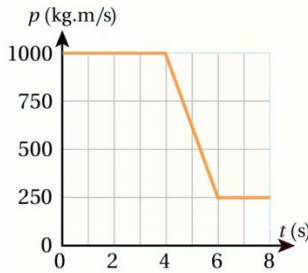


- أ. 80 ب. 30 ج. 20 د. 0

3. شاحنة غير محملة بالبضائع تتحرك بسرعة (v)، عند الضغط على المكابح توقفت خلال مدة زمنية (Δt_1). عندما تكون هذه الشاحنة محملة بالبضائع، وتتحرك بالسرعة نفسها وتؤثر المكابح بالقوة نفسها تتوقف خلال مدة زمنية (Δt_2). أي العلاقات الآتية تصف التغير في الزخم ومدة التوقف في الحالتين؟

- أ. $\Delta P_2 > \Delta P_1, \Delta t_2 > \Delta t_1$ ب. $\Delta P_2 < \Delta P_1, \Delta t_2 < \Delta t_1$
ج. $\Delta P_2 = \Delta P_1, \Delta t_2 > \Delta t_1$ د. $\Delta P_2 = \Delta P_1, \Delta t_2 < \Delta t_1$

- * بين الشكل المجاور تمثيلاً بيانياً لزخم دراجة هوائية متحركة خلال مدة (8.0 s) عند اللحظة ($t=4.0 \text{ s}$) استخدم راكب الدراجة المكابح. معتمداً على الرسم البياني، أجب عن الفقرتين الآتيتين:



4. ما مقدار القوة المحصلة التي أثرت في الدراجة في أثناء استخدام المكابح؟
أ. 125 N ب. 250 N ج. 375 N د. 750 N

5. إذا كانت السرعة الابتدائية للدراجة (20 m/s)، فإن سرعتها النهائية بعدم استخدام المكابح تساوي:
أ. 5 m/s ب. 8 m/s ج. 10 m/s د. 15 m/s

1. الفكرة الرئيسية: ما المقصود بالزخم الخطي لجسم؟ ما العلاقة بين الدفع المؤثر في جسم والتغير في زخمه الخطي؟

2. استنتج: بحسب علاقة تعريف الزخم الخطي $p=mv$ ؛ تكون وحدة قياسه $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ، وبحسب ميرهنه (الزخم الخطي - الدفع) تكون وحدة قياسه (N.s). أثبت أن هاتين الوحدتين متكافئتان.

3. أوضح: متى يكون الزخم الخطي لنظام محفوظاً؟

4. أفسر: ذهب محمد إلى مدينة الألعاب، وعند قيادته سيارة كهربائية واصطدامها بالسيارات الأخرى وجد أن تأثير هذه التصادمات عليه قليل. وعند تركيز انتباهه على هذه السيارات؛ لاحظ وجود حزام من مادة مطاطية يحيط بجسم السيارة. أفسر سبب وجود هذا الحزام المطاطي.

5. أفسر ما يأتي:

- أ. يسند الصياد كعب بندقية الصيد إلى كتفه بإحكام عند إطلاق الرصاص.
ب. تغير المركبة الفضائية من مقدار سرعتها أو اتجاه حركتها من طريق التحكم بكمية الغازات المندفعة منها واتجاه اندفاعها.

6. استخدم الأرقام: تنزلق عربة (A) كتلتها (2.0 kg) على مدرج هوائي (عديم الاحتكاك) بسرعة (5 m/s) باتجاه (+x)، فتصطدم بعربة أخرى (B) ساكنة على المدرج كتلتها (0.6 kg). إذا كان التغير في الزخم الخطي للعربة (A) نتيجة التصادم يساوي ($-1.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$)؛ أحسب ما يأتي:

- أ. سرعة كل من العربتين بعد التصادم مباشرة.
ب. زمن التلامس بين العربتين إذا كانت القوة التي أثرت بها إحدى العربتين في الأخرى (5.0 N).

7. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. أثرت قوة محصلة مقدارها (3.2 N) في جسم ساكن كتلته (4 kg) مدة زمنية مقدارها (20 s)، وحركته باتجاهها. إن مقدار السرعة النهائية للجسم بوحدة (m/s) يساوي:
أ. 0.04 ب. 4 ج. 16 د. 64



ورقة عمل :

سؤال (1): جسم وزنه 20 N و سرعته 5m/s احسب زخمه؟

الإجابة [10 Kg.m/s]

سؤال (2): كرة كتلتها 2kg اقتربت من مضرب بسرعة 20 m/s فارتدت عن المضرب باتجاه معاكس بسرعة 35 m/s احسب :

أ- دفع المضرب على الكرة

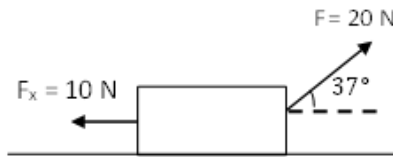
ب- متوسط القوة التي أثرت فيه المضرب على الكرة إذا دام زمن التلامس 0.1s

الإجابة: أ) 110 N.S

ب) -1100 N

سؤال (3): جسم كمية تحركه $10\sqrt{2}$ kg.m/s فإذا تضاعفت طاقته الحركية فإن زخم الجسم يساوي؟

الإجابة: 20 kg.m/s



سؤال (4): في

الشكل

المجاور أثرت

قوة مقدارها 20 N على جسم كتلته 5 kg متحرك بسرعة مقدارها 3 m/s على سطح أفقي خشن، علماً بأن قوة الاحتكاك تساوي 10 N احسب: دفع القوة على الجسم خلال نصف دقيقة.

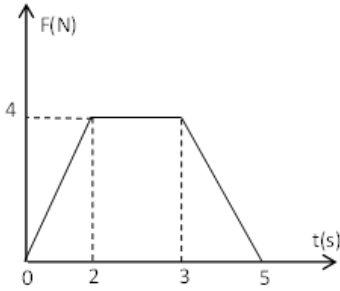
الدفع الكلي المؤثر على الجسم لمدة نصف دقيقة.

علماً بأن $\cos 37^\circ = 0.8$ ، $\sin 37^\circ = 0.6$

الإجابة:

600 N.s (1)

180 N.s,X+ (2)



سؤال (5): تؤثر قوة

كما في الشكل

المجاور على جسم

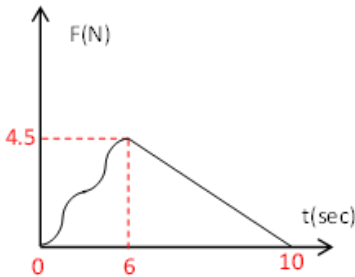
ساكن كتلته 2Kg

مع الزمن احسب :

1- مقدار الدفع خلال 3 sec [8N.S]

2- السرعة النهائية للجسم [6 m/s]

3- متوسط القوة المؤثرة خلال 5 sec [$\frac{12}{5}$ N]



سؤال (6): الشكل

المجاور يمثل

منحنى القوة مع

الزمن المؤثرة على

جسم كتلته 3Kg

و كان يتحرك بسرعة 1 m/s لحظه بدأ تأثير القوة.

فإذا أصبحت سرعة الجسم 8m/s بعد مرور 10

sec احسب :

1- سرعة الجسم بعد 6 sec

2- متوسط القوة المؤثرة على الجسم خلال أول 6

sec

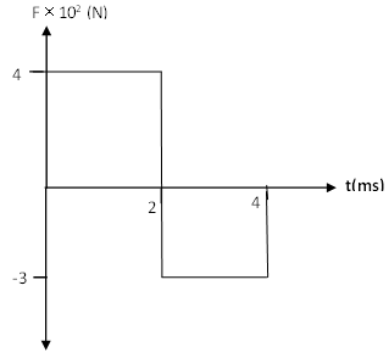
الإجابة [5 m/s , 2 N]



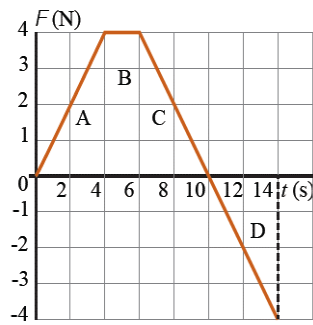
سؤال (7): بالاعتماد على الشكل المجاور حسب الدفع

الكلي؟

الإجابة: 2.0 N.s



سؤال (8) (أفكر كتاب): هل يمكن أن يكون مقدار الزخم الخطي لسيارة مساويا مقدار الزخم الخطي لشاحنة كبيرة كتلتها عشرة أضعاف كتلة السيارة؟

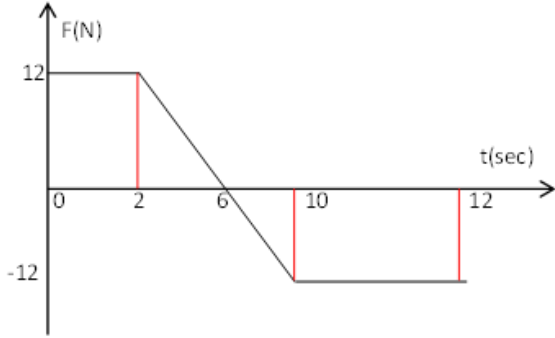


السؤال (9) (مثال/3 كتاب):
تؤثر قوة محصلةً باتجاه محور +x في صندوق ساكن كتلته (3 kg) مدةً زمنيةً مقدارها (14 s). إذا علمت أن مقدار القوة المحصلة يتغير بالنسبة

للزمن كما هو موضح في منحنى (القوة - الزمن) في الشكل فأحسب مقدار ما يأتي:

- الدفع المؤثر في الصندوق خلال الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة، وأحد اتجاهه .
- السرعة النهائية للصندوق في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة، وحدد اتجاهها.
- القوة المتوسطة المؤثرة في الصندوق خلال هذه الفترة الزمنية.

امتحان على الدرس الأول



سؤال(6): إذا كانت كمية تحرك جسم ما 50 kg.m/s وطاقته الحركية 120 J أحسب :

أ. كتلة الجسم ب. سرعة الجسم

سؤال(7): جسمان (A , B) حيث كتلة الجسم (B) تساوي 4 أضعاف كتلة الجسم (A) والطاقة الحركية لهما متساوية أحسب:

1- زخم الجسم (B) بالنسبة إلى زخم الجسم (A).

2- سرعة الجسم (B) بالنسبة إلى سرعة الجسم (A).

سؤال(8): كرة تتحرك بزخم خطي مقداره (p) اصطدمت بجائط و ارتدت عنه بعد ان خسرت ثلاثة أرباع طاقتها الحركية قبل التصادم .
أثبت أن مقدار الدفع من الجدار يعطي بالعلاقة

$$I = \frac{3P}{2}$$

السؤال(1): يستقر جسم كتلته 0.5 Kg على سطح أفقي املس أثرت فيه قوة مقدارها 20 N فحركته بسرعه 4 m/s احسب:

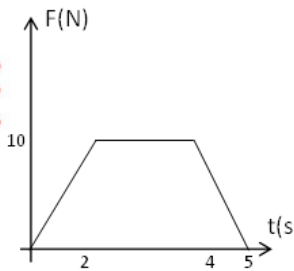
1- الدفع المؤثر علي الجسم .

2- زمن تأثير القوة على الجسم بوحدة (ms).

الإجابة:

1) 2 N.s

2) 100 ms



السؤال(2): يتحرك جسم كتلته 2 Kg بسرعة 3 m/s على سطح أفقي أملس أثرت عليه قوة متغيرة مثلت بيانياً

مع الزمن كما في الشكل المجاور ، جد :

1- سرعة الجسم بعد مرور 4 sec .

2- دفع القوة خلال 5 sec .

السؤال(3): الشكل المجاور يوضح العلاقة بين قوة أثرت على جسم كتلته 6 Kg يتحرك بسرعة 2 m/s على سطح أفقي املس خلال فترة زمنية

1- احسب الدفع خلال 12 sec .

2- احسب السرعة للجسم عند نهاية الثانية العاشرة جد متوسط القوة خلال 10 sec .



الدرس الثاني: تطبيقات على حفظ الزخم الخطي

*الطاقة الحركية والزخم الخطي للأجسام:

تعلمت أن أي جسم متحرك يمتلك زخم خطي، كذلك تعلمت في صفوف سابقة أن الجسم المتحرك يمتلك طاقة حركية انتقالية تعتمد على كل من كتلة الجسم وسرعته، ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

مثال تمهيدي: سيارة كتلتها 100 kg تتحرك بسرعة مقدارها

4m/s، ثم ضغط السائق على الكوابح فأصبحت السرعة

2m/s (جد مايلي: أ) الطاقة الحركية الابتدائية للسيارة

ب) الطاقة الحركية النهائية للسيارة

ج) التغير في الطاقة الحركية للسيارة

*الحل:

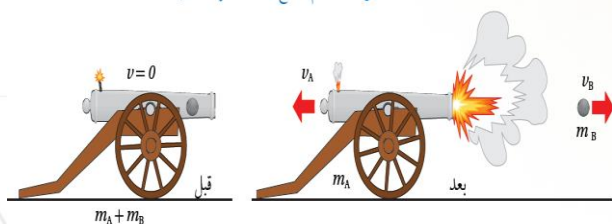
حفظ الزخم الخطي عند إطلاق قذيفة:

يوضح الشكل (10) مدفعا ساكنا كتلته (m_A) وبداخله قذيفة كتلتها (m_B). قبل إطلاق القذيفة يكون الزخم الخطي للنظام المكون منهما صفرا، وكذلك الطاقة الحركية. وعند انفجار البارود تؤثر قوة الانفجار في القذيفة فتخرج من فوهة المدفع بسرعة (v_B) باتجاه اليمين، ويرتد المدفع بسرعة (v_A) باتجاه اليسار. وبما أن تفكك النظام يحدث نتيجة تأثير قوى فعل ورد فعل داخلية، ناتجة من انفجار البارود؛ فإن الزخم الخطي يكون محفوظا، شريطة أن تكون قوة الاحتكاك الخارجية التي يؤثر بها سطح الأرض في المدفع مهملة مقارنة بالقوى الداخلية.

بعد الانفجار، يكون الزخم الخطي الكلي للنظام مساويا للزخم الخطي الكلي قبل الانفجار؛ ويساوي صفرا. ومع ذلك فإن طاقة الحركة للنظام ليست محفوظة. إذ يكتب النظام مقدارا كبيرا من طاقة الحركة بعد الانفجار؛ هذه الزيادة في طاقة الحركة للنظام مصدرها الطاقة الناتجة عن الانفجار نفسه.

في الأنظمة المعزولة التي يكون فيها الجسم متحركا قبل الانقسام (انفصال صاروخ مثلا)، يكون الزخم الخطي محفوظاً أيضاً، ويمتلك النظام طاقة حركية قبل الانقسام، وبعد الانقسام يزداد مقدار هذه الطاقة مما كان عليه قبل الانقسام.

الشكل (10): نظام المدفع والقذيفة الذي يعد معزولا



*الطاقة الحركية والزخم الخطي في الأنظمة المعزولة:

في الأنظمة المعزولة يكون الزخم الخطي محفوظا، أما الطاقة الحركية فلا تكون محفوظة دائما. وفي هذا الدرس سأتعرف على كيفية تطبيق قانون حفظ الزخم، وكيفية حساب التغير في الطاقة الحركية للأنظمة المعزولة.

أ) التصادمات دون التحام:

عدد الأجسام قبل التصادم يساوي عدد الأجسام بعد التصادم

(مثلا قبل التصادم عدد الأجسام 2 وبعد التصادم 2)

ب) التصادمات مع وجود التحام:

عدد الأجسام قبل التصادم لا يساوي عدد الأجسام بعد التصادم

(مثلا قبل التصادم عدد الأجسام 2 وبعد التصادم يصبح جسم

واحد)

سؤال(2): بم تفسر سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة؟

بما أن التغير في زخم الرصاصة يساوي الزخم في تحرك المدفع و كتلة المدفع اكبر من كتلة الرصاصة بالتالي سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة .

سؤال(3): انفجرت قذيفة ساكنة كتلتها 5 Kg ، فكانت كتلة الجزء الأول 3Kg و تحرك باتجاه محور (X) الموجب بسرعه مقدارها 30m/s جد مقدار و اتجاه سرعة الجسم الثاني ؟
الإجابة

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$0 = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$0 = 3(30) + 2v_f$$

$$v_f = -45 \text{ m/s} \quad \text{باتجاه محور السينات السالب}$$

سؤال(4): انفجرت قذيفة كتلتها 10 kg متحركة باتجاه محور (X) الموجب بسرعة 30 m/s إلى جزئين فإذا كانت الأولى 5 kg وتسير 20 m/s بنفس اتجاه الحركة الأصلي جد سرعة الجسم الثاني ؟

*المعطيات:

$$m = 10 \text{ kg} , V_i = 30 \text{ m/s} , X+$$

$$m_1 = 5 \text{ kg} , V_{1f} = 20 \text{ m/s}$$

$$m_2 = 5 \text{ kg} , V_{2f} = ??$$

*الحل:

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m V_i = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$$

$$10 \times 30 = 5 \times 20 + 5 V_{2f}$$

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$0 = m_{\text{مدفع}} V_f + m_{\text{قذيفة}} V_{f\text{قذيفة}}$$

$$m_{\text{مدفع}} V_{f\text{مدفع}} = - m_{\text{قذيفة}} V_{f\text{قذيفة}}$$

بناء على المعادلة نستنتج أن اتجاهي حركة القذيفة والمدفع يكونان متعاكسين وهذا أيضا ما يدركه الجندي عند الرماية اذ يشعر بارتداد جسمه الى الخلف لحظة اندفاع الرصاصة الى الأمام .

مثال تمهيدي : أطلقت قذيفة كتلتها 60kg بسرعة 500m/s شرقا من مدفع ساكن كتلته 2000kg جد السرعة التي يتحرك بها المدفع بعد اطلاق القذيفة .

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$0 = m_{\text{مدفع}} V_f + m_{\text{قذيفة}} V_{f\text{قذيفة}}$$

$$0 = 2000 V_f + 500 \times 60$$

$$V_{f\text{مدفع}} = \frac{-500 \times 60}{2000} = \frac{-30}{2} = -15 \text{ m/s}$$

أتحقق: في الشكل (10)، أقرن بين زخم المدفع وزخم القذيفة بعد الانفجار.

سؤال(1) : فسر كل من الظاهرتين التاليتين:
1- ارتداد البندقية للخلف عند اطلاق الرصاصة منها.
2- يحتاج خرطوم إطفاء الحريق عادة إلى أكثر من رجل إطفاء للمساك به عند اندفاع الماء منه.

الجواب: من المعلوم أن الزخم الخطي يكون محفوظا عندما ينفصل جسم إلى أجزاء تبتعد عن بعضها البعض. فإذا كان الجسم ساكنا فإن الأجسام الناتجة عن الانفصال تبدأ حركتها من حالة السكون وتكوّن اتجاهات حركتها بحيث يبقى الزخم الخطي الكلي بعد انفصالها مساويا له قبل انفصالها في المقدار أي صفرا في هذه الحالة .

$$(3000 + 30) \times 10 = 3000 V_{f \text{ مدفع}} + 30 \times -400$$

$$3030 \times 10 = 3000 V_{f \text{ مدفع}} + -12000$$

$$3000 V_{f \text{ مدفع}} = 30300 + 12000$$

$$3000 V_{f \text{ مدفع}} = 42300$$

$$V_{f \text{ مدفع}} = 14.1 \text{ m/s}, X^+$$

بنفس اتجاه سرعة المدفع الأصلية.

(ب)

$$I_{\text{قذيفة}} = \Delta P_{\text{قذيفة}} = m_{\text{قذيفة}} (V_{f \text{ قذيفة}} - V_{i \text{ قذيفة}})$$

$$= 30(-400 - 10) = -12300$$

مثال (كتاب/5): مدفع ساكن كتلته $(2 \times 10^3 \text{ kg})$ فيه قذيفة كتلتها (50.0 kg) . أطلقت القذيفة أفقيًا من المدفع بسرعة $(1.2 \times 10^2 \text{ m/s})$ باتجاه محور x^+ .

أحسب مقدار ما يأتي:

أ. الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع، وأحد اتجاهه.

ب. سرعة ارتداد المدفع.

المعطيات : أفترض رمز المدفع A ورمز القذيفة B.

$$m_A = 2000 \text{ kg}, m_B = 50 \text{ kg}, V_{Ai} = 0,$$

$$V_{Bi} = 0$$

$$V_{Bf} = 1.2 \times 10^2$$

الحل:

أ) الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع (IBA)

يساوي في مقدار الدفع الذي يؤثر به المدفع في القذيفة

(IAB) ويعاكسه في الاتجاه.

$$I_{BA} = -I_{AB} = -\Delta P_B$$

$$I_{BA} = -(P_{Bf} - P_{Bi})$$

$$= -m_B (V_{Bf} - V_{Bi})$$

$$300 = 100 + 5 V_{2f}$$

$$5 V_{2f} = 200 \rightarrow V_{2f} = 40 \text{ m/s}, X^+$$

سؤال (5): يجلس طالب كتلته 35 kg في قارب ساكن كتلته 65 kg يحمل حقيبة كتلتها 6 kg إذا قذف الولد الحقيبة أفقيًا بسرعة مقدارها 10 m/s وبإهمال مقاومة الماء جد سرعة القارب بعد قذف الحقيبة مباشرة.

$$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$$

$$(m_{\text{طالب}} + m_{\text{قارب}} + m_{\text{حقيبة}}) V_{i \text{ قارب}} = [m_{\text{طالب}} + m_{\text{قارب}}] V_{f \text{ قارب}} + m_{\text{حقيبة}} \times V_{f \text{ حقيبة}}$$

$$0 = (35 + 65) V_{f \text{ قارب}} + 6 \times 10$$

$$100 V_{f \text{ قارب}} = -60 \rightarrow V_{f \text{ قارب}} = -0.6 \text{ m/s}$$

الإشارة السالبة تعني بأن اتجاه سرعة القارب نحو X^-

وهذا الأمر متوقع لأن اتجاه سرعة الحقيبة نحو X^+

سؤال (6): مدفع كتلته 3000 kg متحرك للأمام بسرعة 10 m/s فإذا أطلقت منه قذيفة كتلتها 30 kg بسرعة أفقية 400 m/s نحو الخلف أحسب:

أ) سرعة ارتداد المدفع.

ب) الدفع المؤثر على القذيفة

المعطيات:

$$m_{\text{مدفع}} = 3000 \text{ kg}, V_{i \text{ مدفع}} = 10 \text{ m/s}, X^+$$

$$m_{\text{قذيفة}} = 30 \text{ kg}, V_{f \text{ قذيفة}} = -400 \text{ m/s}, X^-$$

الحل

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$(m_{\text{مدفع}} + m_{\text{قذيفة}}) V_{i \text{ مدفع}} = m_{\text{مدفع}} \times V_{f \text{ مدفع}} + m_{\text{قذيفة}} \times V_{f \text{ قذيفة}}$$

المطلوب: $v_{Af} = ?$, $\Delta KE = ?$

الحل:

أ. أطبق قانون حفظ الزخم على النظام المعزول المكون من رائد الفضاء والجسم، قبل الانفصال مباشرة وبعده مباشرة.

$$\begin{aligned}\sum p_i &= \sum p_f \\ (m_A + m_B)v_i &= m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \\ (80 + 40) \times 6 &= 80v_{Af} + 40 \times 21 \\ 720 &= 80v_{Af} + 840 \\ v_{Af} &= \frac{-120}{80} = -1.5 \text{ m/s}\end{aligned}$$

نستنتج من الإشارة السالبة لسرعة رائد الفضاء بعد الانفصال؛ أنه تحرك باتجاه معاكس لحركته قبل الانفصال (-x).

ب. التغير في الطاقة الحركية:

$$\begin{aligned}\Delta KE &= \frac{1}{2}m_A(v_{Af})^2 + \frac{1}{2}m_B(v_{Bf})^2 \\ &\quad - \frac{1}{2}(m_A + m_B)(v_i)^2 \\ \Delta KE &= \frac{1}{2} \times 80 \times (-1.5)^2 + \frac{1}{2} \times 40 \times (21)^2 \\ &\quad - \frac{1}{2} \times (120) \times (6)^2 \\ \Delta KE &= 90 + 8820 - 2160 = 6750 \text{ J}\end{aligned}$$

نستنتج من الإشارة الموجبة للتغير في الطاقة الحركية أن النظام اكتسب طاقة حركية إضافية مصدرها شغل قوة عضلات رائد الفضاء، وهي قوة داخلية في النظام.

$$= -50 \times (1.2 \times 10^2 - 0)$$

$$I_{BA} = -6 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$$

تعني الإشارة السالبة أن اتجاه الدفع نحو -X

ب) أطبق قانون حفظ الزخم الخطي على القذيفة والمدفع قبل إطلاق القذيفة وبعد إطلاقها مباشرة مع ملاحظة أن مجموع الزخم الخطي للقذيفة والمدفع يساوي صفرا قبل إطلاق القذيفة.

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$P_{Ai} + P_{Bi} = P_{Af} + P_{Bf}$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$0 = 2 \times 10^3 \times v_{Af} + 50 \times 1.2 \times 10^2$$

$$v_{Af} = \frac{-6 \times 10^3}{2 \times 10^3} = -3 \text{ m/s}$$

بما أن السرعة النهائية للمدفع (A) سالبة، فهذا يعني أن اتجاه سرعته نحو -X أي بعكس اتجاه حركة القذيفة.

مثال (كتاب/6): رائد فضاء كتلته (80 kg) يحمل

جسما كتلته (40 kg)، ويتحرك باتجاه محور (+x) بسرعة ثابتة (6 m/s)، قذف الجسم باتجاه محور (+x) بسرعة (21 m/s)، كما في الشكل (12).

أحسب ما يأتي:

سرعة رائد الفضاء بعد قذفه للجسم؟

التغير في الطاقة الحركية، مفسرا سبب هذا التغير.



الشكل (12): رائد فضاء يقذف جسما نحو الأمام

المعطيات:

$$m_A = 80 \text{ kg}, m_B = 40 \text{ kg},$$

$$v_i = 6 \text{ m/s}, v_{Bf} = 21 \text{ m/s}$$

الطاقة الحركية والزخم الخطي في التصادمات

فإذا كانت الطاقة الحركية غير محفوظة فهذا يعني أن جزءًا منها تحول إلى شكل آخر من الطاقة مثل الطاقة الحرارية نتيجة تأثير قوة الاحتكاك مثلًا أو أشكال طاقة أخرى مثل الصوتية أو المرئية، وهذا يحقق مبدأ حفظ الطاقة العام عندما تتحول من شكل إلى آخر.

ملاحظة: تصنف التصادمات بحسب حفظ الطاقة

الحركية أو عدمه إلى نوعين رئيسيين هما:

التصادم المرن والتصادم غير المرن.

التصادم المرن:

هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية بعد التصادم يساوي مجموع الطاقة الحركية قبل التصادم أي أن الطاقة الحركية محفوظة مثل تصادم كرات البلياردو.

حيث نهمل فقد جزء صغير من الطاقة على شكل طاقة صوتية مثلًا.

فعند تصادم جسمين A , B تصادم مرن فإننا نستطيع أن نطبق معادلتنا حفظ الزخم الخطي وحفظ الطاقة الحركية:

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_A V_{Ai} + m_B V_{Bi} = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$$

$$\sum KE_i = \sum KE_f$$

$$\frac{1}{2} m_A (V_{Ai})^2 + \frac{1}{2} m_B (V_{Bi})^2 = \frac{1}{2} m_A (V_{Af})^2 + \frac{1}{2} m_B (V_{Bf})^2$$

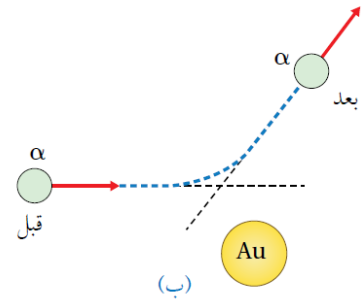
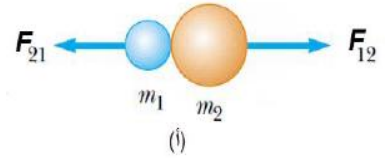
يمكن استنتاج علاقة جديدة من المعادلتين السابقتين، وذلك بإعادة كتابة معادلة حفظ الزخم على الصورة:

$$m_A (v_{Ai} - v_{Af}) = m_B (v_{Bf} - v_{Bi})$$

وكتابة معادلة حفظ الطاقة الحركية على الصورة:

$$m_A (v_{Ai}^2 - v_{Af}^2) = m_B (v_{Bf}^2 - v_{Bi}^2)$$

مقدمة: يعرف التصادم بأنه اقتراب جسمان من بعضهما البعض ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة. وقد يتضمن التصادم تلامسًا بين جسمين كما في الشكل (أ) أو عدم تلامس كما في تصادم الجسيمات المشحونة على المستوى دون الجاهري مثل تصادم جسيم ألفا (نواة ذرة الهيليوم) (α) مع نواة ذرة الذهب (Au) في تجربة رذرفورد المشهورة كما في الشكل (ب). جسيم ألفا يحمل شحنة موجبة، وعند اقترابه من نواة عنصر الذهب تتولد قوة تنافر كهربائية بينهما تؤدي إلى تغيير مسار جسيم ألفا دون حدوث تلامس بينهما.



سؤال (1): ما العلاقة بين التصادمات والزخم الخطي؟

يكون الزخم الخطي محفوظًا دائمًا عند تصادم الأجسام أو انفصال بعضها عن بعض في الأنظمة المعزولة.

سؤال (2): ما العلاقة بين التصادمات والطاقة الحركية؟

قد تكون الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة محفوظة وقد تكون غير محفوظة اعتمادًا على نوع التصادم مع أن النظام معزول والزخم الخطي الكلي له محفوظ.

سؤال(3): كرة كتلتها 2 kg تتحرك نحو اليمين بسرعة 4 m/s ، لحقت بها كرة أخرى كتلتها 5 kg تتحرك بسرعة 6 m/s بنفس الاتجاه فتصادمتا واستمرت الكرة الثانية متحركة نحو اليمين بسرعة 5.2 m/s جد سرعة الكرة الأولى بعد لحظة التصادم مباشرة.

• المعطيات:

$$m_1 = 2 \text{ kg}, m_2 = 5 \text{ kg}, v_{1i} = 4 \text{ m/s}$$

$$v_{2i} = 6 \text{ m/s}, v_{2f} = 5.2$$

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$2 \times 4 + 5 \times 6 = 2v_{1f} + 5 \times 5.2$$

$$38 = 2v_{1f} + 26$$

$$v_{1f} = 6 \text{ m/s}, X^+$$

ملحوظة: تم حل هذا السؤال مباشرة بتطبيق قانون حفظ

الزخم لأن عدد المعادلات يساوي عدد المجاهيل (هنا

يوجد مجهول واحد).

سؤال(4): تحركت كرة كتلتها 2 kg بسرعة 9m/s شرقاً، فتصادمت مع أخرى ساكنة كتلتها 4 kg فإذا كان التصادم مرن في بعد واحد جد سرعة الكرتين بعد التصادم مباشرة.

• المعطيات:

$$m_1 = 2 \text{ kg}, v_{1i} = 9 \text{ m/s}, m_2 = 4 \text{ kg}, v_{2i} = 0$$

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$2 \times 9 + 0 = 2v_{1f} + 4v_{2f}$$

$$2v_{1f} + 4v_{2f} = 18$$

(بقسمة المعادلة على 2)

$$v_{1f} + 2v_{2f} = 9 \Rightarrow 1$$

*بإجراء بعض العمليات الرياضية البسيطة على هاتين المعادلتين، وحل المعادلتين يمكن التوصل إلى العلاقة الآتية:

$$v_{Ai} + v_{Af} = v_{Bi} + v_{Bf}$$

يمكن استخدام هذه العلاقة (معادلة السرعة النسبية) لحل مسائل في التصادمات المرنة في بعد واحد.

التصادم غير المرن:

هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية لأجزاء النظام لا يساوي مجموع طاقتهم الحركية بعد التصادم أي أن الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة مثل اصطدام كرة مطاطية بسطح صلب مثل المضرب حيث تفقد جزءاً من طاقتهم الحركية عندما تتشوه الكرة في أثناء ملامستها للسطح. لكن الزخم الخطي يكون محفوظاً في جميع أنواع التصادمات التي تكون فيها القوة الخارجية المؤثرة في النظام إن وجدت صغيرة جداً مقارنة بقوة الفعل وردة الفعل المتبادلة بين الأجسام.

التصادم عديم المرونة:

هو تصادم غير مرن تلتحم فيه الأجسام المتصادمة معاً بعد التصادم لتصبح جسمًا واحدًا تساوي كتلته مجموع الكتل المتصادمة وتحركهما معاً بعد التصادم.

ومثال ذلك ما يحدث عند اصطدام كرتي صلصال معاً، أو اصطدام سيارتين وتحركهما معاً بعد التصادم. وبتطبيق قانون حفظ الزخم نحسب السرعة النهائية لتصادم عديم المرونة بين جسمين كما في الشكل حسب العلاقة التالية:



قبل التصادم

بعد التصادم

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$v_f = \frac{m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi}}{m_A + m_B}$$

معادلة (2) $\rightarrow v_{Af} - v_{Bf} = -2$

بحل المعادلة 1 و المعادلة 2 بالحذف نحصل على:

$V_{Bf} = 2 \text{ m/s}$

$v_{Af} = 0$

أي أنّ الكرة A سكنت بعد التصادم، بينما اكتسبت الكرة B السرعة الابتدائية للكرة A. وهذا يحدث إذا كان التصادم مرئياً، وكان للكرتين الكتلة نفسها.

ملاحظة مهمة جداً: إذا تصادم جسمين تصادم مرن

وكانت الكتل متساوية فإن السرعات تتبادل.

أي أن الجسم الأول قبل التصادم يعطي سرعته للجسم الثاني بعد التصادم بنفس المقدار والاتجاه والعكس صحيح.

تمرين (كتاب): تظهر في الشكل أدناه لعبة شهيرة

تسمى كرات نيوتن تتكون من كرات عدة فلزية

متماثلة مترابطة معلقة بخيوط خفيفة. عند سحب

إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج ثم

إفلاتها؛ فإنها تصطدم تصادماً مرناً بالكرة التي كانت

مجاورة لها، وبدلاً من حركة هذه الكرة؛ لاحظ أن

الكرة الخارجية على الجانب الآخر من اللعبة تقفز

في الهواء.



أ. أفسر ما الذي حدث .

ب. أتوقع : ماذا سيحدث إذا سحبنا كرتين من الجانب

الأيسر جانبياً ثم أفلتتهما معاً؟

هناك كميّتان مجهولتان في هذه المعادلة، لذا يلزم

معادلة ثانية أحصل عليها من تطبيق السرعة النسبية:

$V_{1i} + V_{1f} = V_{2i} + V_{2f}$

$9 + V_{1f} = 0 + V_{2f}$

معادلة (1) $\Rightarrow V_{1f} - V_{2f} = -9$

بحل المعادلات (1) و (2) بالحذف نحصل على:

$V_{2f} = 6 \text{ m/s}, X^+$

$V_{1f} = -3 \text{ m/s OR } 3 \text{ m/s}, X^-$

مثال (كتاب/7): كرتا بلياردو كتلة كل منهما 0.16kg

تتحرك الكرة A باتجاه محور X+ بسرعة 2m/s نحو

الكرة الساكنة B وتتصادمان رأساً تصادماً مرناً

بالاعتماد على الشكل المجاور احسب:

أ) سرعة الكرة B بعد التصادم وأحدد اتجاهها.

ب) سرعة الكرة A بعد التصادم وأحدد اتجاهها.

الحل:

أ. أطبق قانون حفظ الزخم الخطي على نظام الكرتين

$\Sigma P_i = \Sigma P_f$

$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$

لأنّ $m_A = m_B$ فإنها تختصر من المعادلة وتصبح كما

يأتي:

$v_{Ai} + v_{Bi} = v_{Af} + v_{Bf}$

$2 + 0 = v_{Af} + v_{Bf}$

معادلة (1) $\rightarrow v_{Af} + v_{Bf} = 2$

بما أنه يوجد مجهولين؛ أحتاج إلى معادلة ثانية أحصل عليها بتطبيق حفظ الطاقة الحركية على نظام الكرتين قبل التصادم وبعده؛ لأن التصادم مرن (قانون السرعة النسبية).

$v_{Ai} + v_{Af} = v_{Bi} + v_{Bf}$

$2 + v_{Af} = 0 + v_{Bf}$

الحل:

(أ) أطبق قانون حفظ الزخم الخطي على نظام الكرتين.

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$5 \times 6 + 3 \times -3 = 5v_{Af} + 3 \times 2$$

$$v_{Af} = 3 \text{ m/s}$$

بما أن سرعة الكرة A بعد التصادم موجبة يعني أنها نحو

محور X+.

(ب) لتحديد نوع التصادم يلزم حساب التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = \Sigma KE_f - \Sigma KE_i$$

$$* \Sigma KE_f = \frac{1}{2} m_A (v_{Af})^2 + \frac{1}{2} m_B (v_{Bf})^2$$

$$\Sigma KE_f = \frac{1}{2} [5 \times (3)^2 + 3 \times (2)^2] = 28.5 \text{ J}$$

$$\Sigma KE_i = \frac{1}{2} m_A (v_{Ai})^2 + \frac{1}{2} m_B (v_{Bi})^2$$

$$\Sigma KE_i = \frac{1}{2} [5 \times (6)^2 + 3 \times (3)^2] = 103.5 \text{ J}$$

$$\Delta KE = 28.5 - 103.5 = -75 \text{ J}$$

بما أن التغير في الطاقة الحركية لنظام الكرتين سالبة

، فهذا يعني حدوث نقصان في الطاقة الحركية والكرتان لم

تلتحما بعد التصادم إذن التصادم غير مرن.

تمرين (كتاب): تتحرك عربة قطار (A) في مسار أفقي

مستقيم بسرعة (2.00 m/s) شرقاً فتصطدم بعربة (B)

تتحرك على المسار نفسه بسرعة

(1.00 m/s) غرباً، وتلتحمان معا. إذا علمت أن

(mA = mB = 5000kg)، أحسب الطاقة الحركية

المفقودة في التصادم.

ج. أتوقع : ماذا سيحدث إذا رفعت الكرتين الخارجيتين كليهما على الجانبين إلى الارتفاع نفسه وأفلتهما في اللحظة نفسها؟

الحل: (أ) لأن هذا التصادم مرن وبما أن الكرات كتلتها

متساوية فإن الكرة المتحركة ستتوقف وتكتسب الكرة

الخارجية في الطرف المقابل السرعة لتتحرك.

(ب) ستتحرك الكرتان الخارجيتان من الجهة اليمنى.

(ج) ستعود كل من الكرتين إلى مكانهما (نفس h) بنفس

السرعة وذلك تطبيقاً لمبدأ حفظ الطاقة الحركية وحفظ

الطاقة الميكانيكية.

مثال (كتاب/8): تتحرك الكرة A باتجاه محور X+

بسرعة 6.0 m/s فتصطدم رأساً برأس بكرة أخرى B

أمامها تتحرك باتجاه محور X- بسرعة

(3.0 m/s). أنظر الشكل بعد التصادم تحركت

الكرة (B) بسرعة مقدارها (2.0 m/s) باتجاه محور

X+. إذا علمت أن (mA = 5.0 kg) و

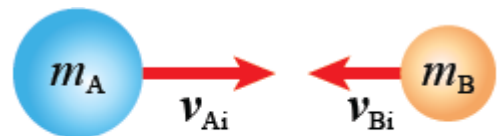
(mB = 3kg)، فأجب عما يأتي:

أ. أحسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم،

وحدد اتجاهها.

ب. حدد نوع التصادم.

ج. التغير في الطاقة الحركية.



الشكل (18): تصادم كرتين في بُعد واحد.

ب. بما أن عربتي القطار التحمتا معا بعد التصادم فهو تصادم عديم المرونة، وأتأكد من ذلك عن طريق مقارنة الطاقة الحركية لنظام العربتين قبل التصادم بالطاقة الحركية للنظام بعد التصادم.

$$KE_i = \frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2$$

$$= \frac{1}{2} * 1.80 * 10^3 * (3.00)^2 + \frac{1}{2} * 2.20 * 10^3 * 0$$

$$= 8.10 * 10^3 J$$

$$KE_f = \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2$$

$$= \frac{1}{2} * (1.80 * 10^3 + \frac{1}{2} * 2.20 * 10^3) * (1.35)^2$$

$$= 3.65 * 10^3 J$$

$$\Delta KE = 3.65 * 10^3 - 8.10 * 10^3$$

$$= -4.45 * 10^3 J$$

التغير في الطاقة الحركية سالب، أي أن الطاقة الحركية غير محفوظة، والعربتان التحمتا معا بعد التصادم؛ لذا فإن التصادم عديم المرونة.

أفكر: عند تصادم جسمين في بُعد واحد تصادمًا عديم

المرونة، ما الشرط الضروري لتفقد الطاقة الحركية

الابتدائية للنظام جميعها بعد الاصطدام؟

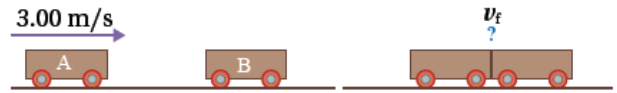
مثال (كتاب/9):

عربة قطار (A) كتلتها $(1.80 * 10^3 \text{ kg})$ تتحرك في مسار افقي مستقيم لسكة حديد بسرعة مقدارها (3m/s) باتجاه محور $X+$ فتصطدم بعربة اخرى B كتلتها $(2.20 * 10^3)$ تقف على المسار نفسه و تلتحمان معا و تتحركان على مسار مستقيم لسكة حديد نفسه كما هو موضح في الشكل (19) اجيب عما يلي :

أ. احسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم

و احدد اتجاهها .

ب. ما نوع التصادم ؟ و هل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصادمات ؟



الشكل (19): تصادم عربتي قطار.

المعطيات :

$$m_A = 1.80 \times 10^3 \text{ kg}, m_B = 2.20 * 10^3 \text{ kg}$$

$$v_{Ai} = 3.00 \text{ m/s}, +x, v_{Bi} = 0$$

المطلوب :

$$v_f = ?$$

الحل : أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$

أ. أطبق قانون حفظ الزخم الخطي على العربتين قبل التصادم مباشرة وبعد التصادم مباشرة.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

$$M_A v_{Ai} + M_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$1.80 * 10^3 * 3.00 + 2.20 * 10^3 * 0 =$$

$$(1.80 * 10^3 + 2.20 * 10^3) v_f$$

$$v_f = 1.35 \text{ m/s}, +x$$

الطاقة الميكانيكية للنظام محفوظا و بافتراض أن قطعة الخشب كانت في مستوى الاسناد في الوضع (2)، فإن طاقة الوضع (الناشئة عن الجاذبية الأرضية) تساوي صفر ($PE_2=0$). كمان ان طاقة الحركة للنظام عند اقصى ارتفاع تساوي صفر اي ان ($KE_3=0$).

$$ME_2=ME_3$$

$$KE_2+PE_2=KE_3+PE_3$$

$$\frac{1}{2} (m_A+m_B)V_f^2+0=0+(m_A+m_B)g h$$

$$V_f^2 = 2 g h$$

$$V_f = \sqrt{2 g h} \quad \longrightarrow \quad \text{معادلة (2)}$$

بتعويض معادلة (2) في معادلة (1) أجد علاقة لحساب (V_{Ai})

$$V_{Ai} = \left(\frac{m_A+m_B}{m_A} \right) \sqrt{2 g h}$$

مثال (كتاب/10):

أطلق سعيد سهما كتلته (0.03 kg) أفقيا باتجاه بندول قذفي كتلته (0.72 kg) فاصطدم به و التحما معا ،بحيث كان اقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له يساوي (20 cm) و باعتبار تسارع السقوط الحر (10 m/s^2) اجيب عما يلي :

أ. أي مراحل حركة النظام المكون من البندول و

السهم يكون فيها الزخم الخطي محفوظا ؟

ب. اي مراحل حركة النظام تكون فيها الطاقة الميكانيكية محفوظة ؟

ج. احسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم .

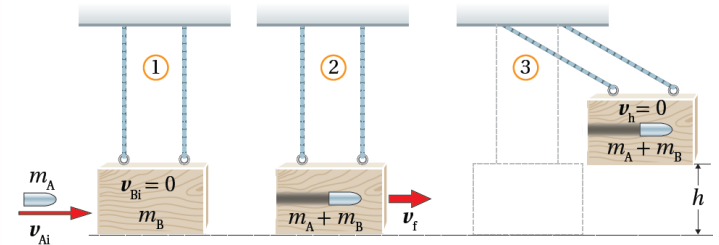
المعطيات :

افترض رمز كتلة البندول القذفي B و رمز السهم A

$$m_B=0.72 \text{ kg}, m_A=0.03 \text{ kg}, h=20 \text{ cm}, g=10 \text{ m/s}^2$$

تطبيق:البندول القذفي

إحدى تطبيقات التصادم عديم المرونة، يستخدم لقياس مقدار سرعة المقذوف مثل الرصاصة. إذ تطلق رصاصة كتلتها (m_A) باتجاه كتلة ساكنة كبيرة من الخشب كتلتها (m_B)، معلقة رأسيا بخيطين خفيفين. فتخترق الرصاصة قطعة الخشب وتستقر داخلها، ويتحرك النظام كأنه جسم واحد ويرتفع الى أقصى مسافة رأسية (h) كما في الشكل. ويمكن حساب سرعة الرصاصة قبل الاصطدام اذا عرفت مقدار (h).



*الرمز(1):يمثل النظام قبل التصادم مباشرة.

*الرمز(2):يمثل النظام بعد التصادم مباشرة عندما تتحرك قطعة الخشب والرصاصة بالسرعة نفسها.

*الرمز(3):يمثل النظام عند أقصى ارتفاع (h).

نلاحظ أن اتجاه حركة النظام المكون من قطعة الخشب و

الرصاصة بعد التصادم مباشرة يكون باتجاه حركة

الرصاصة نفسه قبل التصادم ،أي باتجاه محور X+ .

أطبق قانون حفظ الزخم الخطي على النظام قبل التصادم

مباشرة و بعد التصادم مباشرة كما يأتي :

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_A V_{Ai} + 0 = (m_A + m_B) V_f$$

$$V_{Ai} = \frac{(m_A + m_B) V_f}{m_A} \quad \longrightarrow \quad \text{معادلة (1)}$$

لا توجد قوى غير محافظة تبذل شغلا على النظام في

اثناء حركته بعد التصادم مباشرة خلال المرحلة (2)

وصولاً الى اقصى ارتفاع (h) في الوضع (3) لذا تكون

المطلوب :

$$V_{Bi}=?$$

الحل :

أ. يكون الزخم الخطي محفوظا في التصادم عديم المرونة بين السهم و البندول .
ب. تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للسهم قبل التصادم كما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة للبندول و السهم بدءاً من حركتهما معا بعد التصادم مباشرة و حتى و صولهما الى اقصى ارتفاع في الموضع (3).
ج. احسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم باستخدام النتيجة السابقة (المختصرة) التي توصلت اليها في البندول القذفي كما يأتي :

$$V_{Bi} = \left(\frac{m_A + m_B}{m_A} \right) \sqrt{2gh}$$

$$= \left(\frac{0.03 + 0.72}{0.03} \right) \sqrt{2 * 10 * 0.20}$$

$$= 50 \text{ m/s}$$

***طريقة الكتاب (طويلة شوي):**

احسب مقدار السرعة النهائية للنظام (بعد التصادم مباشرة) بتطبيق قانون حفظ الطاقة الميكانيكية عند انتقال النظام من الموضع (2) إلى الموضع (3):

$$KE_2 + PE_2 = KE_3 + PE_3$$

$$\frac{1}{2} (m_A + m_B) V_f^2 + 0 = 0 + (m_A + m_B) g h$$

$$V_f = \sqrt{2 g h} = \sqrt{2 * 10 * 0.20} = 2 \text{ m/s}$$

احسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم بتطبيق

قانون حفظ الزخم الخطي للنظام قبل التصادم وبعده

مباشرة، كما يأتي:

$$V_{Bi} = \left(\frac{m_A + m_B}{m_A} \right) V_f = \left(\frac{0.03 + 0.72}{0.03} \right) = 50 \text{ m/s}$$

تمرين (كتاب):

أطلق محقق رصاصة كتلتها (kg 0.030) أفقياً باتجاه بندول قذفي كتلته (kg 0.97)، فاصطدمت به والتحما معا، فكان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له (45cm). احسب مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة؟

الحل:

أفترض رمز كتلة البندول القذفي A و رمز الرصاصة B

$$V_i = \left(\frac{m_A + m_B}{m_B} \right) \sqrt{2gh}$$

$$= \left(\frac{0.97 + 0.03}{0.03} \right) \sqrt{2 * 10 * 0.45}$$

$$= \left(\frac{1}{0.03} \right) \sqrt{10 * 0.9} = \left(\frac{100}{3} \right) \sqrt{9}$$

$$= 100 \text{ m/s}$$

أسئلة مراجعة الدرس الثاني

1. نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني لحظة ابتعاد كل منهما عن النابض.
2. نسبة طاقة الحركة للصندوق الأول إلى طاقة الحركة للصندوق الثاني.

8. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. عربة مدفع كتلتها والقذيفة بداخلها (500 kg) تتحرك على سكة حديد أفقية، كما في الشكل. أطلقت العربة قذيفة كتلتها (20 kg) بسرعة (200 m/s) شرقاً، فأصبحت سرعة العربة بعد الإطلاق (5 m/s) شرقاً. إذا علمت أن نظام العربة والقذيفة معزول؛ فإن سرعة النظام قبل الإطلاق مباشرة بوحدة (m/s) واتجاهها، يكونان:



- أ. (8.5) غرباً
- ب. (8.5) شرقاً
- ج. (12.8) غرباً
- د. (12.8) شرقاً

2. كرتان من المعجون؛ الأولى كتلتها (2 kg) تتحرك بسرعة (5 m/s) باتجاه الشرق، فتصطدم بالكرة الثانية وكتلتها (3 kg) تتحرك بسرعة (4 m/s) باتجاه الغرب. بعد التصادم التحمت الكرتان معا وتحركتا بسرعة:

- أ. (0.4) غرباً
- ب. (0.4) شرقاً
- ج. (4.4) غرباً
- د. (4.4) شرقاً

- * كرة (A) كتلتها (0.8 kg) تتحرك بسرعة (5 m/s) شرقاً؛ اصطدمت بكرة ساكنة (B) كتلتها (2.4 kg) تصادما مرنا. إذا علمت أن طاقة حركة الكرة (A) بعد التصادم مباشرة أصبحت (2.5 J)؛ فأجيب عن الفقرتين الآتيتين:

3. سرعة الكرة (B) بعد التصادم مباشرة بوحدة (m/s) واتجاهها يكونان:

- أ. (2.5) شرقاً
- ب. (7.5) شرقاً
- ج. (2.5) غرباً
- د. (7.5) غرباً

4. طاقة حركة الكرة (B) بعد التصادم مباشرة بوحدة جول (J) تساوي:

- أ. (2.5)
- ب. (5)
- ج. (7.5)
- د. (10)

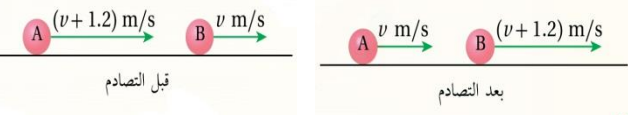
1. الفكرة الرئيسية: ما نوعا التصادم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

2. **أفسر:** عندما تتصادم سيارتان فإنهما عادة لا تلتحمان معا؛ فهل يعني ذلك أن تصادمهما مرن؟ أوضح إجابتي.

3. **استنتج:** تصادم جسمان تصادما مرنا. أجب عما يأتي:
 - أ. هل يتساوى الزخم الخطي لكل جسم قبل التصادم مع زخمه الخطي بعد التصادم؟ أفسر إجابتي.
 - ب. هل تتساوى الطاقة الحركية لكل جسم قبل التصادم مع طاقته الحركية بعد التصادم؟ أفسر إجابتي.

4. **استخدم الأرقام:** كرة صلصال كتلتها (2 kg) تتحرك شرقاً بسرعة ثابتة، وتصطدم بكرة صلصال أخرى ساكنة، فتلتحمان معا وتتحركان شرقاً بسرعة مقدارها ربع مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى، أحسب كتلة الكرة الثانية.

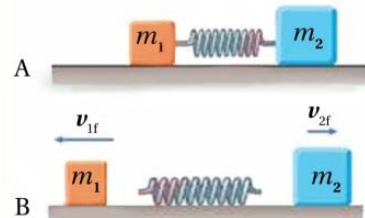
5. **استنتج:** كرتا بلياردو (A و B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضح في الشكل. بالاستعانة بالبيانات المثبتة في الشكل، أبين إذا كان التصادم مرنا أم غير مرن.



6. **أصدر حكماً:** تتحرك شاحنة غرباً بسرعة ثابتة؛ فتصطدم تصادماً عديم المرونة مع سيارة صغيرة تتحرك شرقاً بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أجب عما يأتي:

- أ. أيهما يكون التغير في مقدار زخمها الخطي أكبر؛ الشاحنة أم السيارة؟
- ب. أيهما يكون التغير في طاقتها الحركية أكبر؛ الشاحنة أم السيارة؟

7. **استنتج:** وضعت إسلام نابضاً خفيفاً مضغوطاً بين صندوقين كتليتهما m_1 و m_2 موضوعين على سطح أفقي أملس، كما هو مبين في الشكل A. لحظة إفلات إسلام الصندوقين، تحركا باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B. إذا علمت أن $m_2 = m_1$ ، فأجد ما يأتي:



* عربة (A) كتلتها (m) تنزلق على مسار أفقي مستقيم
ألمس بسرعة (v) باتجاه (-x)، اصطدمت بعربة أخرى
(B) كتلتها (2m) تنزلق على المسار نفسه بسرعة (v)
باتجاه (+x). إذا علمت أن العريبتين التحتمتا معا بعد
التصادم وتحركتا على المسار نفسه؛ أجب عن الفقرتين
الآتيتين:

5. سرعة الجسم الناتج عن التهام العريبتين بعد
التصادم بدلالة (v) تساوي:

- أ. $(\frac{1}{3}v)$ باتجاه (+x).
ب. $(\frac{1}{3}v)$ باتجاه (-x).
ج. (v) باتجاه (+x).
د. (v) باتجاه (-x).

6. الطاقة الحركية للنظام المكون من العريبتين قبل
التصادم بدلالة كل من (m) و (v) تساوي:

- أ. $(\frac{1}{2}mv^2)$
ب. $(\frac{2}{3}mv^2)$
ج. (mv^2)
د. $(\frac{3}{2}mv^2)$



مراجعة الوحدة

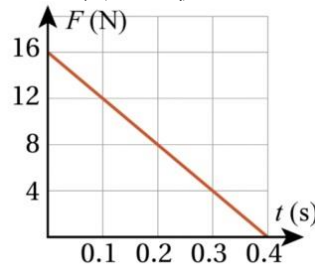
- أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:
 - كلما زاد زمن تأثير قوة (F) في جسم كتلته (m):
 - أ. زاد الدفع المؤثر فيه، وزاد التغير في زخمه الخطي.
 - ب. زاد الدفع المؤثر فيه، ونقص التغير في زخمه الخطي.
 - ج. نقص الدفع المؤثر فيه، وزاد التغير في زخمه الخطي.
 - د. نقص كل من الدفع المؤثر فيه، والتغير في زخمه الخطي.
- توفر الوسادة الهوائية الحماية للراكب عند حدوث التصادم، حيث تعمل على تقليل مقدار القوة التي تؤثر فيه؛ وذلك عن طريق:



- أ. إنقاص معدل تغير الزخم الخطي
- ب. إنقاص التغير في الزخم الخطي.
- ج. زيادة معدل تغير الزخم الخطي.
- د. زيادة التغير في الزخم الخطي.

- تتحرك سيارة شمالا بسرعة ثابتة؛ بحيث كان زخمها الخطي يساوي $(9 \times 10^4 N \cdot s)$. إذا تحركت السيارة جنوبا بمقدار السرعة نفسها فإن زخمها الخطي يساوي:
 - أ. $9 \times 10^4 N \cdot s$
 - ب. $-9 \times 10^4 N \cdot s$
 - ج. $18 \times 10^4 N \cdot s$
 - د. $0 N \cdot s$

- جسم يلامس نابضا مضغوطة؛ عند إفلات الجسم تأثر بقوة متغيرة، كما هو ممثل بالرسم البياني المجاور، اعتمادا على بيانات الشكل؛ فإن الدفع والقوة والمتوسطة المؤثران في الجسم (على الترتيب)، هما:



- أ. الدفع $(0.4 N \cdot s)$ ، والقوة المتوسطة $(4 N)$.
- ب. الدفع $(3.2 N \cdot s)$ ، والقوة المتوسطة $(8 N)$.
- ج. الدفع $(4.6 N \cdot s)$ ، والقوة المتوسطة $(4 N)$.
- د. الدفع $(12.8 N \cdot s)$ ، والقوة المتوسطة $(8 N)$.

- صندوقان (A و B) يستقران على سطح أفقي أملس. أثرت في كل منهما القوة المحصلة نفسها باتجاه محور x+ للفترة الزمنية (Δt) نفسها. إذا علمت أن كتلة الصندوق (m_A) أكبر من كتلة الصندوق (m_B) ؛ فأَي العلاقات الآتية صحيحة في نهاية الفترة الزمنية؟

- أ. $p_A < p_B, KE_A < KE_B$
- ب. $p_A = p_B, KE_A > KE_B$
- ج. $p_A = p_B, KE_A < KE_B$
- د. $p_A > p_B, KE_A > KE_B$

- رميت كرة كتلتها m أفقيا بسرعة مقدارها v، نحو جدار؛ فارتدت أفقيا بمقدار السرعة نفسه، بإهمال تأثير الجاذبية فإن مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة يساوي:

- أ. mv
- ب. $\frac{1}{2}mv$
- ج. 2mv
- د. صفرا

- تتحرك قذيفة كتلتها (5 kg) بسرعة أفقية $(200 m/s)$ شرقا، إذا انشطرت إلى جزأين؛ أحدهما كتلته (3 kg) واصل حركته بالاتجاه نفسه وبسرعة $(100 m/s)$. فإن سرعة الجزء الثاني بوحدة (m/s) تساوي:

- أ. (350) شرقا
- ب. (350) غربا
- ج. (375) شرقا
- د. (375) غربا

- * أسقطت كرة كتلتها (0.2 kg) نحو الأسفل فاصطدمت بسطح الأرض بسرعة $(-4 m/s)$ ، وارتدت إلى الأعلى بسرعة $(3 m/s)$ ، معتمداً على هذه البيانات؛ أجب عن الفقرتين الآتيتين:

- إن الدفع الذي تأثرت به الكرة خلال فترة تلامسها مع الأرض بوحدة (N.s) يساوي:

- أ. (1.4) إلى الأعلى
- ب. (0.2) إلى الأعلى
- ج. (1.4) إلى الأسفل
- د. (0.2) إلى الأسفل

- إن التغير في الطاقة الحركية للكرة بوحدة جول (J) يساوي:

- أ. (-0.7)
- ب. (0.7)
- ج. (1.6)
- د. (-1.6)

- كرة (A) تتحرك بسرعة $(2 m/s)$ غربا؛ فتصطمم بكرة أخرى ساكنة (B) مماثلة لها تصادما مرنا في بعد واحد. إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادم، فإن سرعة الكرة (B) بعد التصادم تساوي:

- أ. $2 m/s$ شرقا
- ب. $2 m/s$ غربا
- ج. $1 m/s$ شرقا
- د. $1 m/s$ غربا

3. أحلل: يقف صياد على سطح قارب صيد طويل ساكن، ثم يتحرك من نهاية القارب نحو مقدمته. فأجيب عما يأتي:
- أ. أفسر: هل يتحرك القارب أم لا؟ أفسر إجابتي.
- ب. أقرن بين مجموع الزخم الخطي للقارب والصياد قبل بدء حركة الصياد وبعد حركته.
4. أحلل: جسمان A و B لهما الطاقة الحركية نفسها، هل يكون لهما مقدار الزخم الخطي نفسه؟ أفسر إجابتي.
5. أصدر حكماً: في أثناء دراسة غيث لهذا الدرس، قال: إن وسائل الحماية في السيارات قديماً أفضل منها في السيارات الحالية؛ إذ أن هياكل السيارات الحديثة مرنة تتشوه بسهولة عند تعرض السيارة لحادث، على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة". أناقش صحة قول غيث.
6. أحلل وأستنتج: تتحرك سيارة كتلتها $(1.35 \times 10^3 \text{ kg})$ بسرعة مقدارها (15 m/s) شرقاً، فتصطدم بجدار وتتوقف تماماً بعد التصادم. إذا علمت أن زمن التلامس بين السيارة والجدار (0.115 s) فأحسب مقدار ما يأتي:
- أ) التغير في الزخم الخطي للسيارة.
- ب) القوة المتوسطة التي يؤثر به الجدار في السيارة.
7. أحسب: السيارة (A) كتلتها $(1.1 \times 10^3 \text{ kg})$ تتحرك بسرعة (6.4 m/s) باتجاه محور $+x$ ، فتصطدم رأساً برأس بسيارة ساكنة (B) كتلتها $(1.2 \times 10^3 \text{ kg})$ ؛ وتلتحم السيارتان معا بعد التصادم وتتحركا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادم، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسب مقدار ما يأتي:
- أ. سرعة السيارتين بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.
- ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A).
8. أستخدم الأرقام: أثرت قوة محصلة مقدارها $(1 \times 10^3 \text{ N})$ في جسم ساكن كتلته (10 kg) وحركته باتجاهها مدة زمنية (0.01 s) ، فأحسب مقدار ما يأتي:
- أ. التغير في الزخم الخطي للجسم.
- ب. السرعة النهائية للجسم.
9. صاروخ فضائي كتلته (3600 kg) ، في المرحلة الأولى من حركته انطلق إلى الأعلى بسرعة (4900 km/s) ثم بدأت المرحلة الثانية لحركته بانفجار صغير فصل الصاروخ إلى جزأين (A, B)؛ العلوي (A) كتلته (1200 kg) ، واصل حركته إلى الأعلى بسرعة (5700 km/s) بافتراض أن النظام معزول؛ أجد ما يأتي:

11. يركض عمر شرقاً بسرعة (4.0 m/s) ، ويقفز في عربة كتلتها (90.0 kg) تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها (1.5 m/s) . إذا علمت أن كتلة عمر (60.0 kg) ؛ فما سرعة عمر والعربة معاً؟
- أ. 2.0 m/s شرقاً
- ب. 5.5 m/s غرباً
- ج. 4.2 m/s غرباً
- د. 2.5 m/s شرقاً

12. تقفز شذى من قارب ساكن على سطح الماء كتلته (300 kg) إلى الشاطئ بسرعة أفقية مقدارها (3 m/s) . إذا علمت أن كتلة شذى (50 kg) فما سرعة القارب؟
- أ. 3 m/s نحو الشاطئ
- ب. 3 m/s بعيداً عن الشاطئ
- ج. 0.5 m/s بعيداً عن الشاطئ
- د. 18 m/s نحو الشاطئ

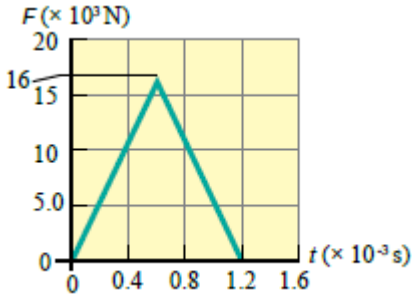
* تتحرك سيارة صغيرة كتلتها $(1 \times 10^3 \text{ kg})$ على طريق أفقية بسرعة (10 m/s) باتجاه الشرق، اصطدمت بشاحنة كتلتها $(4 \times 10^3 \text{ kg})$ تتحرك على الطريق نفسها، فالتحمتا معا وتحركتا بسرعة (2 m/s) باتجاه الغرب، معتمداً على هذه البيانات؛ أجيب عن الفقرات الثلاث الآتية:

13. ما سرعة الشاحنة قبل التصادم مباشرة؟
- أ. (5 m/s) شرقاً
- ب. (4 m/s) شرقاً
- ج. (5 m/s) غرباً
- د. (4 m/s) غرباً

14. ما الزخم الخطي الكلي للنظام المكون من الشاحنة والسيارة قبل التصادم؟
- أ. $(-10 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s})$
- ب. $(10 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s})$
- ج. $(-30 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s})$
- د. $(30 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s})$
15. ما التغير في الطاقة الحركية للنظام نتيجة التصادم؟
- أ. $(90 \times 10^3 \text{ J})$
- ب. $(-90 \times 10^3 \text{ J})$
- ج. $(40 \times 10^3 \text{ J})$
- د. $(-40 \times 10^3 \text{ J})$

2. أفسر ما يأتي:

- أ. تقف نرجس على زلاجة ساكنة موضوعة على أرضية غرفة ملساء وهي تحمل حقيبتها. وعندما قذفت حقيبتها إلى الأمام تحركت هي والزلاجة معا إلى الخلف.
- ب. تغطي أرضية ساحات الألعاب عادة بالعشب أو الرمل، حيث يكمن خطر سقوط الأطفال.



- أ. ما الذي يمثله الرقم (16) على محور القوة؟
ب. أحسب مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.
ج. أحسب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة فيها باعتبارها ساكنة لحظة تأثير القوة | المحصلة.
د. أحسب مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.

إجابات مراجعة الوحدة

السؤال الأول:

8	7	6	5	4	3	2	1
د	أ	ج	ج	ب	د	أ	أ

15	14	13	12	11	10	9
ب	أ	أ	ج	د	ب	أ

السؤال (2) : أ) بسبب حفظ الزخم لأن الزخم الكلي قبل تساوي صفر فإن أحد الزخمين موجب والآخر سالب أي أنهما متعاكسان في الاتجاه .

$$P_{1i} + P_{2i} = P_{1f} + P_{2f}$$

$$0 = P_{1f} + P_{2f}$$

$$P_{1f} = -P_{2f}$$

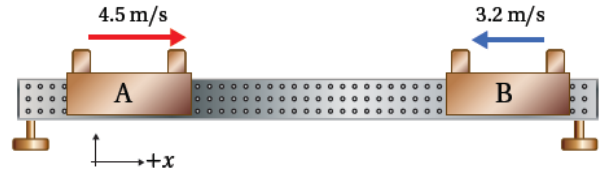
ب) لزيادة زمن التصادم فيقلل ذلك قوة التصادم

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

السؤال (3) : أ) يتحرك القارب للخلف لأن مجموع الزخم قبل الحركة يساوي صفر فيما أن الصياد تتحرك

- أ. سرعة الجزء السفلي (B) من الصاروخ بعد الانفصال مباشرة.
ب. التغير في الطاقة الحركية للنظام، مفسراً مصدر هذا التغير.

10. عربتان (A, B) تنزلتان باتجاهين متعاكسين على مسار أفقي مستقيم أملس كما هو موضح في الشكل، فتصطدمان رأساً برأس وترتدان باتجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمت أن كتلة العربة A تساوي (0.28 kg)، وسرعة العريبتين بعد التصادم مباشرة $v_{Af} = -1.9 \text{ m/s}$ و $v_{Bf} = 3.7 \text{ m/s}$ فأجب عما يأتي:



- أ. أحسب كتلة العربة (B).
ب. أستخدم القانون الثالث لنيوتن في الحركة لتوضيح سبب أن يكون الزخم الخطي محفوظاً في هذا التصادم.
ج. أوضح هل التصادم مرناً أم غير مرناً؟

11. أطلقت مريم سهماً كتلته (0.20 kg) أفقياً بسرعة مقدارها (15 m/s) باتجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته (5.8 kg)، فاصطدم به واستقر فيه وتحركا كجسم واحد نحو الغرب. أحسب مقدار ما يأتي:
أ. السرعة النهائية لنظام السهم والهدف بعد التصادم
ب. التغير في الطاقة الحركية للنظام.

12. تنزلق كرة زجاجية كتلتها (1.0kg) باتجاه الغرب بسرعة مقدارها (0.5 m/s)، فتصطدم رأساً برأس بكرة أخرى كتلتها (2.0 kg) تنزلق شرقاً بسرعة مقدارها (0.4m/s) بعد التصادم ارتدت الكرة الأولى شرقاً بسرعة مقدارها (0.7 m/s) أجب عما يأتي:
أ. أحسب مقدار سرعة الكرة الثانية بعد التصادم، وأحدد اتجاهها.
ب. أحدد نوع التصادم

13. يوضح الشكل المجاور منحنى (القوة - الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها (145 g) في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة فيه للإجابة عما يأتي بإهمال وزن الكرة:

السؤال (10) :

$$m_A V_{AI} + m_B V_{BI} = m_A V_{AF} + m_B V_{BF}$$

$$0.28 \times 4.5 + m_B \times (-3.2) = 2.8 \times (-1.9) + m_B \times 3.7$$

$$1.26 + (-3.2) m_B = -0.53 + 3.7 m_B$$

$$1.26 + 0.53 = 3.7 m_B + 3.2 m_B$$

$$1.79 = 6.9 m_B$$

$$m_B = \frac{1.79}{6.9} \approx 0.25 \text{ kg}$$

ب) لكل فعل رد فعل مساوٍ له بالمقدار ومعاكس له بالاتجاه

$$F_{AB} = F_{BA}$$

$$I_{AB} = -I_{BA}$$

$$\Delta P_B = -\Delta P_A$$

$$M_B = (V_{BF} - V_{BI}) = -m_A (V_{AF} - V_{AI})$$

$$m_B V_{BF} - m_B V_{BI} = -m_A V_{AF} + m_A V_{AI}$$

$$m_B V_{BF} + m_A V_{AF} = m_A V_{AI} + m_B V_{BI}$$

$$\varepsilon P_f = \varepsilon P_i$$

$$\varepsilon KE_i = \frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bi}^2$$

$$= \frac{1}{2} [0.28 \times (4.5)^2 + 0.25 \times (-3.2)^2] = 4 \text{ J}$$

$$\varepsilon KE_F = \frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bi}^2$$

$$= \frac{1}{2} [0.28 \times (-1.9)^2 + 0.25 (3.7)^2]$$

$$\varepsilon KE_F = 2.2 \text{ J}$$

$$\Delta KE = \varepsilon KE_F - \varepsilon KE_i$$

$$= 2.2 - 4 = -1.8 \text{ J}$$

التصادم غير مرن وفيه نقص في الطاقة الحركية

السؤال (11) : نفرض بأن السهم (A) والهدف (B)

$$m_A V_{AI} + m_B V_{BI} = (m_A + m_B) V_F$$

$$0.2 \times (-15) + 0 = (0.2 + 5.8) V_F$$

$$3 = 6 V_F \rightarrow V_F = -0.5 \text{ m/s} \quad \text{أي نحو الغرب}$$

$$\varepsilon KE_i = \frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bi}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.2 \times (-15)^2 + 0 = 22.5 \text{ J}$$

$$\varepsilon KE_F = \frac{1}{2} (m_A + m_B) V_F^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 6 \times (-0.5)^2 = 0.75 \text{ J}$$

$$\Delta KE = 0.75 - 22.5 = -21.75 \text{ J}$$

لأمام يجب أن يتحرك القارب بالاتجاه المعاكس (الخلف) ليحافظ على الزخم .

$$0 = P_{1f} + P_{2f}$$

$$P_{1f} = -P_{2f}$$

$$\varepsilon p_i = \varepsilon p_f = 0 \quad \text{(ب)}$$

$$p = \sqrt{2mkE} \quad \text{السؤال (4)}$$

بثبات الطاقة الحركية فإن الجسم الذي كتلته أكبر يكون زخمه أكبر .

السؤال (5) : عندما يكون الهيكل مرن يطيل زمن التصادم فيقلل من قوة التصادم فالعلاقة عكسية بين القوة وزمن التصادم .

$$(F = \frac{\Delta P}{T})$$

السؤال (6) :

$$\Delta p = m (vf - vi)$$

$$= 1.35 \times 10^3 (0 - 15)$$

$$\Delta p = -20.25 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$$

$$f = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-20.25 \times 10^3}{0.115} = 176.1 \times 10^3 \text{ N}$$

السؤال (7) :

$$m_A V_{AI} + m_B V_{BI} = (m_A + m_B) V_f$$

$$1.1 \times 10^3 \times 6.4 = (1.1 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3) V_f$$

$$V_f = \frac{1.1 \times 10^3 \times 6.4}{2.3 \times 10^3} = 3.06 \text{ m/s, } X^+$$

$$I_{BA} = \Delta P_A$$

$$= m_A (V_{AF} - V_{AI})$$

$$= 1.1 \times 10^3 (3.06 - 6.4)$$

$$I_{BA} = -3.67 \times 10^3 \text{ N.S}$$

$$I_{BA} = 3.67 \times 10^3 \text{ N.S, } (X^-)$$

السؤال (8) :

$$\Delta P = F \cdot \Delta t$$

$$\Delta p = 1 \times 10^3 \times 0.01 = 10 \text{ N.S}$$

$$\Delta P = m (V_f - V_i)$$

$$10 = 10 (V_f - 0)$$

$$V_f = 1 \text{ m/s}$$

السؤال (9) : الأستاذ

$$4.5 \times 10^6 \text{ m/s (أ)}$$

$$576 \times 10^{12} \text{ J (ب)}$$

السؤال (12):

$$V_B = -0.2 \text{ m/s}$$

(ب) مرن

السؤال (13) : تمثل أعلى قوة مؤثرة في الكرة بعد زمن تلامس مقداره (0.6×10^{-3}) ثانية , ومقدار القوة $16 \times 10^3 \text{ N}$.

$$\text{ب) } I = \frac{1}{2} (1.2 \times 10^{-3}) (16 \times 10^3)$$

$$I = 0.6 \times 16 = 9.6 \text{ N.S}$$

$$\text{ج) } I = \Delta P$$

$$9.6 = m (V_F - V_I)$$

$$9.6 = 0.145 (V_F - 0)$$

$$V_F = \frac{9.6}{0.145} = 66 \text{ m/s}$$

$$\text{د) } \epsilon F = \frac{I_{\text{كلي}}}{\Delta t}$$

$$F_{\text{متوسطة}} = \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}} = \frac{96 \times 10^3}{12}$$

$$F_{\text{متوسطة}} = 8 \times 10^3 \text{ N}$$



ورقة ختامية (1/كتاب الأنشطة)

4. كرتان متساويتان في الكتلة تتحركان باتجاهين متعاكسين بمقدار السرعة نفسه. تصادمتا تصادما مرنا، مجموع الطاقة الحركية للنظام المكون من الكرتين بعد التصادم يساوي:

أ. 0. ب. $\frac{1}{2}mv^2$ ج. mv^2 د. $2mv^2$

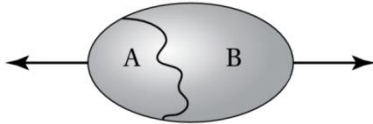
5. يتحرك جسم (A) على سطح أفقي عديم الاحتكاك بسرعة (v_1) ، اصطدم بجسم ساكن (B) مساو له في الكتلة. بعد التصادم التحم الجسمان معا وتحركا بسرعة (v_2) . إن النسبة بين السرعتين $(\frac{v_1}{v_2})$ تساوي:

أ. $\frac{1}{2}$ ب. $\frac{2}{1}$ ج. $\frac{1}{4}$ د. $\frac{4}{1}$

6. سيارة (A) وشاحنة (B) تتحركان بالسرعة نفسها باتجاهين متعاكسين. تصادمتا تصادما عديم المرونة. أي من العبارات الآتية تصف مقدار التغير في السرعة (Δv) ومقدار التغير في الزخم (ΔP) لكل منهما:

أ. $\Delta v_A > \Delta v_B, \Delta P_A > \Delta P_B$
ب. $\Delta v_A = \Delta v_B, \Delta P_A = \Delta P_B$
ج. $\Delta v_A > \Delta v_B, \Delta P_A = \Delta P_B$
د. $\Delta v_A < \Delta v_B, \Delta P_A < \Delta P_B$

7. مقذوفة ألعاب نارية ساكنة لحظيا على ارتفاع معين انفجرت إلى قسمين (A) و (B)، حيث $(m_A = m, m_B = 2m)$ تحركا أفقياً باتجاهين متعاكسين، كما يبين الشكل. إذا كانت الطاقة الحركية الكلية التي انتقلت إليهما (E)، وكتلة القسم (A) تساوي (m)؛ فإن مقدار سرعة القسم (A) بعد الانفجار مباشرة:

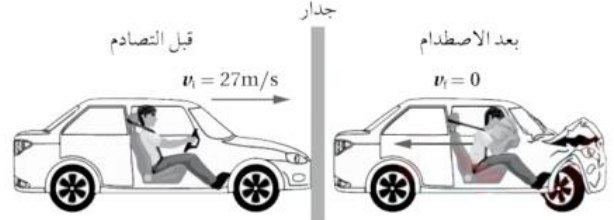


أ. $\sqrt{\frac{E}{m}}$ ب. $\sqrt{\frac{2E}{m}}$ ج. $\sqrt{\frac{2E}{3m}}$ د. $\sqrt{\frac{4E}{3m}}$



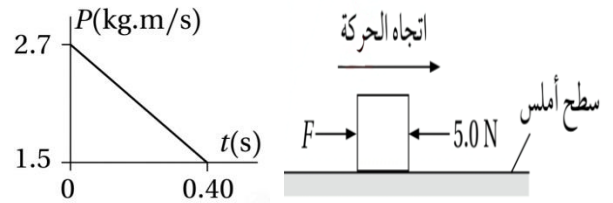
1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. يبين الشكل سيارة تتحرك بسرعة (27 m/s) فتصطدم بجدار وتتوقف. تعمل الوسادة الهوائية وحزام الأمان على إبطاء سرعة السائق تدريجياً بحيث يستغرق زمناً مقداره (2.5 s) ليتوقف عن الحركة، فتكون القوة المؤثرة في جسمه (F). ودون استخدام حزام الأمان والوسادة، يصبح زمن توقف السائق من الحركة (0.2 s) ، فتكون القوة المؤثرة في جسمه في هذه الحالة:



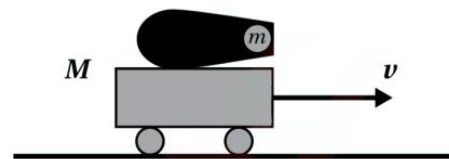
أ. $54 F$ ب. $12.5 F$ ج. $27 F$ د. $2.5 F$

2. يتحرك صندوق على سطح أفقي أملس باتجاه اليمين، وفي أثناء حركته أثرت فيه قوتان لابنتان إحداهما (F) والقوة الثانية $(5N)$ ، كما هو مبين في الشكل. الرسم البياني يبين التغير في الزخم الخطي للصندوق مع الزمن. ما مقدار القوة (F)؟



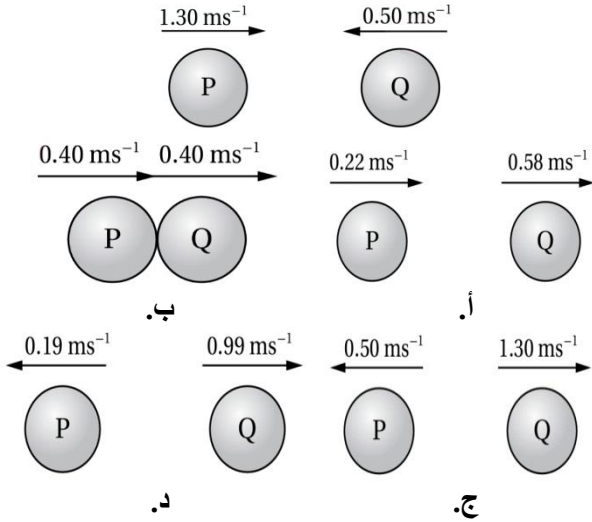
أ. 2.0 N ب. 3.0 N ج. 5.0 N د. 0.8 N

3. مدفع بداخلة كرة كتلتها (m)، المدفع مثبت على عربة تتحرك بسرعة ابتدائية (v) باتجاه محور (x+)، كما يبين الشكل المجاور، كتلة المدفع والكرة والعربة (M). عندما تنطلق الكرة من المدفع بسرعة (v_B) ؛ فإن سرعة المدفع والعربة بعد الإطلاق مباشرة:



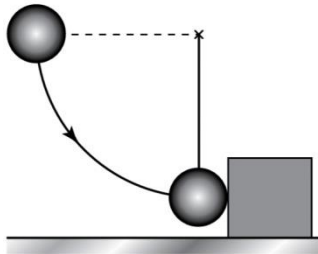
أ. $\frac{Mv - mv_B}{M - m}$ ب. $\frac{Mv + mv_B}{M - m}$ ج. $\frac{Mv + mv_B}{M}$ د. $\frac{-Mv - mv_B}{M + m}$

12. كرتان متساويتا الكتلة (P,Q) تتحركان في خط مستقيم نحو بعضهما بعضا، كما في الشكل المجاور، اصطدمتا معا رأسا برأس تصادما مرنا. أي من الأشكال الآتية يوضح الكرتين بشكل صحيح بعد التصادم؟



2. أستنتج: عند تحرك سيارة في مسار دائري بسرعة ثابتة مقدارا؛ هل يتغير زخمها الخطي؟ أفسر إجابتي.

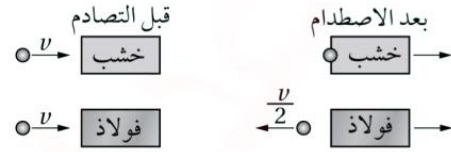
3. أستخدم الأرقام: كرة فولاذية كتلتها (0.500 kg) مربوطة بخيط طوله (80.0 cm)، أزيحت الكرة إلى اليسار كما في الشكل ثم أطلقت من السكون، نحو قالب فولادي ساكن كتلته (2.50 kg)، موضوع على سطح أفقي أملس؛ فتحرك القالب بسرعة (1.20 m/s). مفترضا تسارع السقوط الحر ($g = 10 \text{ m/s}^2$)، أجب عن الأسئلة الآتية:



أ. أستخدم الأرقام: أحسب سرعة الكرة قبل التصادم مباشرة، وسرعتها بعد التصادم مباشرة.
ب. استنتج: هل التصادم مرن أم غير مرن؟ أوضح إجابتي حسابيا.

8. قالبان متساويان في الكتلة ساكنان على سطح أفقي أملس؛ الأول خشبي والثاني فولاذي، أطلقت كرتان فولاديتان متماثلتان بسرعة أفقية (v) كما في الشكل؛ كرة نحو كل قالب. انغرست الكرة الفولاذية الأولى في القالب الخشبي وتحركا معا بعد التصادم. والكرة الثانية ارتدت من القالب الفولاذي للخلف بسرعة $\left(\frac{v}{2}\right)$.

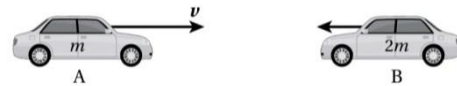
أي الجمل الآتية تصف ما يحدث للقالبين بعد التصادمين مباشرة؟



(الشكل غير مرسوم بمقياس رسم)

- أ. يتحرك القالبان بالسرعة نفسها.
ب. يتحرك القالب الفولاذي بسرعة أكبر من القالب الخشبي.
ج. يتحرك القالب الخشبي بسرعة أكبر من القالب الفولاذي.
د. يجب معرفة كتل كل من الكرة والقالبين؛ لتقرر أي القالبين أسرع.

* يبين الشكل سيارتين كتلتيهما ($m_B = 2m, m_A = m$) تتحركان باتجاهين متعاكسين، سرعة السيارة (A) تساوي (v)، تصادمتا رأسا برأس تصادما عديم المرونة وتوقفنا عن الحركة. مستعينا بالشكل أجب عن الفقرتين (9, 10):



9. سرعة السيارة (B) قبل التصادم مباشرة تساوي:
أ. $2v$ ب. v ج. $\frac{v}{2}$ د. $\frac{v}{4}$

10. طاقة الحركة المفقودة في التصادم تساوي:
أ. $\frac{3}{4}mv^2$ ب. $\frac{1}{2}mv^2$ ج. $\frac{1}{4}mv^2$ د. 0

11. أطلقت رصاصة كتلتها (5.0 g) رأسيا للأعلى بسرعة (200 m/s)، فاخترقت قالباً من الطين في حالة سكون، كتلته (95 g). اصطدمت الرصاصة بالقالب الطين وانغرزت فيه، ثم تحركا معا بسرعة واحدة للأعلى. ما أقصى إزاحة رأسية لقالب الطين بالنسبة إلى موقعه الابتدائي، ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

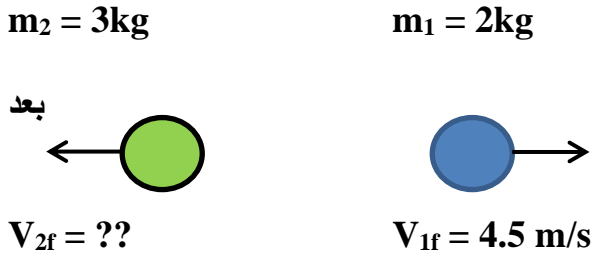
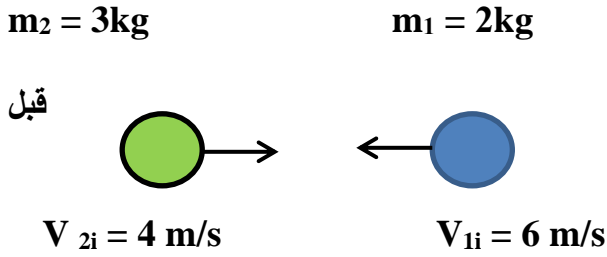
قالب من الطين
كتلته 95.0 g

رصاصة كتلتها
5.0 g
200 m/s

- أ. 5.1 m.
ب. 5.6 m.
ج. 10 m.
د. 100 m.

ورقة ختامية (2)

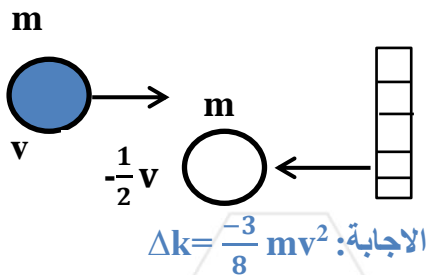
السؤال (5): تتحرك كرة كتلتها 2kg باتجاه الغرب بسرعة 6m/s فتصطدم باخرى كتلتها 3kg تتحرك باتجاه الشرق بسرعة 4m/s . اذا اصبحت سرعة الاولى بعد التصادم 4.5m/s كما في الشكل حيث بقي الجسمان يتحركان على نفس الخط بعد التصادم و قبل التصادم ، ودام التصادم 0.02s فجد :



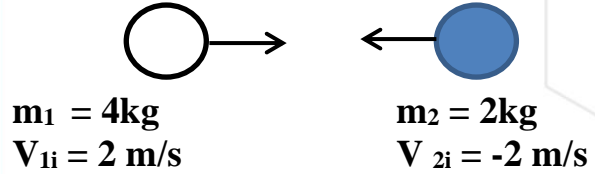
- 1) سرعة الكرة الثانية بعد التصادم مباشرة .
 - 2) متوسط القوى التي اثرت بها الكرة الاولى على الكرة الثانية اثناء التصادم .
 - 3) حدد نوع التصادم .
- الاجابة:

1. $V_{2f} = -3\text{ m/s}$
 2. $F = -1050\text{N}$
 3. $\Delta kE = -26.25\text{J}$

السؤال (6): كرة كتلتها m وتتحرك بسرعة v اصطدمت بحائط بنصف سرعتها فان مقدار الطاقة نتيجة التصادم تساوي ؟

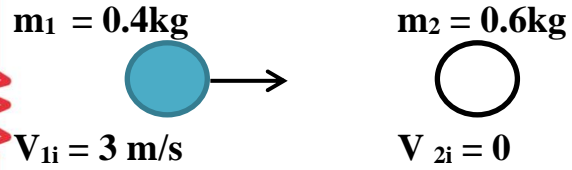


السؤال (1): جسم كتلته 4kg يتحرك لليمين بسرعة 2m/s تصطدم بجسم اخر كتلته 2kg يتحرك باتجاه معاكس وبمقدار السرعة نفسها ، احسب سرعة كل من الجسمين بعد التصادم مباشرة اذا كان التصادم مرناً ؟



الاجابة: $V_{1f} = \frac{-2}{3}\text{ m/s}$ $V_{2f} = \frac{10}{3}\text{ m/s}$

السؤال (2): كرة كتلتها 0.4kg و سرعتها 3 m/s تتصادم تصادماً مرناً وبشكل مباشر مع كرة اخرى ساكنة كتلتها 0.6kg جد سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة ؟



الاجابة: $V_{1f} = -0.6\text{m/s}$ $V_{2f} = 2.4\text{m/s}$

السؤال (3): العملية المحفوظة دائما خلال اي تصادم بين جسامين:

- أ) الطاقة الحركية
 - ب) الطاقة الميكانيكية
 - ج) مجموع سرعات الاجسام
 - د) الزخم الخطي
- الاجابة: د) الزخم الخطي

السؤال (4): عند اصطدام كرتين احدهما اكبر من كتلة الاخرى ، فان مقدار القوة التي تحدثها كل منهما على الاخرى تكون :

- أ) الكتلة الاكبر تحدث قوة اكبر
- ب) الكتلة الاصغر تحدث قوة اكبر
- ج) القوتان متساويتان
- د) تعتمد قوة كل منهما على مقدار سرعتهما قبل التصادم .

الاجابة: ج) القوتان متساويتان

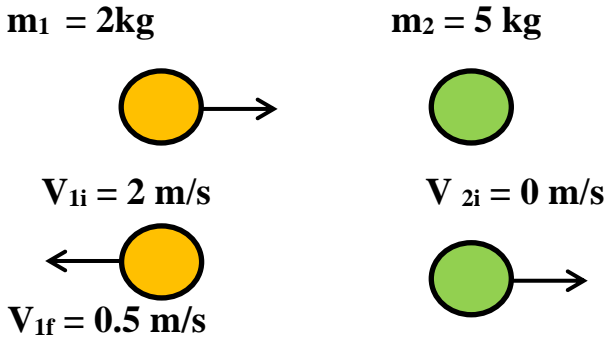
السؤال(12):رصاصة كتلتها 0.02 kg تتحرك افقيا بسرعة v نحو قطعة خشبية كتلتها 1.98kg معلقة بخيط ، فإذا استقرت الرصاصة بالقطعة الخشبية و تحرك الجسمان معا ووصلا لارتفاع 0.2m، جد :
1- السرعة المشتركة للجسمين بعد التصادم
2-سرعة الرصاصة قبل التصادم مباشرة
الاجابة:

1) $V_f=2m/s$
2) $V_{1i}=200m/s$

السؤال(13):انفجر جسم ساكن كتلته 5kg الى جزئين فاذا كانت كتلة الجزء الاول 2kg وتحرك باتجاه محور الصادات الموجب بسرعة 40m/sجد مقدار واتجاه سرعة الجسم الثاني ؟
الاجابة:

$V_{2f}=26.6m/s, (y^-)$

السؤال(14):اصطدمت كرة كتلتها 2 kg تتحرك بسرعة 2 m/s على منضدة عديمة الاحتكاك بكرة اخرى ساكنة كتلتها 5 kg فارتدت بكرة اخرى 0.5 m/s بعد التصادم مباشرة في نفس المسار أوجد
1) سرعة الكرة الثانية بعد التصادم مباشرة .
2) نوع التصادم



الاجابة:

1) $V_{2f} = 1 m/s$
2) بما ان الطاقة الحركية قبل التصادم لا تساوي الطاقة الحركية بعد التصادم .: التصادم غير مرن

السؤال(7):ما الصيغة التي تمثل قانون نيوتن الثالث ؟

(أ) $F = \frac{\Delta p_2}{\Delta t}$

(ب) $\Delta p_2 = -\Delta p_1$

(ج) $p=0$

(د) $\Delta p = 0$

الاجابة: (ب) $\Delta p_2 = -\Delta p_1$

السؤال(8):في التصادم المرن تكون النسبة بين الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم الى الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم تساوي :

(أ) اكبر من 1 (ب) اقل من 1

(ج)تساوي 1 (د) تساوي 0

الاجابة: (ج)تساوي 1

السؤال(10):يتحرك جسم كتلته 16kg في الاتجاه السيني الموجب بسرعة 3m/s ويتحرك جسم اخر كتلته 4kg في الاتجاه السيني السالب بسرعة 5m/s يصطدم الجسمان بشكل مباشر ويلتحمان ، جد سرعتهما بعد الاصطدام مباشرة ؟

$m_1 = 16 kg$

$m_2 = 4kg$



$V_{1i} = 3 m/s$

$V_{2i} = 5 m/s$

الاجابة: $V_f = 1.4 m/s$

السؤال(11):جسم كتلته 2kg يسير بسرعة 4 m/s اصطدم تصادما مرنا بجسم اخر ساكن و استمر الجسم الاول بالحركة بنفس الاتجاه و بسرعة 1m/s احسب كتلة الجسم الثاني ؟

قبل

$m_1 = 2kg$

$m_2 = ?$



$V_{1i} = 4 m/s$

$V_{2i} = 0 m/s$

بعد $m_1 = 2kg$



$V_{1f} = 1 m/s$

$V_{2f} = ??$

الاجابة: $m_2 = 1.2kg$

(4) جسمان A , B لهما نفس الكتلة إذا كان زخم A مثلي زخم B ، فإن :

$$K_A = 2 K_B \text{ (أ)}$$

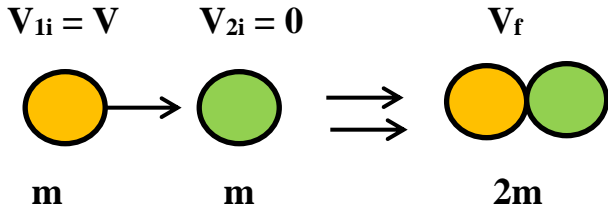
$$K_A = 4 K_B \text{ (ب)}$$

$$K_A = \frac{1}{2} K_B \text{ (ج)}$$

$$K_A = \frac{1}{4} K_B \text{ (د)}$$

الإجابة: (ب) $K_A = 4 K_B$

(5) تصادم جسم كتلته m وسرعته v تصادماً عديم المرونة بجسم آخر ساكن مماثل له في الكتلة، فإن الطاقة الضائعة :



الإجابة: $\Delta k = -\frac{1}{4} m \cdot v^2$

(6) في التصادم عديم المرونة تكون النسبة بين الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم إلى الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم :

(أ) أقل من واحد .

(ب) واحداً .

(ج) أكبر من واحد .

(د) صفرأ .

الإجابة: (ج) أكبر من واحد

(7) اي الكميات الفيزيائية تبقى محفوظة دائماً في أي عملية تصادم في نظام معزول ؟

(أ) طاقة الحركة .

(ب) الزخم .

(ج) السرعة .

(د) الطاقة الميكانيكية .

الإجابة: (ب) الزخم .

سؤال (15) : ضع دائرة تحت الإجابة الصحيحة :

(1) تدافع صديقان في حالة تزلج بحيث تحركا في اتجاهين متعاكسين، إذا كانت كتلة أحدهما 55 kg وتحرك بسرعة 3 m/s وكتلة الآخر 50 kg وتحرك بسرعة 3.3 m/s أي أن الزخم الكلي للصديقين معاً بوحدة (kg m/s) .

(أ) 165

(ب) 330

(ج) 1050

(د) 0

الإجابة: (د) 0

(2) في الشكل التالي (A,B,C) ثلاث كرات زجاجية متماثلة، إذا تحركت الكرة (A) بسرعة مقدارها (6 m/s) الساكنتين والمتلامستين فاصطدمت بالكرة (B) تصادماً مرناً بإجمال الاحتكاك فإنه بعد التصادم مباشرة .

6 m/s



(أ) تسكن الكرتان (A) و (B) وتتحرك (C) بسرعة 6 m/s .

(ب) تسكن الكرتان (A) و (B) وتتحرك (C) بسرعة 3 m/s .

(ج) تسكن الكرة (A) وتتحرك الكرتان (B) و (C) بسرعة 2 m/s .

(د) تتحرك الكرات الثلاث بسرعة مقدارها 2 m/s .

الإجابة: (أ) تسكن الكرتان (A) و (B) وتتحرك (C) بسرعة 6 m/s .

(3) إذا ركل راند الفضاء حجراً بعيداً وهو في الفضاء الخارجي، أي العبارات التالية صحيحة ؟

(أ) يتحرك راند الفضاء والحجر بنفس السرعة ولكن باتجاهين متعاكسين .

(ب) يتحرك راند الفضاء والحجر بسرعتين مختلفتين مقداراً ولكن بالاتجاه نفسه .

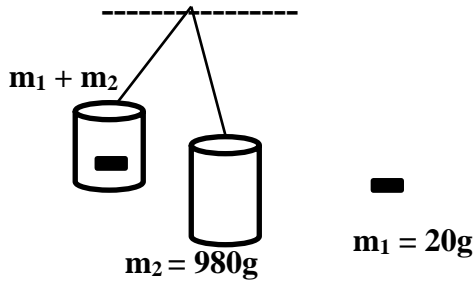
(ج) يتحرك راند الفضاء بسرعة أقل من سرعة الحجر وباتجاه معاكس لحركة الحجر .

(د) لا يتحرك اي منهما .

الإجابة: (ج) يتحرك راند الفضاء بسرعة أقل من سرعة الحجر وباتجاه معاكس لحركة الحجر .

الإجابة: $V_f = 3.8 \text{ m/s}$

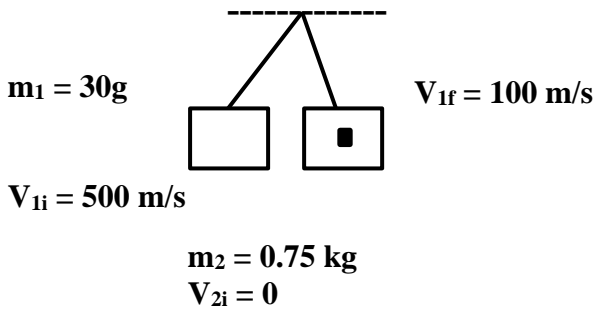
السؤال (17): اصطدمت رصاصة كتلتها 20g بقطعة خشبية معلقة كتلتها 980g فاستقرت بها، وارتفعت المجموعة عن وضع الاتزان 10 cm ، احسب سرعة الرصاصة قبل التصادم مباشرة .



الإجابة: $V_{fi} = 70 \text{ m/s}$

السؤال (18): أطلقت رصاصة كتلتها 30g بسرعة 500 m/s على قطعة خشبية ساكنة معلقة كبنول كتلته 0.75kg فأخترقتها، وخرجت منها بسرعة 100 m/s جد كلاً من :

- (1) سرعة القطعة الخشبية بعد الاصطدام مباشرة .
- (2) مقدار الطاقة الحركية المفقودة .



الإجابة:

$V_{2f} = 16 \text{ m/s}$ (1)
 $\Delta KE = -3504 \text{ J}$ (2)

السؤال (19): في الشكل تنزلق الكتلتان 2kg , 4kg من السكون من ارتفاع 5m على مستوى أعلى إذا اصطدما تصادماً مرناً، جد :

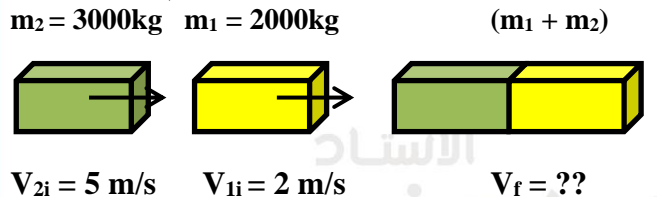
- (1) سرعة كل من الكرتين قبل التصادم مباشرة ،
- (2) سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة ،

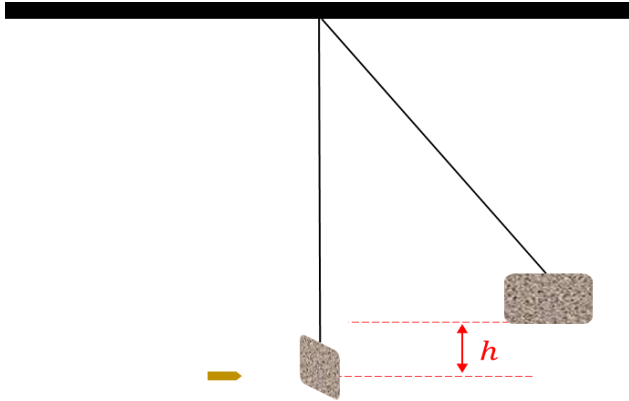
- (8) عندما يصطدم جسمان مختلفات في الكتلة فإن الدفع الذي يؤثر به كل جسم على الآخر ؟
- (أ) متساوي في المقدار ومتعاكس في الاتجاه لكل أنواع التصادمات .
- (ب) متساوي في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات المرنة فقط .
- (ج) متساوي لكل أنواع التصادمات .
- (د) متساوي في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات عديمة المرونة فقط .
- الإجابة: (أ) متساوي في المقدار ومتعاكس في الاتجاه لكل أنواع التصادمات .

- (9) أي بالعبارات الآتية ليست صحيحة لجميع أنواع التصادمات في نظام معزول .
- (أ) يكون أحد الجسمين على الأقل متحركاً .
- (ب) الطاقة الحركية للنظام محفوظة .
- (ج) قد لا يتلامس الجسمان المتعامدان .
- (د) الزخم للنظام محفوظ .
- الإجابة: (ب) الطاقة الحركية للنظام محفوظة .

- (10) اصدم جسم A كتلة m_1 متحرك بسرعة V_1 بكرة كتلتها m_2 وسرعتها V_2 حيث :
($V_2 < V_1$ ، $m_2 > m_1$)
- تصادماً عديم المرونة ، إن التغير في الزخم :
- (أ) يكون أكبر للجسم A منه للكرة .
- (ب) يكون أكبر للكرة من الجسم A .
- (ج) متساوي في المقدار متعاكس في الاتجاه .
- (د) متساوي لكل مكنهما مقدراً فقط .
- الإجابة: (ج) متساوي في المقدار متعاكس في الاتجاه .

السؤال (16): عربية قطار كتلتها 2000 kg تتحرك على قضبان مستقيمة أفقية بسرعة 2 m/s اصطدمت بخا عربية أخرى كتلتها 3000 kg تسير بالاتجاه نفسه وبسرعة 5 m/s ، وتحركتا معاً كجسم واحد . فما مقدار السرعة المشتركة بعد التصادم .





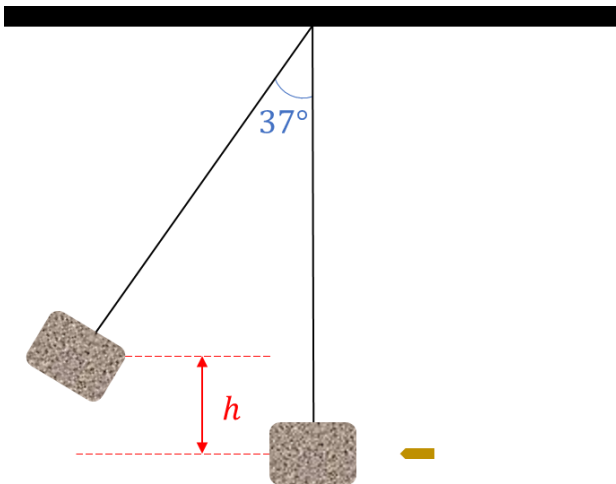
الإجابة:

$$V_f = 1 \text{ m/s} (1)$$

$$h = 0.05 \text{ m} (2)$$

(3) في المرحلة الأولى عند الاصدام لأنه تصادم عديم المرونة لا تكون الطاقة الحركية محفوظة فيه.
(4) البندول القذفي، تصادم عديم المرونة

سؤال (22): قطعة خشبية كتلتها 990 g معلقة بخيط على شكل بندول طوله 1m، أطلقت نحوها أفقياً رصاصة كتلتها 10g والتحمت بها فكانت أكبر زاوية ينحرفها البندول عن الوضع الرأسي (37°) فجد:
(أ) سرعة الرصاصة قبل الالتحام مباشرة.
(ب) سرعة النظام بعد الالتحام مباشرة.
(ج) الطاقة الضائعة.



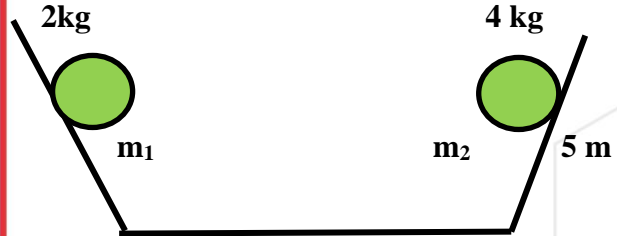
الإجابة:

$$(أ) \text{X-}, 200 \text{ m/s}$$

$$(ب) \text{X-}, 2 \text{ m/s}$$

$$(ج) -198 \text{ J}$$

(3) أقصى ارتفاع تصل إليه كل من الكرتين بعد الاصطدام مباشرة.



الإجابة:

$$V_{1i} = 10 \text{ m/s}$$

$$V_{2i} = -10 \text{ m/s} (1)$$

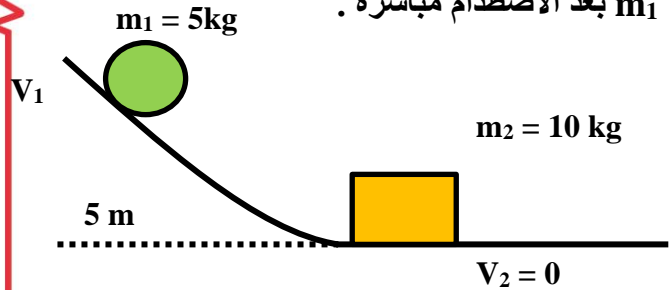
$$V_{1f} = -\frac{50}{3} \text{ m/s}$$

$$V_{2f} = \frac{10}{3} \text{ m/s} (2)$$

$$h_{1f} = \frac{125}{9} \text{ m}$$

$$h_{2f} = \frac{5}{9} \text{ m} (3)$$

السؤال (20): تنزلق كتلة 5kg من السكون من ارتفاع 5m على مسار أعلى وعند أسفل المسار تصطدم اصطداماً مرناً بكرة أخرى ساكنة كتلتها 10kg، جد أقصى ارتفاعاً تصل إليه الكتلة الأولى بعد الاصطدام مباشرة.



الإجابة: $h_1 = 0.55 \text{ m}$

سؤال (21): رصاصة كتلتها 3g انطلقت نحو قطعة خشب ساكنة كتلتها 297g ووصلتها لحظة التصادم بسرعة 100 m/s والتحمت معها احسب:
(أ) سرعة الرصاصة وقطعة الخشب بعد الالتحام لحظة اصطدامها.
(ب) أقصى ازاحة رأسية تصل إليها قطعة الخشب.
(ج) أين تضيع الطاقة الحركية للنظام.
(د) أذكر اسم الجهاز وما نوع التصادم المطبق فيه.

ملخص قوانين الوحدة :

القانون الفيزيائي	الملاحظات
$P = m V$	الزخم الخطي
$\Delta P = P_f - P_i$ $\Delta P = m \Delta V$ $\Delta P = m (V_f - V_i)$	التغير في الزخم الخطي
$I = F \cdot \Delta t$	الدفع
$I = \Delta P$	نظرية الدفع-الزخم
$F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$	صيغة أخرى لقانون نيوتن الثاني
$I_{AB} = -I_{BA}$	
$I_{AB} = \Delta P_B$	
$I_{BA} = \Delta P_A$	
$\sum P_i = \sum P_f$ $m_{Ai} V_{Ai} + m_{Bi} V_{Bi} = m_A V_{Af} + m_B V_{Bf}$	(حفظ الزخم)
$\sum KE_i = \sum KE_f$ $\frac{1}{2} m_A V_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B V_{Bi}^2 = \frac{1}{2} m_A V_{Af}^2 + m_B V_{Bf}^2$	(حفظ الطاقة الحركية)
$V_{Ai} + V_{Af} = V_{Bi} + V_{Bf}$	السرعة النسبية
$V_{Ai} = \left(\frac{m_A + m_B}{m_A} \right) \sqrt{2 g h}$	البندول القذفي

ملاحظة : قبل البدء في الحل يجب تحديد إشارة السرعة ونعوض السرعة موجبة أو سالبة حسب اتجاه المحاور.

التصادم المرن	التصادم غير المرن	التصادم عديم المرونة
* يرتد الجسمان بعد التصادم بشكل منفصل مثل كرات البلياردو والأجسام المجهرية .	* يتغير شكل الجسمين بعد التصادم ويتحركان بشكل منفصل مثل كرة مطاطية مع مضرب .	* يلتحم الجسمان معاً بعد التصادم ويتحركان بسرعة واحدة مثل البندول القذفي والتحام كرات الصلصال
لا يوجد التحام	لا يوجد التحام	يوجد التحام
* الزخم الخطي محفوظ .	* الزخم الخطي محفوظ .	* الزخم الخطي محفوظ . $P_i = \varepsilon P_f$
* العلاقة الحركية محفوظة . * $\varepsilon KE_i = \varepsilon KE_f$ * $\Delta KE = 0$ * $\frac{\varepsilon KE_i}{\varepsilon KE_f} = 1$	* العلاقة الحركية غير محفوظة . * $\varepsilon KE_i \neq \varepsilon KE_f$ * $\Delta KE =$ موجب (كسب طاقة) * $\Delta KE =$ سالب (فقد طاقة)	* الطاقة الحركية غير محفوظة . * $\varepsilon KE_i \neq \varepsilon KE_f$ * $\Delta KE =$ موجب (كسب طاقة) * $\Delta KE =$ سالب (فقد طاقة)

الإثراء والتوسع

تصميم السيارة والسلامة Car Design and Safety



تصادم رأس يراس في اختبار تصادم.

عند توقف سيارة بشكل مفاجئ نتيجة لحدوث تصادم، فإن قوى كبيرة تؤثر في السيارة وركابها، وتبدد طاقاتهم الحركية.

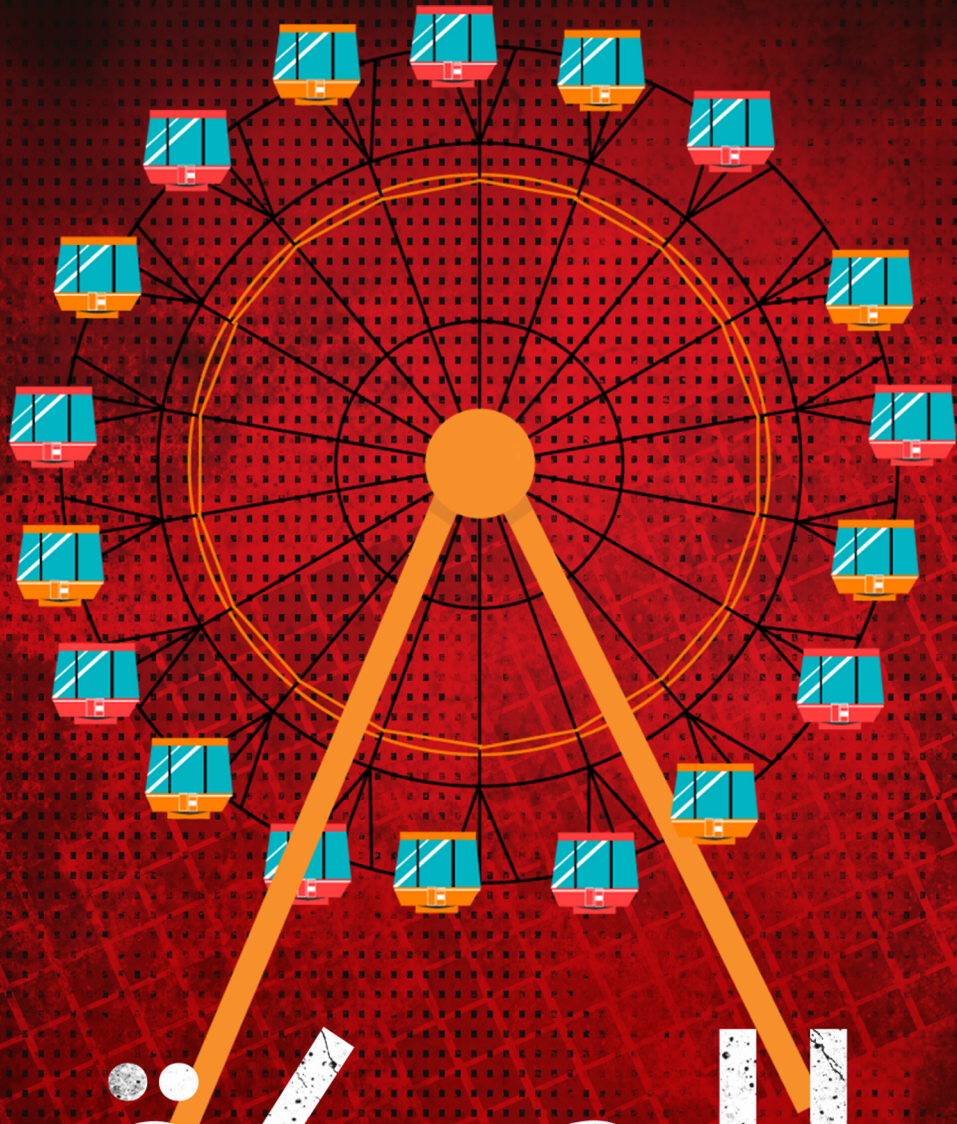
يوجد في مقدمة السيارة ونهايتها مناطق انهيار (ماصات صدمات) **Crumple zones**؛ تنبج وتتشوه بطريقة يحدث فيها امتصاص الطاقة الحركية للسيارة وركابها تدريجياً، كما هو موضح في الصورة. حيث يتشوه هيكل السيارة المرنة المصنوع من صفائح لينة، ما يؤدي إلى تناقص سرعتها تدريجياً وامتصاص جزء كبير من الطاقة الحركية للسيارة والركاب، وهذا بدوره يزيد زمن التصادم، ويقلل مقدار القوة المحصلة المؤثرة في السيارة والركاب، ما يقلل احتمالية تعرضهم لإصابات خطيرة.

أما أحزمة الأمان **Seat belts**؛ فتؤثر في الركاب بقوة بعكس اتجاه حركة السيارة، خلال مسافة مقدارها (0.5 m)، وهي تقريبا المسافة بين راكب المقعد الأمامي والزجاج الأمامي. ففي أثناء الاصطدام، يثبت حزام الأمان الراكب في المقعد ويزيد زمن تغير سرعته، وبما أن مقدار التغير في الزخم الخطي للراكب ثابت (فهو يعتمد على كتلة الراكب وسرعة السيارة سواء استخدم حزام الأمان أم لم يستخدمه)؛ فإن مقدار القوة المؤثرة فيه يصبح أقل نتيجة زيادة زمن توقف جسم الراكب. وفي حال عدم استخدام حزام الأمان سيرتطم الراكب بعجلة القيادة أو زجاج السيارة الأمامي، ويتوقف خلال مدة زمنية قصيرة مقارنة بزمن التوقف عندما يستخدم حزام الأمان، ما يعني تأثير قوة كبيرة في جسمه لإيقافه عندما لا يستخدم الحزام.

تنتفخ الوسائد الهوائية **Air bags** الموجودة في بعض السيارات عند حدوث تصادم؛ وتحمي السائق والركاب من الإصابات الخطيرة، فهي مثلا؛ تحمي السائق من الاصطدام بعجلة القيادة، وتزيد زمن تغير سرعته، فيقلل مقدار القوة المؤثرة فيه، وتوزع القوة المؤثرة فيه على مساحة أكبر من جسمه.

أما مساند الرأس **Head restraints**؛ فتضمن حركة رأس الراكب والسائق إلى الأمام مع الجسم، عند صدم السيارة من الخلف. وهذا يمنع كسر الجزء العلوي من العمود الفقري أو تلفه، وتقلل احتمالية التعرض لإصابات خطيرة عند وقوع حادث بمقدار كبير إذا استعملت أحزمة الأمان وثبتت مساند الرأس.

تساعد وسائل الأمان الثانوية هذه جميعها على الحماية من الإصابات الخطيرة عند وقوع الحوادث. أما عوامل السلامة الأساسية فهي التي تسهم في منع وقوع الحوادث وتعتمد على: ثبات السيارة على الطريق، وكفاءة المكابح، وفعالية أنظمة القيادة والتوجيه، ومقدرة السائق على التعامل مع المتغيرات التي تحدث في أثناء القيادة، إضافة إلى انتباه السائق.



الحركة

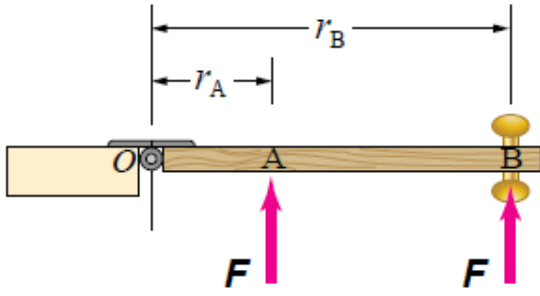
الدورانية

الوحدة الثانية

الدرس الأول : العزم والاتزان السكوني

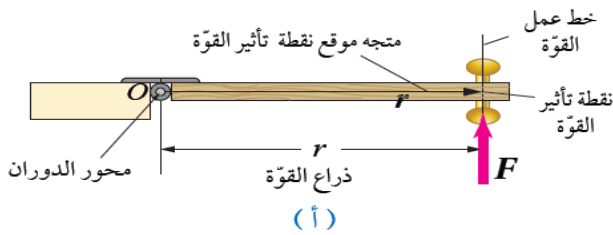
- ذراع القوة: المسافة العمودية بين خط عمل القوة ومحور الدوران.

سؤال(4): بالاعتماد على الشكل أي النقطتين A, B لها أكبر عزم؟



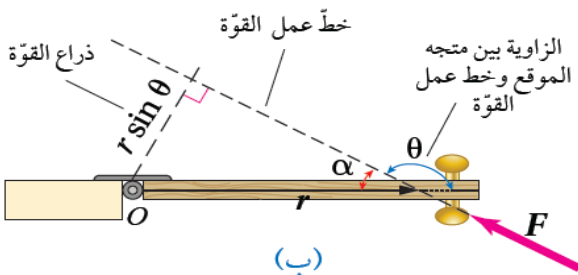
نحصل على أكبر سرعة زاوية وأكبر عزم نحو التأثير بقوة بالنقطة B أي يجعل نقطه تأثير القوة أبعد ما يمكن عن محور الدوران ويزداد مقدار العزم عند التأثير بهذه القوة بزواوية قائمة بالنسبة لمستوى سطح الباب.

سؤال(5): بالاعتماد على الشكل (أ) حدد طول ذراع القوة؟



في الشكل (أ) يكون طول ذراع القوة أكبر ما يمكن ويكون مساوياً مقدار المتجه (r).

سؤال(6): بالاعتماد على الشكل(ب) حدد طول ذراع القوة؟



سؤال(1): قارن بين الحركة المستقيمة والدائرية والدورانية؟

*الحركة المستقيمة: إزاحة الجسم في اتجاه واحد بسرعة ثابتة.

*الحركة الدائرية: دوران جسم في مسار دائري بسرعه محدده وبعد ثابت حول محور محدد كحركة القمر الصناعي وحركة جسم مشحون في مجال مغناطيسي منظم وسببها القوة المركزية.

*الحركة الدورانية: دوران الجسم حول مركزه أو محور كدوران الأرض حول محورها وسببها العزم الدوراني .

سؤال(2): قارن ما بين الأجسام النقطية والغير نقطية؟

الأجسام النقطية هي الاجسام التي ليس لها أبعاد وتظهر كأنها نقطة وعند التأثير عليها بقوة محصله فإنها تتسارع أما الأجسام غير النقطية فهي التي يكون لها أبعاد فعند التأثير عليها بقوة محصله فإن الجسم يبدأ بالدوران حول محور ويكتسب تسارع زاوي.

سؤال(3): ما المقصود بمصطلح العزم؟

هو مقياس لمقدرة القوة على إحداث دوران لجسم وهو كميته متجهه ورمزه (τ) ويعرف رياضياً بأنه يساوي ناتج الضرب المتجهي لمتجه القوة (F) ومتجه موقع نقطه تأثير القوة (r) الذي يبدأ من نقطه الذي يبدأ من نقطه على محور الدوران وينتهي عند نقطة تأثير لقوة.

$$\tau = \vec{r} \times \vec{F} \quad \text{الصيغة الرياضية: (ضرب اتجاهي أو تقاطعي)}$$

ويحسب مقدار العزم كما يلي:

$$\tau = r f \sin \theta$$

حيث (θ) الزاوية المحصورة تكون بين المتجهين r , F

- محور الدوران: خط وهمي رأسي يتم حوله عليه الدوران.
- خط عمل القوة: امتداد متجه القوة ونحصل عليه برسم خط ينطبق مع متجه القوة.

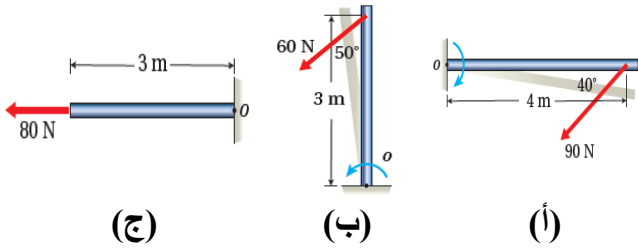
سؤال (9): اشتق وحدة قياس العزم حسب النظام العالمي للوحدات؟

$$\tau = r F \sin \theta$$

$$[\tau] = N \cdot m$$

ملاحظة: العزم كمية متجهة فنعتبره موجباً عندما يسبب دوران الجسم عكس اتجاه حركة عقارب الساعة ونعتبره سالباً عندما يسبب دوران الجسم في اتجاه حركة عقارب الساعة.

المثال (كتاب/1):
أحسب عزوم القوى المؤثرة في الأجسام السينة في الشكل حول محور دوران يمر بالنقطة (O).



المطلوب: عزم كل قوة.

الحل:

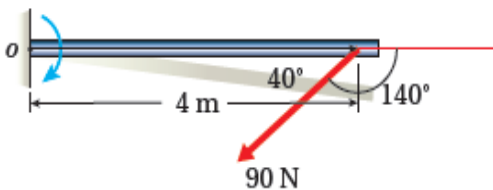
يحسب العزم من العلاقة الآتية: $\tau = Fr \sin \theta$

الشكل (أ):

القوة تعمل على تدوير الجسم باتجاه حركة عقارب الساعة، فيكون العزم سالباً.

$$\tau = -90 \times 4 \times \sin 140^\circ$$

$$= -231.4 \text{ N} \cdot m$$



عندما لا يكون اتجاه القوة (F) عمودياً على سطح الباب كما في الشكل (ب) فطول ذراع القوة يساوي $r \sin \alpha = r \sin \theta$ حيث $\alpha = 180^\circ - \theta$ لأن مجموع الزاويتين 180.

***الربط مع الرياضيات:** إذا كان مجموع الزاويتان

$$\alpha \text{ و } \beta \text{ يساوي } 180^\circ \text{ فإن } \sin \alpha = \sin \beta$$

- إذا كان مجموع الزاويتين α و β يساوي 90 فإن:

$$\sin \alpha = \cos \beta$$

مثال: $\sin(150) = \sin(30)$ لأن مجموع الزوايا 180

مثال: $\sin(30) = \cos(60)$ لأن مجموع الزوايا 90

سؤال (7): بالاعتماد على الشكل (ج) الذي يوضح

تأثير ثلاث قوى متساوية في المقدار في الموقع نفسه، فرتب العزم الناتج عن هذه القوى تنازلياً؟



يكون العزم الناتج عن القوة (F_1) هو الأكبر إذا أن مقدار ذراعها هو الأكبر، يليه العزم الناتج عن القوة (F_2) حيث أن ذراعها أصغر من ذراع القوة (F_2) أما بالنسبة للعزم الناتج عن (F_3) فإن العزم ينعدم لأن خط عمل القوة يمر بمحور الدوران.

ملاحظة: يزداد العزم بزيادة مقدار القوة مع المحافظة على ثبات اتجاههما.

سؤال (8): ما هي العوامل التي يعتمد عليها مقدار العزم؟

- (1) طردياً مع مقدار القوة (F)
- (2) طردياً مع طول ذراع القوة ($r \sin \theta$)

$$= -38.6 \text{ N.m}$$

$$\sin(105) = \sin(75)$$

أتحقق: أفسر دفع الباب بقوة عمودية على مستوى سطح الباب أفضل من دفعه جانبياً بقوة تميل عن مستوى سطح الباب بزاوية؟

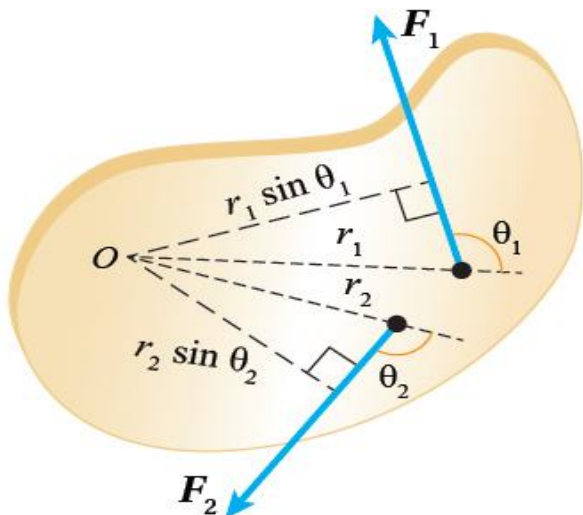
إيجاد العزم المحصل:

يوضح الشكل جسم قابل للدوران حول محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يمر بالنقطة (O) وتؤثر فيه قوتان: F_1 تعمل على تدويره بعكس عقارب الساعة و F_2 تعمل على تدويره مع عقارب الساعة في هذه الحالة لإيجاد العزم المحصل نحسب عزم كل قوة على محور الدوران على حده ثم نجد العزم المحصل ($\sum \tau$) المؤثر بالجسم بجمعها مع مراعاة إشارة كل منهما

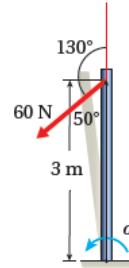
$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2$$

$$= F_1 r_1 \sin \theta_1 + (-F_2 r_2 \sin \theta_2)$$

(الإشارة السالبة لأن F_2 عملت على دوران الجسم مع عقارب الساعة).



الشكل (ب):

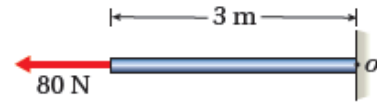


القوة تعمل على تدوير الجسم بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فيكون العزم موجبا .

$$\tau = 60 \times 3 \times \sin 130^\circ = 137.9 \text{ N.m}$$

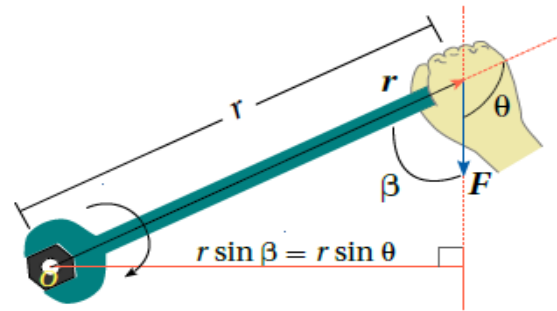
الشكل (ج):

الزاوية بين متجهي (F) و (r) تساوي ($\theta = 0^\circ$)؛ فيكون العزم $\tau = 0$



مثال (كتاب/2):

يستخدم زيد مفتاح شد طوله (25 cm) لشد صامولة في دراجة حيث أثر بقوة مقدارها ($1.6 \times 10^2 \text{ N}$) في طرف مفتاح الشد في الاتجاه الموضح في الشكل. فإذا علمت أن مقدار الزاوية (B) يساوي 75° فأحسب مقدار العزم المؤثر في المفتاح وأحدد اتجاهه .



الحل: يتضح من الشكل بأن الزاوية θ هي زاوية

منفرجة لذلك فإن θ تساوي 105° لأن θ و B مجموعهم يساوي 180° وإشارة لعزم ستكون سالبة لأن القوة تعمل على تدوير مفتاح الشد مع عقارب الساعة .

$$\tau = r F \sin \theta$$

$$= -25 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^2 \sin(105)$$

$$= -25 \times 1.6 \times 0.8$$

تمرين (كتاب):

يدفع عامل عربة كما هو مبين في الشكل عن طريق التأثير في مقبضي ذراعها بقوة مجموعها

أعلى بزاوية 25° بالنسبة لمحور X^+ ، إذا علمت أن بعد مقبض العربة عن محور الدوران يساوي 1.5 m فاحسب مقدار عزم القوة F المؤثر في العربة حول محور الدوران وأحدد اتجاهه.



الحل: يتضح من الشكل بأن القوة عملت على تدوير

الجسم عكس عقارب الساعة يعني بأن العزم موجب بالإضافة بأن θ وهي الزاوية المحصورة بين F , r

هي 65° ، لأن $\theta = 90 - 25$

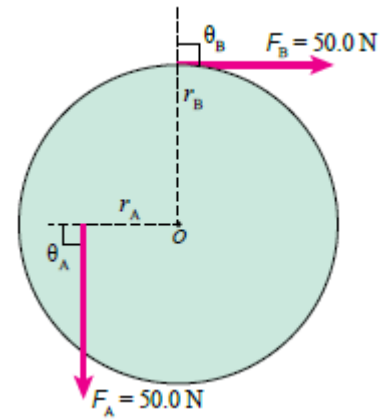
$$\theta = 65$$

$$\tau = 180 \times 1.5 \sin(65)$$

$$\tau = 223.24 \text{ N.m}$$

مثال (كتاب/3): بكرة مصممة نصف قطرها (r_B) يمر في مركزها (O) محور دوران عمودي على

مستوى الصفحة؛ كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أن القوة (F_A) تؤثر في البكرة على بعد ($r_A = 30.0 \text{ cm}$) من محور الدوران، وتؤثر القوة (F_B) عند حافة البكرة حيث ($r_B = 50.0 \text{ cm}$)، واعتماداً على المعلومات المثبتة في الشكل؛ أحسب مقدار العزم المحصل المؤثر في البكرة، وأحدد اتجاهه.



المعطيات:

$F_A = F_B = 50.5 \text{ N}$, $r_A = 30.0 \text{ cm} = 0.30 \text{ m}$,
 $r_B = 0.50 \text{ m}$, $\theta_A = \theta_B = 90^\circ$.

المطلوب : $\sum \tau = ?$

الحل

تعمل القوة (F_A) على تدوير البكرة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة حول دورانها الذي يمر بالنقطة (O)؛ لذا يكون عزمها موجباً، أما القوة (F_B) فتعمل على تدويرها باتجاه حركة عقارب الساعة حول محور الدوران نفسه؛ لذا يكون عزمها سالباً. يصنع (r_A) زاوية مقدارها (90°) مع خط عمل القوة (F_A)، ويصنع (r_B) زاوية مقدارها (90°) مع خط عمل القوة (F_B) .

أجد العزم المحصل حول محور دوران البكرة كما يأتي:

$$\begin{aligned} \sum \tau &= \tau_1 + \tau_2 \\ &= F_A r_A \sin \theta_A - F_B r_B \sin \theta_B \\ &= 50.0 \times 0.30 \sin 90^\circ \\ &= -10 \text{ N.m} \end{aligned}$$

بما أن العزم المحصل سالب فإنه يعمل على تدوير البكرة باتجاه حركة عقارب الساعة حول محور دورانها .

عزم الازدواج:

مثال تمهيدي: يوضح

الشكل المجاور مقود

سيارة نصف قطره (r)

تؤثر اليد اليمنى في المقود

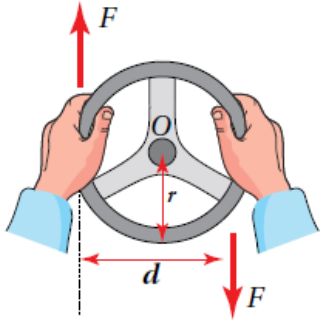
بقوة مقدارها (F) عمودياً

إلى أسفل تؤدي إلى

دورانها مع عقارب الساعة

حول محور دورانه الذي

يمر بالنقطة (O) بينما



تؤثر اليد اليسرى في المقود بنفس مقدار القوة (F) لكن عمودياً إلى أعلى فتتحرك مع عقارب الساعة أيضاً.

أحسب العزم المحصل الناتج عن القوتين حول محور الدوران نفسه؟

$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2$$

$$= -r F \sin \theta_1 + -r F \sin \theta_2$$

$$= -r F \sin 90 + -r F \sin \theta$$

$$\sum \tau = -2 r F = \tau \text{ couple}$$

OR

$$\sum \tau = -F d = \tau \text{ couple}$$

حيث أن (d) البعد العمودي بين القوتين

سؤال (1): ماذا يحدث لجسم قابل للدوران لو أثرنا عليه

بقوتين متساويين مقداراً ومتعاكستين اتجاهاً وخطاً

عملهما غير منطبقين؟

يتشكل ازدواج يسمى العزم الناتج عنه عزم الازدواج

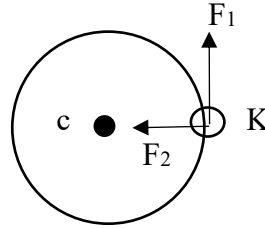
وهو يساوي ناتج ضرب مقدار إحدى القوتين

المتساويتين في البعد العمودي بينهما ويعبر عنه

رياضياً:

سؤال (1): ما عزم كل من F_1, F_2 المؤثرين على جسم نقطي يدور لحظة مروره بالنقطة K حول محور دوران يمر في النقطة (c) في المستوى الأفقي كما في الشكل وحدد أي من القوتين تعتبر قوة مركزية

الحل:



$$\tau_1 = r F_1 \sin 90$$

$$\tau_1 = r F_1$$

$$\tau_2 = r F_2 \sin 180$$

$$\tau_2 = 0$$

(القوة F_2 قوة مركزية لأن اتجاهها نحو المركز)

سؤال (2): إذا كان نصف قطر ترس دراجة هوائية

(7 cm) وأثرت السلسلة في الترس بقوة 30 N

عمودية باتجاه عقارب الساعة فما العزم اللازم لمنع

الإطار من الدوران؟

$$\tau = r F_1 \sin 0$$

$$\tau = 7 \times 10^{-2} \times 30 \times \sin 90$$

$$= -2.1 \text{ N.m} , \text{ (مع عقارب الساعة)}$$

العزم اللازم لإيقاف الإطار يحتاج إلى قوة مماثلة

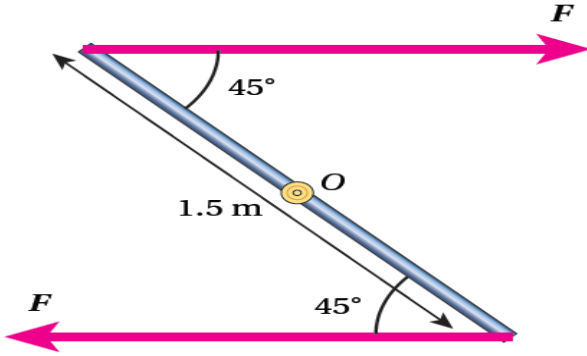
بعكس عقارب الساعة

$$\tau = 2.1 \text{ N.m}$$

$\sin 143^\circ = \sin 37^\circ = 0.60$ ، وأحسب مقدار عزم الازدواج كما يأتي :

$$\begin{aligned}\tau_{\text{couple}} &= 2F r \sin \theta \\ &= 2 \times 80.0 \times 0.50 \sin 143^\circ \\ &= 48 \text{ N.m}\end{aligned}$$

مثال (كتاب/4): قوتان تشكلان إزدواجًا وتؤثران بالاتجاهات المثبتة في الشكل عند طرفي قضيب فلزي طوله (1.5 m) قابل للدوران حول محور عمودي على الصفحة ويمر بالنقطة (O) إذا علمت أن عزم الإزدواج يساوي (130 N.m)؛ فما مقدار كلٍّ من القوتين؟ وما اتجاه دوران القضيب؟



نحسب البعد العمودي بين خطي عمل القوتين (d)

$$d = l \sin \alpha = 1.5 \times \sin 45^\circ = 1.1 \text{ m}$$

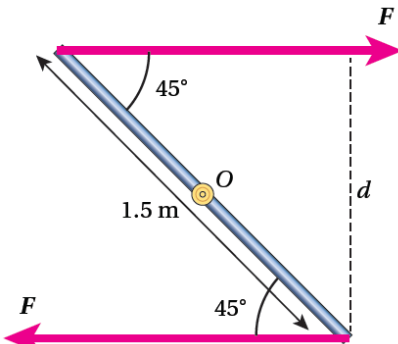
ثم نجد (F) باستخدام العلاقة:

$$\tau (\text{couple}) = Fd$$

$$130 = F \times 1.1$$

$$F = \frac{130}{1.1} = 118.2 \text{ N}$$

يعمل الإزدواج على تدوير القضيب الفلزي باتجاه حركة عقارب الساعة.

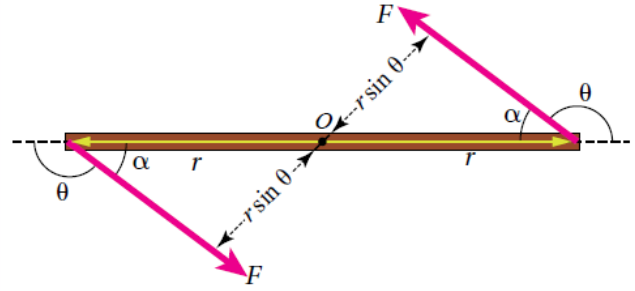


$$\tau_{\text{couple}} = 2 F r \sin \theta$$

OR

$$\tau_{\text{couple}} = F d$$

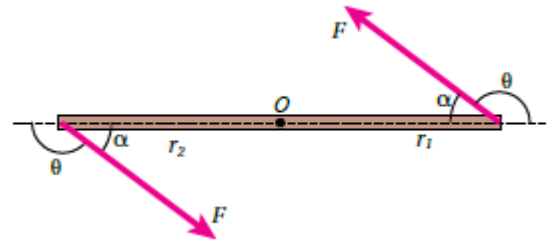
$$d = (r_1 + r_2) \sin \theta = 2 r \sin \theta$$



سؤال(2): علل: محصلة عزم القوى في الازدواج لا يساوي صفرا بالرغم من أن القوتين متساويتين مقدارا ومتعاكستين اتجاهاً؟

لان خط عمل القوتين ليس على استقامة واحدة.

سؤال(3): مسطرة مترية فلزية قابلة للدوران حول محور ثابت يمر في منتصفها عند النقطة (O) عمودي على مستوى الصفحة كما هو موضح في الشكل . أثر فيها قوتان شكلتا ازدواجاً، فإذا علمت أن مقدار كل من القوتين (80.0N) ومقدار الزاوية (θ) يساوي (143°) ؛ أحسب مقدار عزم الازدواج المؤثر في المسطرة، وأحدد اتجاهه .



المعطيات :

$$F_1 = F_2 = F = 80 \text{ N}, r_1 = r_2 = r = 0.50 \text{ m}, \theta_1 = \theta_2 = 143^\circ .$$

الحل: تشكل القوتان ازدواجاً يعمل على تدوير المسطرة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة حول محور ثابت يمر بالنقطة (O) . والزاوية (θ) ؛ بين متجه القوة ومتجه موقع نقطة تأثير القوة تساوي

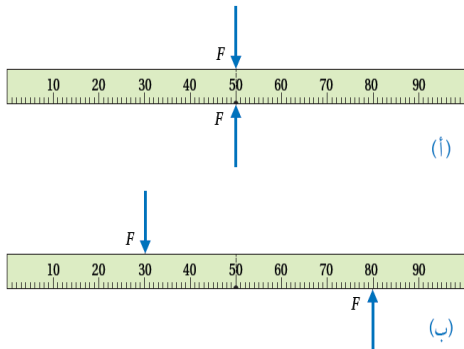
الاتزان:

درست في صفوف سابقة أنّ الجسم الساكن يكون في حالة اتزان سكوني، والجسم المتحرك بسرعة ثابتة وبخط مستقيم يكون في حالة اتزان حركي، وفي الحالتين تكون القوة المحصلة المؤثرة في هذه الأجسام تساوي صفراً؛ $(\sum F = 0)$ وهذا الشرط يحقق الاتزان للجسم عندما تكون القوى المؤثرة فيه في الموقع نفسه، مثل المسطرة المبينة في الشكل (12/أ).

يوضح الشكل (12/أ) مسطرة ممتدة موضوعاً على سطح طاولة؛ وتؤثر فيها قوتان أفقيتان متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهاً في الموقع نفسه، حيث تكون المسطرة في حالة اتزان سكوني، لأن القوة المحصلة المؤثرة فيها تساوي صفراً. أما الشكل (12/ب) فيوضح المسطرة نفسها عند تأثير القوتين نفسيهما في مواقع مختلفين. هنا لا بد من توافر شرط ثانٍ يحقق الاتزان، وهذا الشرط مرتبط بالعزم؛ فالمسطرة في هذه الحالة غير متزنة على الرغم من أن القوة المحصلة تساوي صفراً؛ لأن العزم المحصل المؤثر فيها لا يساوي صفراً. يمكن القول: إنه عندما تؤثر في الجسم قوى عدة في مواقع مختلفة، يكون الجسم متزاناً عندما يحقق الشرطين الآتيين معاً:

الشرط الأول: أن تكون القوى المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً $(\sum F = 0)$.

الشرط الثاني: أن يكون العزم المحصل المؤثر في الجسم يساوي صفراً $(\sum \tau = 0)$.



الشكل (12):

(أ) خطأ عمل القوتين المؤثرتين في

المسطرة متطابقان.

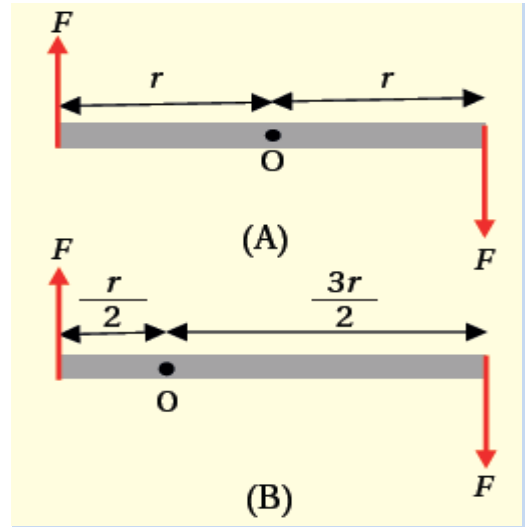
(ب) خطأ عمل القوتين المؤثرتين

غير متطابقين.

أتحقق: ما الشروط اللازم تحققها في قوتين كي تشكلان إزدواجاً؟

أن تؤثر على الجسم بقوتين متساويتين مقداراً ومتعاكستين اتجاهاً وخطاً عملهما غير منطبقين.

أفكر: تُشكل القوتان الموضحتان في الشكل (A) إزدواجاً يعمل على تدوير الجسم باتجاه حركة عقارب الساعة. إذا تغير موقع محور الدوران ليصبح كما في الشكل (B)، وبثبوت القوتين؛ فهل نعدّ القوتين إزدواجاً في هذه الحالة؟ وهل يكون العزم المحصل متساوياً في الحالتين؟ أوضح إجابتي رياضياً.



ب. النظام – وبالتالي اللوح الخشبي – في حالة اتزان سكوني، لذا؛ فإن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً حسب الشرط الأول من شرطي الاتزان. وأطبق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه محور y ؛ لأنه لا توجد قوى تؤثر في اتجاه محور x .

$$\sum F_y = m a_y = 0$$

$$F_N - (F_g + F_{g1} + F_{g2}) = 0$$

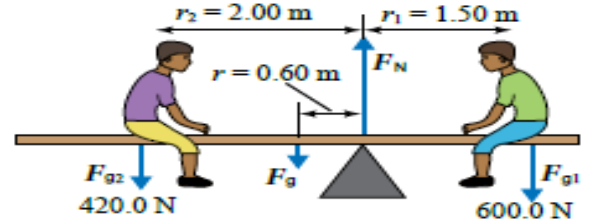
$$F_N = F_g + F_{g1} + F_{g2}$$

$$= 100 + 600.0 + 420.0$$

$$= 1120 \text{ N}$$

مثال (كتاب/5): يجلس فادي (F_{g1}) وصقر (F_{g2}) على جانبي لعبة اتزان (see – saw) تتكون من لوح خشبي منتظم متماثل وزنه (F_g) يؤثر في منتصف، يرتكز على نقطة تبعد (0.60 m) يمين منتصف اللوح الخشبي، كما هو موضح في الشكل. إذا كان النظام المكون من اللعبة والطفلين في حالة اتزان سكوني واللوح الخشبي في وضع أفقي، ومستعيناً بالبيانات المثبتة في الشكل؛ أحسب مقدار ما يأتي:
أ. وزن اللوح الخشبي (F_g).

ب. القوة (F_N) التي تؤثر بها نقطة الارتكاز في اللوح الخشبي.



المعطيات:

$$F_{g1} = 600.0 \text{ N}, F_{g2} = 420.0 \text{ N}, r = 0.60 \text{ m}, r_1 = 1.50 \text{ m}, r_2 = 2.0 \text{ m}.$$

الحل:

أ. ألاحظ أن اللوح الخشبي يتأثر بأربع قوى، هي: وزني الطفلين (F_{g1}) و (F_{g2})، ووزن اللوح (F_g) يؤثر في منتصفه، والقوة العمودية (F_N) التي تؤثر بها نقطة الارتكاز في اللوح. وبما أن النظام متزن، ومقداري القوة العمودية، ووزن اللوح غير معلومين؛ فإنني أطبق الشرط الثاني للاتزان حول محور يمر في إحدى نقطتي تأثير هاتين القوتين؛ إذ أن عزم قوة حول محور يمر في نقطة تأثيرها يساوي صفراً (لأن طول ذراع القوة في هذه الحالة يساوي صفراً). فإذا اخترنا تطبيق الشرط الثاني للاتزان حول محور يمر بالنقطة (النقطة O)، يكون عزم القوة العمودية صفراً.

$$\sum \tau = 0$$

$$F_{g2} r_2 + F_g r - F_{g1} r_1 = 0$$

$$F_{g1} r_1 = F_{g2} r_2 + F_g r$$

$$600 \times 1.5 = 420 \times 2 + F_g \times 0.6$$

$$F_g = \frac{900 - 840}{0.6} = 100 \text{ N}$$

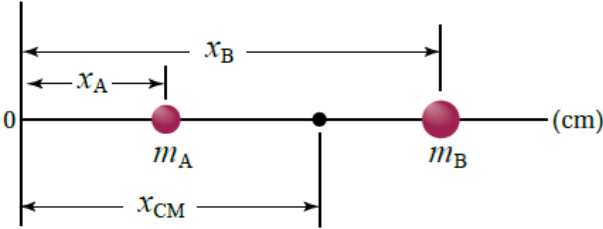
3- الأجسام غير منتظمة الشكل فيكون مركز كتلته أقرب إلى المنطقة ذات الكتلة الأكبر .

من التطبيقات المهمة لمركز الكتلة، أن الجسم أو النظام يكون متزنًا عند تعليقه من مركز كتلته، حيث يكون مجموع العزوم لمكونات النظام حول مركز كتلته صفراً. وهذا يتفق مع ما توصلت إليه في التجربة الاستهلاكية، فنقطة الارتكاز التي تحقق الاتزان للنظام المكون من المسطرة والأثقال المعلقة فيها تقع عند مركز الكتلة.

ملاحظات: 1- مراكز كتل الأجسام المنتظمة والمتماثلة مثل المسطرة تقع في مراكزها الهندسية .
2- الأجسام غير المنتظمة وغير المتماثلة تكون مراكز كتلتها أقرب للجزء الأكبر كتله منها.
3- أي جسم يكون متزنًا نحو تعليقه من مركز كتلته حيث العزم المحصل المؤثر فيه يساوي صفراً.

مثال (كتاب/6):

1- نظام يتكون من كرتين ($m_A = 1 \text{ kg}$ و $m_B = 3 \text{ kg}$) كما هو في الشكل إذا علمت أن ($X_A = 5 \text{ cm}$) و ($X_B = 15 \text{ cm}$) فأحدد موقع مركز كتله النظام.



2- أعيد حل المثال السابق إذا كانت ($m_A = m_B = 4 \text{ kg}$).
الحل:

$$1. X_{cm} = \frac{1 \times 5 \times 10^{-2} + 3 \times 15 \times 10^{-2}}{1 + 3}$$

$$X_{cm} = \frac{5 \times 10^{-2} + 45 \times 10^{-2}}{4} = \frac{50 \times 10^{-2}}{4}$$

$$X_{cm} = 12.5 \times 10^{-2} \text{ m} = 12.5 \text{ cm}$$

$$2. X_{cm} = \frac{20 \times 10^{-2} + 60 \times 10^{-2}}{8} = \frac{80 \times 10^{-2}}{8}$$

$$X_{cm} = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

مركز الكتلة: هو النقطة التي يمكن افتراض كتلة الجسم كاملة مركزة فيها وقد يقع مركز الكتلة داخل الجسم أو خارجه اعتماداً على شكل الجسم.

سؤال: كيف أحدد موقع مركز الكتلة؟

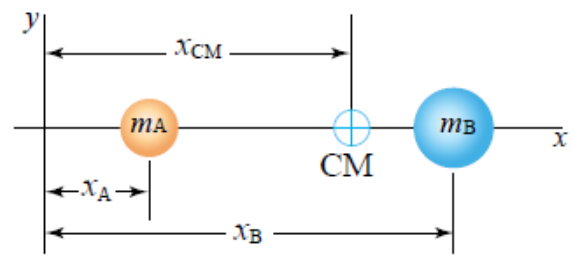
1- ينطبق موقع مركز كتلة أي جسم متماثل منتظم توزيع الكتلة (متجانس) على مركزه الهندسي فمثلاً:

(أ) يقع مركز كتلة قضيب فلزي منتظم داخله وفي منتصف المسافة بين نهايته وكذلك الأمر في المسطرة والأسطوانة والكرة والمكعب.

(ب) يمكن أن يكون موقع مركز كتلة جسم منطبق على نقطة مادية في الجسم إذا كان الجسم مصمماً مثل قرص مصمت.

(ج) يمكن أن يكون موقع مركز كتلة جسم عند نقطة خارج كتلة الجسم إذا كان مجوفاً مثل حلقة دائرية أو كرة مجوفة لايقع على نقطة مادية.

2- يتكون النظام من جسمين مثلاً يتصلان معاً بقضيب فإن مركز كتلة هذا النظام يقع على خط الوصل بين الجسمين ويكون أقرب إلى الجسم الأكبر كتلة ولحساب مركز الكتلة لهذا النظام أختار نظام محاور يقع فيه الجسميات على محور X وأستخدم العلاقة التالية:



$$X_{cm} = \frac{m_A X_A + m_B X_B}{m_A + m_B}$$

ولو كان النظام يتكون من أكثر من جسمين نستخرج ما يلي:

$$X_{cm} = \frac{m_A X_A + m_B X_B + m_C X_C + \dots + m_N X_N}{m_A + m_B + m_C + \dots + m_N}$$

$$X_{cm} = \frac{\sum_i m_i X_i}{M}$$

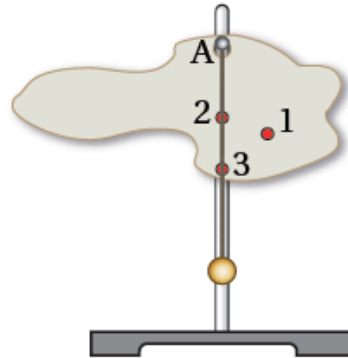
أفكر: في المثال (6)؛ أثبت أن مجموع العزوم الناتجة عن أوزان مكونات النظام حول محور عمودي على الصفحة يمر في مركز الكتلة يساوي صفرًا.

***الربط بالحياة:**

عند حدوث عدم تماثل في توزيع كتلة إطار السيارة، نتيجة حدوث تآكل في بعض أجزاء الإطار مثل؛ فإن مركز كتلة الإطار لا ينطبق مع مركزه الهندسي الذي يمر في محور الدوران، مما يسبب اهتزاز إطار السيارة خصوصاً عند السرعات العالية. ولضمان توزيع منتظم لكتلة الإطار حول محور الدوران (بحيث ينطبق مركز كتلته مع مركزه الهندسي)؛ توضع قطع رصاص على الجزء الفلزي منه، وهذا بدوره يؤدي إلى التخلص من اهتزاز الإطار خصوصاً عند السرعات العالية.

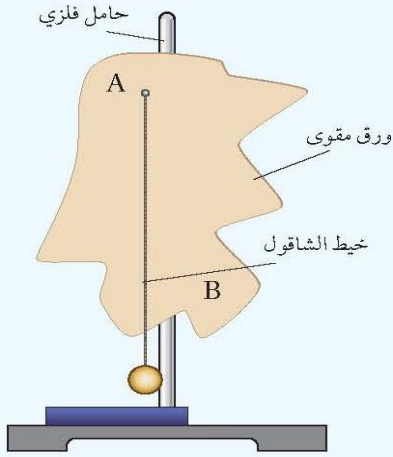
تمرين (كتاب): أجرت طالبة تجربة مماثلة للتجربة (1) لإيجاد موقع مركز الكتلة لصفحة غير منتظمة الشكل. حددت الطالبة ثلاث نقاط توقعت أن مركز الكتلة يقع عندها، ثم علقت الصفحة من النقطة (A) وانتظرت إلى أن توقف الشاقول المعلق عن التآرجح، واستقر كما في الشكل.

أصدر حكماً: أي من النقاط الثلاث من المحتمل أن يقع مركز الكتلة عندها؟ أبرر إجابتي. **أقترح خطوة إضافية** على الطالبة أن تقوم بها لتحديد موقع مركز الكتلة بدقة.



التجربة ١

مركز كتلة جسم غير منتظم الشكل



المواد والأدوات: قطعة ورق مقوى، حامل فلزي، قلم رصاص، مقص، مثقب، خيط الشاقول.

إرشادات السلامة:

ارتداء المعطف واستعمال النظارات الواقية للعينين، والحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أنفذ الخطوات الآتية:

1. أقصّ قطعة الورق المقوى لأحصل على شكل غير منتظم، وأنقبه عند حافته ثقباً عدداً صغيرة متباعدة؛ ثقبان على الأقل عند النقطتين مثل: A و B.
2. **أجرب:** أعلّق قطعة الورق المقوى (الشكل غير المنتظم) من أحد الثقيبين في الحامل الرأسي، وأعلّق خيط الشاقول بالحامل الرأسي أيضاً، وانتظر حتى يستقر كل منهما ويتوقف عن التارجح.
3. أرسم خطاً رأسياً على قطعة الورق المقوى على امتداد خيط الشاقول؛ كما هو موضح في الشكل.
4. أكّرر الخطوة السابقة بتعليق قطعة الورق المقوى من الثقب الآخر.

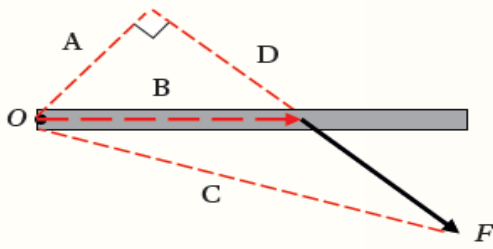
التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج:** أحدد نقطة تقاطع الخطّين على قطعة الورق المقوى، ما الذي تمثّله هذه النقطة؟ ماذا أستنتج؟
2. **أفأرن** بين موقع مركز الكتلة لجسم غير منتظم الشكل، وآخر منتظم الشكل ومتجانس.
3. **أتوقّع** ما يحدث لقطعة الورق المقوى غير المنتظمة عند تعليقها من نقطة تقاطع الخطّين. أفسر إجابتي.

مراجعة الدرس الأول

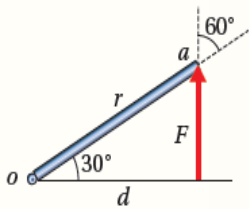
8. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. يبين الشكل قوة (F) تعمل على تدوير الجسم حول محور يمر بالنقطة (O)؛ فإن ذراع القوة هو الخط المشار إليه بالرمز:



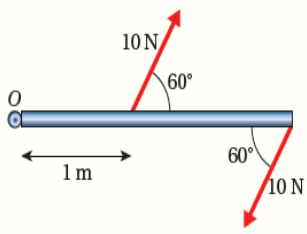
أ. أ. ب. ب. ج. ج. د. د.

2. يبين الشكل جسماً قابلاً للدوران حول محور يمر بالنقطة (O)، تؤثر فيه قوة (F) عند النقطة (a). معتمداً على الشكل وبياناته؛ فإن عزم هذه القوة يساوي:



أ. $+rF \sin 150^\circ$ ب. $-rF \sin 60^\circ$
ج. $-dF$ د. $+dF$

3. يبين الشكل المجاور مقطعاً عرضياً لباب طوله (2.5 m) ومحوراً دورانه يمر بالنقطة (O). بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل؛ فإن العزم المحصل المؤثر في الباب بوحدة (N.m):



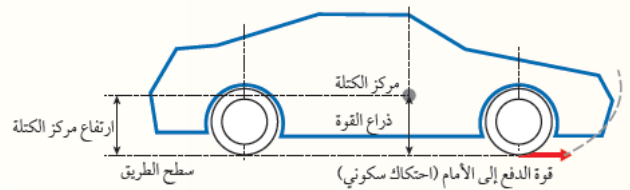
أ. $35 \sin 60^\circ$ ، عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.
ب. $35 \sin 60^\circ$ ، مع اتجاه حركة عقارب الساعة.
ج. $15 \sin 120^\circ$ ، عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.
د. $15 \sin 120^\circ$ ، مع اتجاه حركة عقارب الساعة.

1. الفكرة الرئيسية: ما الشرطان اللذين يجب أن يتحققا معاً كي يكون الجسم أو النظام متزنًا؟
2. أوضح المقصود بمركز كتلة جسم.
3. أفسر: أثرت قوى عدة في جسم؛ بحيث تمر خطوط عملها في مركز كتلته، وكانت القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا. هل يكون الجسم متزنًا أم لا؟ أبرر إجابتي.

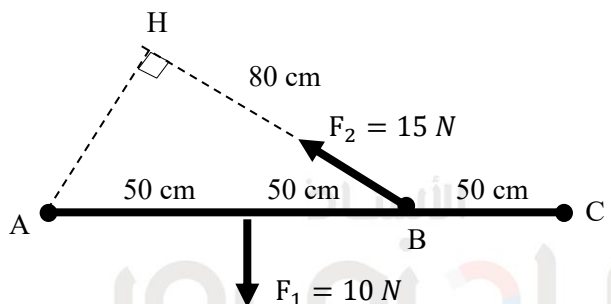
4. أقرن بين الاتزان السكوني والاتزان الحركي من حيث: القوة المحصلة المؤثرة، السرعة الخطية، التسارع الخطي.

5. أتوقع: رأيت ذكرى أباها يحاول فك إطار سيارته المثقوب باستخدام مفتاح شد لفك الصواميل التي تثبت الإطار، لكنه لم يستطع فكها. أذكر طريقتين - على الأقل - يمكن أن تقترحهما ذكرى على أخيها لمساعدته على فك الصواميل. أفسر إجابتي.

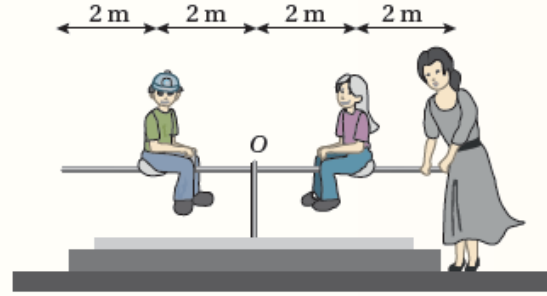
6. التفكير الناقد: عند انطلاق السيارة بشكل مفاجئ؛ قد ترتفع مقدمتها إلى الأعلى. مستعينا بالشكل المجاور؛ أفسر سبب ذلك.



7. أستخدم الأرقام: في الشكل المجاور أحسب العزم المحصل للقوى المبينة في الشكل، حول محور دوران عمودي على الصفحة:
أ. يمر بالنقطة (A).
ب. يمر بالنقطة (B).
ج. يمر بالنقطة (C).

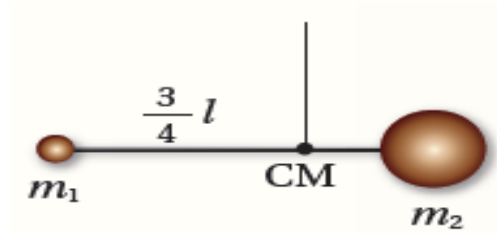


4. تجلس فتاة وأخوها على لعبة (see-saw)، كما هو مبين في الشكل، كتلة الفتاة (49 kg) وكتلة الولد (50 kg). وكي يبقى اللوح متزنًا تمسك الأم بطرف اللوح، وتؤثر فيه بقوة مقدارها واتجاهها:



- أ. 50 N، للأعلى. ب. 50 N، للأسفل.
ج. 100 N، للأعلى. د. 100 N، للأسفل.

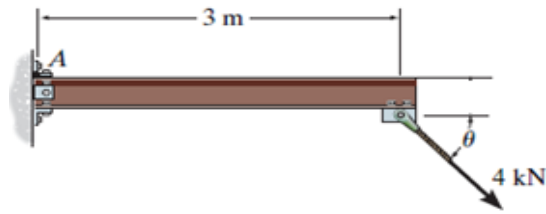
5. يبين الشكل المجاور كرتين كتلتيهما (m_1, m_2) ، تتصلان بقضيب فلزي خفيف كتلته مهملة وطوله (l) ، يتزن النظام عند تعليقه من مركز كتلته الذي يبعد عن الكرة الأولى $(\frac{3}{4}l)$ ، فيكون مقدار كتلة الكرة (m_1) .



- أ. $\frac{1}{4}m_2$. ب. $\frac{1}{3}m_2$.
ج. $\frac{2}{3}m_2$. د. $\frac{3}{4}m_2$.

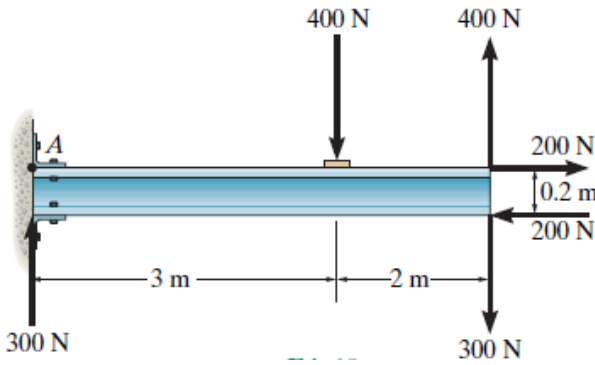


السؤال (2): إذا علمت أن العزم الناتج عن القوة $F=4\text{KN}$ يساوي 6KN.m فحدد مقدار الزاوية الموضحة في الشكل

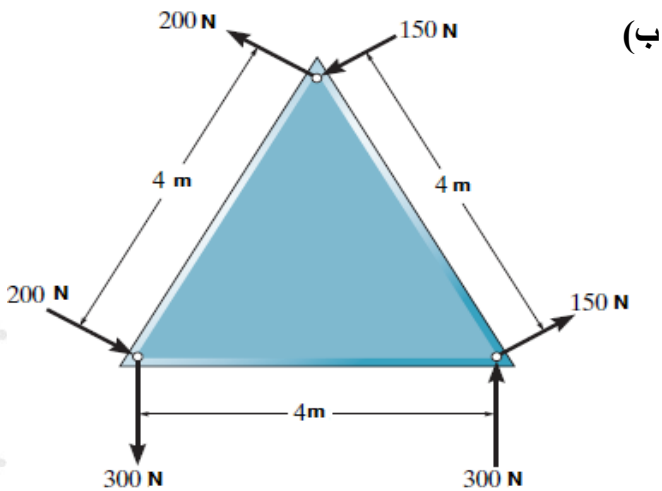


الاجابة: 30°

السؤال (4): احسب محصلة عزم الازدواج في كل مما يلي:



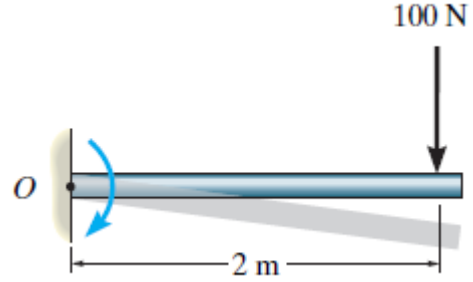
الاجابة: -740 N.m ، أي مع عقارب الساعة



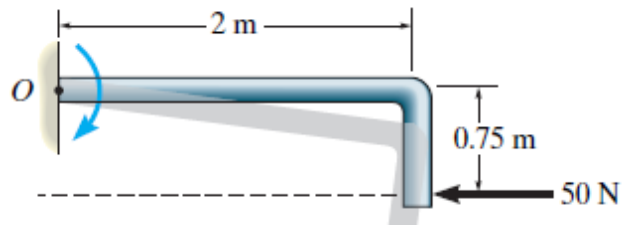
الاجابة: 2600 N.m ، أي عكس عقارب الساعة

ورقة عمل:

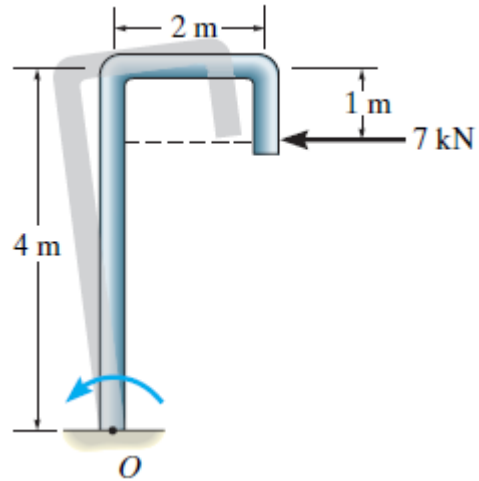
السؤال (1): احسب العزم المحصل عند النقطة (O) في كل مما يلي:



(ب)

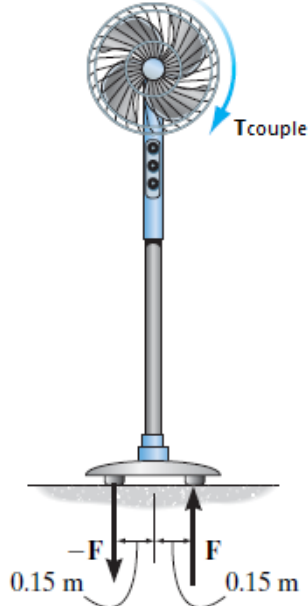


(ج)

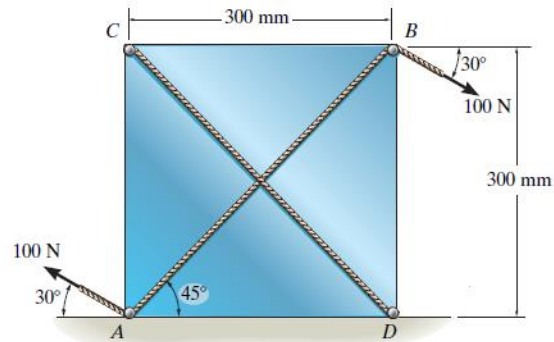


الاجابات: (أ) -200 N.m
(ب) -37.5 N.m
(ج) $+21 \text{ KN.m}$

سؤال (6): مروحة هوائية عمودية كما في الشكل، إذا كان تأثير احتكاك الهواء على شفرات المروحة ينتج عنه عزم ازدواج يساوي 6 N.m المؤثر على الشفرات. حدد مقدار قوى الازدواج المؤثرة على قاعدة المروحة اللازمة لجعل محصلة عزم الازدواج على المروحة يساوي صفر؟



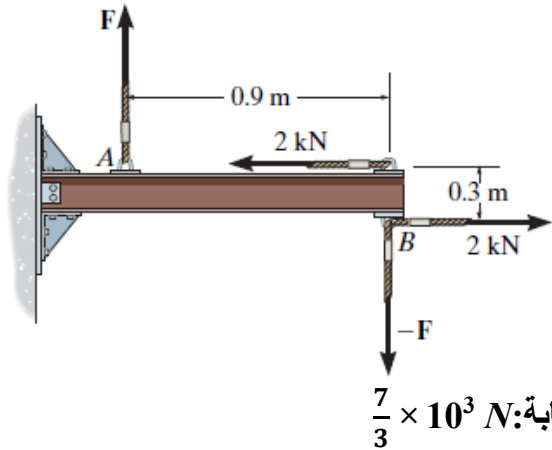
الإجابة: $F=20 \text{ N}$



(ج)

الإجابة: $30\sqrt{2} \text{ N.m}$ - مع عقارب الساعة

السؤال (5): احسب مقدار القوة (F) اللازمة لجعل محصلة عزم الازدواج المؤثرة على الذراع تساوي 1500 N.m مع عقارب الساعة؟



الإجابة: $\frac{7}{3} \times 10^3 \text{ N}$



السرعة الزاوية المتوسطة (\bar{W}): نسبة الازاحة الزاوية ($\Delta\theta$) لذلك الجسم إلى الفترة الزمنية (Δt) التي حدثت خلالها هذه الازاحة .

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

سؤال (3): أشتق وحده قياس السرعة الزاوية (w)؟

Rad /s

سؤال (4): عرف السرعة الزاوية اللحظية؟

هي السرعة الزاوية عند لحظة زمنية معينة .

سؤال (5): متى تتساوى السرعة الزاوية المتوسطة مع السرعة الزاوية اللحظية؟

عندما تكون السرعة الزاوية ثابتة.

عكس عقارب الساعة $\rightarrow (+) \rightarrow \Delta\theta (+)$
مع عقارب الساعة $\rightarrow (-) \rightarrow \Delta\theta (-)$

سؤال (6/علل): كوكب الأرض جسم يتحرك حركة دورانية، ويكون لأجزائه جميعها الازاحة الزاوية نفسها وبالتالي السرعة الزاوية نفسها في حيث يقطع كل جزء منها مسافة مختلفة عن الجزء الآخر في كل دورة نتيجة اختلاف بعد كل منها عن محور الدوران؟

لأنه عندما يدور جسم بزاوية معينة فإن جميع جسيماته تدور بالزاوية نفسها فلذلك تكون الازاحة الزاوية متساوية وبالتالي السرعة الزاوية متساوية فنستنتج أن السرعة الزاوية تعتمد فقط على الازاحة الزاوية ولا تعتمد على البعد عن محور الدوران.

التسارع الزاوي المتوسط: نسبة التغير في مقدار السرعة الزاوية إلى الزمن اللازم لحدوث هذا التغير

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

الدرس الثاني : ديناميكا الحركة الدورانية

سؤال (1): ما المقصود بالحركة الدورانية؟

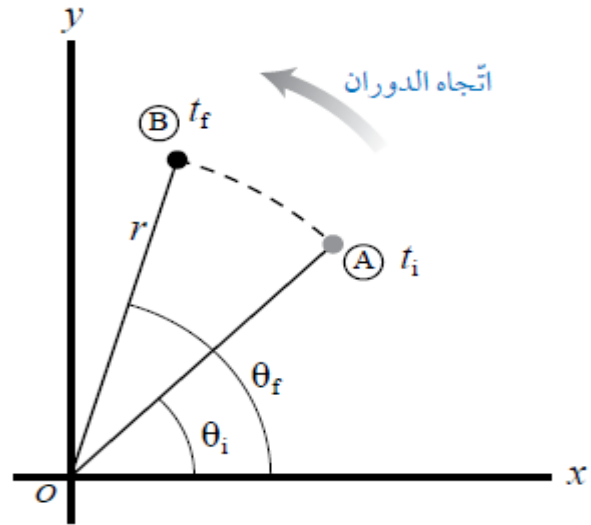
هي حركة جسم يدور حول محور ثابت يمر بمركزه ولا ينتقل من مكان إلى آخر

سؤال (2): كيف يتم وصف الحركة الدورانية؟

الازاحة الزاوية، الحركة الزاوية، التسارع الزاوي

*الموقع الزاوي: هو الزاوية (θ) التي يصنعها الخط الواصل بين الجسم ونقطة الأصل مع محور (X^+).

*الازاحة الزاوية: التغير في الموقع الزاوي وتساوي الزاوية التي يمسحها نصف قطر المسار الدائري الذي يدور مع الجسم.



الموقع الزاوي (A) $\theta_i =$

الموقع الزاوي (B) $\theta_f =$

الازاحة الزاوية $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i =$

الازاحة الزاوية ($\Delta\theta$) تكون موجبة إذا كانت الحركة عكس عقارب الساعة، وتكون سالبة إذا كانت الحركة مع عقارب الساعة.

(أ) $\frac{\pi}{4}$ (ب) $-\frac{\pi}{4}$ (ج) $-\frac{\pi}{8}$

3- أحسب التسارع الزاوي لجسم تحرك من

السكون فأصبحت سرعته 4 rad / s خلال 2 s :

(أ) 2 rad / s^2 (ب) -2 rad / s^2 (ج) 4 rad / s^2

4- بدأ الجسم الحركة من الموقع (0°) إلى $(\frac{\pi}{4})$

بسرعة ثابتة خلال 4 sec فإن التسارع الزاوي يساوي:

(أ) $\frac{\pi}{4}$ (ب) $\frac{\pi}{16}$ (ج) صفر

5- الراديان يعادل من الدورة الكاملة:

(أ) π (ب) $\frac{\pi}{180}$ (ج) $\frac{180}{\pi}$

6- التغير في زاوية أثناء دوران الجسم هو:

(أ) الازاحة الزاوية (ب) السرعة الزاوية (ج) التسارع الزاوي

7- المعدل الزمني لتغيير الازاحة الزاوية هو:

(أ) الازاحة الزاوية (ب) السرعة الزاوية (ج) التسارع الزاوي

8- المعدل الزمني لتغيير السرعة الزاوية هو:

(أ) الازاحة الزاوية (ب) السرعة الزاوية (ج) التسارع الزاوي

9- جسم يتحرك بسرعة ثابتة مقدارها $2\pi \text{ rad / s}$

فإذا تحرك الجسم من الموقع الزاوي $(\frac{\pi}{2})$ فما هو

موقعها الزاوي النهائي بعد مرور 0.5 s :

(أ) $\frac{\pi}{2}$ (ب) $\frac{3\pi}{2}$ (ج) $\frac{7\pi}{2}$

الإجابات

9	8	7	6	5	4	3	2	1
ب	ج	ب	أ	ج	ج	أ	ج	ج

سؤال (7): اشتق وحدة قياس التسارع الزاوي؟

Rad/s²

* التسارع الزاوي اللحظي: هو التسارع الزاوي عند لحظة زمنية معينة.

سؤال (8): متى يتساوى التسارع الزاوي اللحظي مع التسارع الزاوي المتوسط؟

عندما يكون الجسم في حالة دوران بتسارع ثابت.

سؤال (9): متى يدور الجسم بتسارع أو تباطؤ؟

التسارع ← عندما تكون إشارة السرعة الزاوية والتسارع الزاوي متماثلين.

التباطؤ ← عندما تكون إشارة السرعة الزاوية والتسارع الزاوي مختلفين .

ولكى نربط بين الموقع الزاوي (θ) والسرعة الزاوية (w) والتسارع الزاوي (α) من خلال معادلات الحركة الدورانية:

1. $W_f = W_i + \alpha t$

2. $W_f^2 = W_i^2 + 2 \alpha \Delta \theta$

3. $\Delta \theta = W_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2$

ملاحظة: إن الموقع الزاوي (θ) والسرعة الزاوية (w) والتسارع الزاوي (α) تميز الحركة الدورانية للجسم بأكمله إضافة إلى الجسيمات المفردة فيه (تكون θ و W و α) ثابتة للأجسام المفردة التابعة لها.

سؤال (10): ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة:

1- بدأ جسم بالحركة من الموقع الزاوية 35° إلى الموقع الزاوي 60° فإن الازاحة الزاوية تتساوي:

(أ) 95° (ب) 65° (ج) 25°

2- يبدأ الجسم حركته من الموقع الزاوي $\frac{\pi}{2}$ إلى

الموقع $\frac{\pi}{4}$ خلال 2 s فإن سرعة الجسم الزاوية تساوي:

الحل:

$$أ. \quad W = \frac{\Delta\theta}{t}$$

$$2 = \frac{\Delta\theta}{20} \rightarrow \Delta\theta = 40 \text{ rad}$$

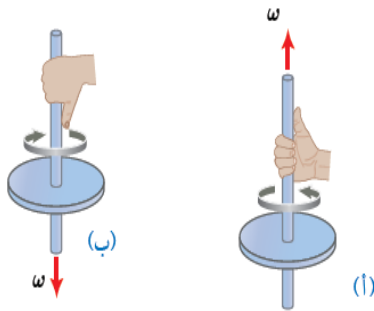
$$ب. \quad \alpha = \frac{W_f - W_i}{t}$$

$$3.5 = \frac{W_f - 2}{10} \rightarrow 35 = W_f - 2$$

$$W_f = 37 \text{ rad/s}$$

* متجه السرعة الزاوية ومتجه التسارع الزاوي:

السرعة الزاوية كمية متجهة، حيث يرسم متجه السرعة الزاوية على امتداد محور الدوران، وتستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى لتحديد اتجاهه، وذلك عن طريق لف أصابع اليد اليمنى حول محور الدوران بحيث تشير إلى اتجاه دوران الجسم، فيشير الإبهام إلى اتجاه السرعة الزاوية. أنظر الشكل (21).



الشكل (21): استخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى لتحديد اتجاه السرعة الزاوية لجسم يدور (أ) بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، (ب) باتجاه حركة عقارب الساعة، عند النظر إليهما من أعلى.

فمثلاً؛ عند دوران جسم حول المحور y بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة يكون متجه السرعة الزاوية باتجاه محور $(y+)$ أما عند دوران الجسم باتجاه حركة عقارب الساعة حول المحور نفسه فيكون متجه السرعة الزاوية باتجاه محور $(y-)$.

أما متجه التسارع الزاوي فيكون باتجاه متجه السرعة الزاوية عندما يدور الجسم بتسارع، وبالعكس اتجاه متجه السرعة الزاوية عندما يدور الجسم بتباطؤ. ألاحظ الشكل (22).

مثال (كتاب/7): يتسارع الجزء الدوار في جهاز فصل مكونات الدم من السكون إلى $(3 \times 10^3 \text{ rad/s})$ خلال (30.0 s) بتسارع زاوي ثابت. أحسب مقدار ما يأتي:

أ. التسارع الزاوي المتوسط.
ب. السرعة الزاوية بعد مرور (20.0 s) من بدء دورانه.

المعطيات:

$$\omega_i = 0, \omega_f = 3.00 \times 10^3 \text{ rad/d}, t = 20.0 \text{ s}.$$

المطلوب:

$$\alpha = ?, \omega = ?.$$

الحل:

$$\alpha = \alpha$$

أ. أستخدم المعادلة الآتية لحساب التسارع الزاوي المتوسط:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} = \frac{3000 - 0}{30}$$

$$\alpha = 1 \times 10^2 \text{ rad/s}^2 = 100 \text{ rad/s}^2$$

ب. أستخدم معادلة التسارع الزاوي لحساب السرعة الزاوية:

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t$$

$$\omega_f = 0 + 1.00 \times 10^2 \times 20.0$$

$$\omega_f = 2.00 \times 10^3 \text{ rad/s}$$

تمرين (كتاب):

يدور إطار سيارة عكس عقارب الساعة بسرعة زاوية ثابتة مقدارها 2 rad/s مدة زمنية مقدارها 20 s ثم تسارع بعد ذلك بتسارع زاوي ثابت مقداره 3.5 rad/s^2 مدة زمنية مقدارها 10 s احسب:

(أ) الازاحة الزاوية للإطار نحو نهاية الفترة الزمنية لحركته بسرعة ثابتة.

(ب) مقدار السرعة الزاوية للإطار عند نهاية الفترة الزمنية لحركته بتسارع زاوي ثابت.

* عزم القصور الذاتي والقانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية:

سؤال (1): قارن ما بين الحركة الانتقالية والحركة الدورانية؟

الحركة الانتقالية	الحركة الدورانية
$(a) \propto \sum F$	$(\alpha) \propto \sum \tau$
$\sum F = m a$	$\sum \tau = I \alpha$
تمثل (m) القصور الذاتي: وهي ممانعة الجسم للتغير في حالته الحركية الانتقالية	تمثل (I) القصور الذاتي: وهي ممانعة الجسم للتغير في حالته الحركية الدورانية

سؤال (2): ما هي العوامل التي يعتمد عليها القصور الذاتي في الحركة الدورانية؟

$$I = m r^2$$

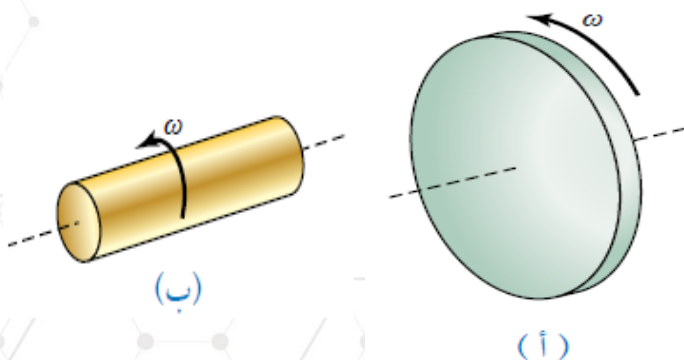
1- توزيع كتلة الجسم عن محور الدوران

2- بعد الجسم عن محور الدوران

سؤال (3): اشتق وحدة قياس عزم القصور الذاتي؟

$$[I] = \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

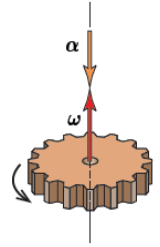
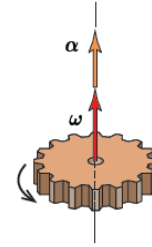
سؤال (4/أفكر): علل: بالاعتماد على الشكل (24) فإن عزم القصور الذاتي للأسطوانة في الشكل (أ) أكبر من الأسطوانة في الشكل (ب) رغم أن لهما الكتلة نفسها؟



مُتَّجهاً (α) و (ω) بالاتجاه نفسه: السرعة تترابذ.

مُتَّجهاً (α) و (ω) باتجاهين متعاكسين: السرعة تناقص.

الشكل (22): العلاقة بين متجهي السرعة الزاوية والتسارع الزاوي.



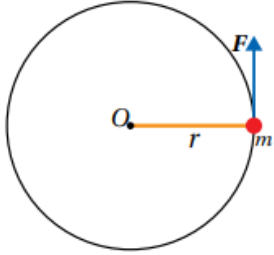
أتحقق: كيف أحدد اتجاه كل من السرعة الزاوية والتسارع الزاوي لجسم يدور حول محور (z) بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بسرعة متناقصة؟

تكون السرعة على محور (z+) والتسارع يجب ان تكون اشارته مختلفة لكي يحدث تناقص اي ان التسارع على محور (z-)

سؤال (6): يكون عزم القصور الذاتي للقضيب كتلته (m) وطوله (L) يدور حول محور عمودي على القضيب مارا بمنتصفه يكون أقل من عزم القصور الذاتي لنفس القضيب الذي يكون محور دورانه على طرف القضيب فسر ذلك؟

لأن العزم يعتمد على موقع محور الدوران فالأبعد يكون عزمه اكبر.

مثال (8/كتاب): كرة كتلتها (3.0 kg) مثبتة في نهاية قضيب فلزي خفيف طوله (0.80 m)، وتحرك



حركة دورانية في مستوى أفقي حول محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يمر في النهاية الأخرى للقضيب بتأثير قوة مماسية (F) ثابتة في المقدار، كما هو موضح في الشكل (20). إذا بدأت

الكرة حركتها من السكون بتسارع زاوي ثابت؛ بحيث أصبح مقدار سرعتها الزاوية (8 π rad/s) خلال (5.0 s)؛ فأحسب مقدار ما يأتي بإهمال كتلة القضيب الفلزي، احسب:

- التسارع الزاوي للكرة .
 - العزم المحصل المؤثر في الكرة .
 - القوة المماسية (F) المؤثرة في الكرة .
- المعطيات :

$$m = 3.0 \text{ kg}, r = 0.80 \text{ m}, \omega_i = 0.0, \omega_f = 8 \pi \text{ rad/s}, t = 5.0 \text{ s}.$$

المطلوب : $\alpha = ? \sum \tau = ?, F = ?$

الحل :

أ. الكرة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ فتكون سرعتها الزاوية موجبة، وأستخدم المعادلة الآتية لحساب مقدار التسارع الزاوي :

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} = \frac{8\pi - 0.0}{5.0} = 5.0 \text{ rad/s}^2$$

ب. بداية يلزم حساب عزم القصور الذاتي للكرة حول محور دورانها كما يأتي :

$$I = m r^2 = 3.0 \times (0.80)^2 = 1.9 \text{ kg.m}^2$$

لأنه بثبات الكتلة فالأسطوانة التي نصف قطرها أكبر فإن عزم قصورها الذاتي أكبر فيصعب تحريكها او إيقافها او تغيير حالتها الحركية الدورانية ($I_A > I_B$) لأن ($r_A > r_B$).
*الشكل (أ) أصعب في تحريكه وإيقافه من الشكل (ب).

ملاحظة (1): كلما تركزت كتلة الجسم بعيداً عن محور دورانه فإن عزم القصور الذاتي له يكون أكبر فمثلا عزم القصور الذاتي لحلقة رقيقة نصف قطرها (r) وكتلتها (m) يساوي (mr^2)، أما عزم القصور الذاتي لأسطوانة مصمتة كتلتها (m) موزعة بانتظام على حجم الأسطوانة ونصف قطرها (r) فيساوي ($\frac{1}{2} m r^2$) ويتضح في الجدول عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة.

سؤال (5): يكون عزم القصور الذاتي لحلقة وقرص لهما نفس القطر غير متساوي، فسر ذلك؟

يكون توزيع الكتلة ابعد عن المحور في الحلقة لذا يكون العزم أكبر أما في القرص أقرب لذا يكون العزم أقل.

ملاحظة (2): يعتمد عزم القصور الذاتي على موقع محور الدوران فعزم القصور الذاتي لقضيب كتلته (m) وطوله (L) يدور حول محور عمودي على القضيب مارا بمنتصفه يساوي ($\frac{1}{12} m l^2$) اما عندما يكون محور الدوران عمودي على طرف القضيب فان عزم القصور الذاتي يساوي ($\frac{1}{3} m l^2$) وهذا يعني أنني أحتاج الى عزم أقل لتدوير القضيب حول محور عمودي عليه ويمر في منتصفه مقارنة مع الحالة عندما تكون محور الدوران عمودياً عليه يمر في أحد طرفيه.

د. سيختلف القصور الذاتي (يزداد) ويبقى العزم المحصل ثابت فبالتالي يقل التسارع الزاوي

$$\sum I = I_{\text{طفل}} + I_{\text{قرص}}$$

$$\sum I = 100 + m r^2$$

$$\sum I = 100 + 20 \times 1.5^2 = 145 \text{ kg.m}^2$$

$$\alpha = \frac{\sum \tau}{I} = \frac{500}{145} = 3.44 \text{ rad/s}^2$$

ثم أحسب مقدار العزم المحصل المؤثر في الكرة .

$$\sum \tau = I \alpha = 1.9 \times 5.0 = 9.5 \text{ N.m}$$

ج. أستخدم علاقة العزم لحساب مقدار القوة المماسية المؤثرة .

$$\sum F = F = \frac{\sum \tau}{r}$$

$$\frac{9.5}{0.80} = 11.9 \text{ N} \approx 12 \text{ N}$$

تمرين (كتاب):

لعبة القرص الدوار الموضحة في الشكل ؛ تتكون من قرص مصمت قابل للدوران حول محور ثابت يمر في مركزه باتجاه محور y . أثر شخص بقوة مماسية (F) ثابتة في المقدار عند حافة القرص مقدارها (250N) . إذا علمت أن كتلة القرص الدوار (50.0kg) ونصف قطره (2.0 m) ، وبإهمال قوى الاحتكاك وافترض اللعبة منتظم توزيع الكتلة، وبدأت اللعبة الدوران من السكون بتسارع زاوي ثابت بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فأحسب مقدار ما يأتي :

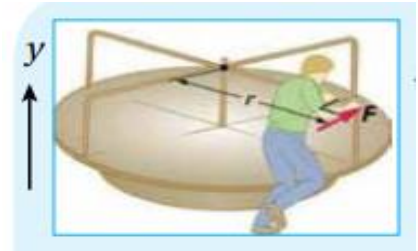
إذا علمت أن (I = 0.5 m r²) قرص

أ. العزم المحصل المؤثر في اللعبة .

ب. التسارع الزاوي للعبة .

ج. السرعة الزاوية للعبة بعد (2.0 s) من بدء دورانها.

د. التسارع الزاوي للعبة عندما يجلس طفل كتلته (20.0kg) على بعد (1.5m) من محور الدوران، بافتراض الطفل نقطة مادية .



الحل:

أ. $\sum \tau = F r \sin \theta$
 $= 250 \times 2 \sin(90) = 500 \text{ N.m}$

ب. $\alpha = \frac{\sum \tau}{I} = \frac{500}{100} = 5 \text{ rad/s}^2$

ج. $\omega_f = \alpha t$

$\omega_f = 5 \times 2 = 10 \text{ rad/s}$

7. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

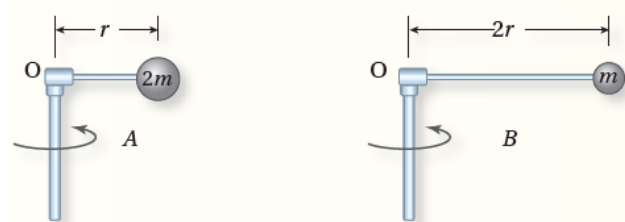
1. جسمان متماثلان A و B على سطح الأرض؛ الجسم A عند خط الاستواء، والجسم B عند قطبها الشمالي. أي مما يأتي يُعبر بشكل صحيح عن العلاقة بين سرعتي الجسمين الزاوية؟
 أ. $\omega_A < \omega_B$. ب. $\omega_A > \omega_B$.
 ج. $\omega_A = \omega_B \neq 0$. د. $\omega_A = \omega_B = 0$.

2. بين الشكل المجاور متجهي السرعة الزاوية



- (ω) والتسارع الزاوي (α) لقرص يدور حول محور (y) بالاعتماد على الشكل، وعند النظر إلى القرص من الأعلى، نستنتج أن الجسم:
 أ. يتسارع، وحركته باتجاه حركة عقارب الساعة.
 ب. يتباطأ، وحركته باتجاه حركة عقارب الساعة.
 ج. يتسارع، وحركته عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.
 د. يتباطأ، وحركته عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

3. بين الشكل كرتين فليزيتين مهملتين الأبعاد، كتلتهما ($m_A = 2m$) و ($m_B = m$). تتصل كل منهما بقضيب فليزي كتلته مهمة، وتدوران حول محور يمر بالنقطة (O) كما يبين الشكل. العلاقة بين عزمي القصور الذاتي للنظامين:



- أ. $I_A = 2I_B$. ب. $I_A = \frac{1}{2}I_B$.
 ج. $I_A = \frac{1}{4}I_B$. د. $I_A = I_B$.

مراجعة الدرس الثاني

1. الفكرة الرئيسية: ما الكميات الفيزيائية اللازمة لوصف الحركة الدورانية لجسم؟

2. أستنتج: السرعة الزاوية لجسم عند لحظة زمنية معينة تساوي (3 rad/s)، وتسارعه الزاوي عند اللحظة نفسها (-2 rad/s^2). أجب عما يأتي:

أ. هل يدور الجسم باتجاه حركة عقارب الساعة أم بعكسه؟ أفسر إجابتي.

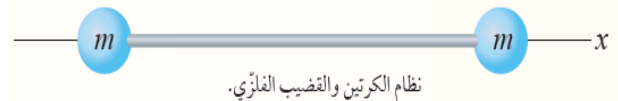
ب. هل يتزايد مقدار سرعته الزاوية أم يتناقص؟ أفسر إجابتي.

3. أستنتج: يدور إطار دراجة بسرعة زاوية ثابتة حول محور ثابت. هل تتغير السرعة الزاوية لأجزاء الإطار بالانتقال من داخله إلى حافته الخارجية؟ أوضح إجابتي.

4. علام يعتمد عزم القصور الذاتي لجسم؟

5. أستخدم الأرقام: إطار دراجة نصف قطره (0.5 m) وعزم القصور الذاتي له ($2.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$)، ويدور بسرعة زاوية ابتدائية (10 rad/s) باتجاه حركة عقارب الساعة. أثرت في الأطار قوة احتكاك مماسية مقدارها (8 N) فتوقف عن الحركة. أحسب المدة الزمنية من لحظة تأثير القوة إلى أن توقف الإطار عن الحركة.

6. أقرن: يبين الشكل قضيباً فليزياً طوله (L) مهمل الكتلة مثبت في طرفيه كرتين متماثلتين مهملتين الأبعاد. دُور النظام حول محور عمودي على مستوى الصفحة يمر في (أ): منتصف القضيب الفليزي، (ب): إحدى الكرتين. في أي من الحالتين (أ) و (ب) يلزم عزم محصل أكبر لبدء تدوير النظام؟ أفسر إجابتي حسابياً.



نظام الكرتين والقضيب الفليزي.

4. قرص صلب متجانس نصف قطره (1 m) وكتلته (75 kg) قابل للدوران حول محور يمر في مركزه، أثرت فيه قوة مماسية ثابتة؛ فحركته من السكون بتسارع زاوي ثابت، بحيث أصبحت سرعته الزاوية ($2\pi \text{ rad/s}$) بعد مرور (2.5 s). فإن مقدار عزم القوة بوحدة (N.m) يساوي:

- أ. 56.4 ب. 78.2 ج. 128.8 د. 94.2

5. كرة مصمتة كتلتها (5.0 kg)، ونصف قطرها (10 cm)، تتحرك حركة دورانية حول محور ثابت يمر في مركزها. فتتغير سرعتها الزاوية من (20 rad/s) إلى (40 rad/s) خلال (5 s)؛ إذا فإن مقدار العزم المحصل المؤثر في الكرة خلال هذه الفترة الزمنية:

- أ. $8 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ ب. $8 \times 10^{+2} \text{ N.m}$

- ج. $4 \times 10^{-2} \text{ N.m}$ د. $4 \times 10^{+2} \text{ N.m}$



$$= \frac{1}{2} \times 1.95 \times 10^{-46} \times (4.6 \times 10^{12})^2$$

$$= 2.06 \times 10^{-21} \text{ J}$$

تمرين (كتاب): قرص مصمت منتظم متمائل كتلته 2kg ونصف قطره 0.5 m يتحرك حركة دورانية بسرعه زاوية ثابتة مقدارها 8 rad / s حول محور ثابت عمودي على مركزه مستعينا بالجدول

$(I = \frac{1}{2} m r^2)$ ، احسب الطاقة الحركية الدورانية للقرص؟

$$I = \frac{1}{2} m r^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times (0.5)^2 = 0.25 \text{ kg.m}^2$$

$$KE_R = \frac{1}{2} I W^2$$

$$KE_R = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times (8)^2 = \frac{64}{8} = 8 \text{ J}$$

سؤال (3): ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة:

1- عند مضاعفة عزم القصور الذاتي (I) بثبات السرعة الزاوية فإن طاقة الحركة الدورانية:

- (أ) تبقى ثابتة (ب) تقل للنصف
(ج) تتضاعف مرتين (د) تتضاعف 4 مرات

2- لو ضاعفنا السرعة الزاوية بثبات عزم القصور الذاتي فإن طاقة الحركة الدورانية:

- (أ) تبقى ثابتة (ب) تقل للنصف
(ج) تتضاعف مرتين (د) تتضاعف 4 مرات

الدرس الثالث : الزخم الزاوي

* الطاقة الحركية الدورانية

$$KE_R = \frac{1}{2} I W^2$$

سؤال (1): ماهي العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية الدورانية؟

(1) عزم القصور ذاتي (I)

(2) السرعة الزاوية (W)

سؤال (2): ماهي وحدة قياس الطاقة الحركية الدورانية؟

جول (J).

أفكر: إذا تغير موقع محور الدوران مع بقاء مقدار السرعة الزاوية ثابتاً فهل يتغير بمقدار الطاقة الحركية الدورانية؟ وضح اجابتك

نعم لأنه بتغير موقع محور الدوران يتغير عزم القصور الذاتي وبالتالي تتغير طاقته الحركية الدورانية

المثال (9/كتاب): يتحرك جزيء اكسجين (O_2) حركة دورانية حول محور ثابت باتجاه محور z، عمودي على منتصف المسافة بين ذرتي الأكسجين المكونتين له، بسرعة زاوية ثابتة مقدارها $(4.6 \times 10^{12} \text{ rad/s})$. إذا علمت أن عزم القصور الذاتي لجزيء الأكسجين حول محور دورانه z يساوي $(1.95 \times 10^{-46} \text{ kg.m}^2)$ عند درجة حرارة الغرفة؛ فأحسب مقدار الطاقة الحركية الدورانية للجزيء .
المعطيات :

$$\omega = 4.5 \times 10^{12} \text{ rad/s}$$

$$I = 1.95 \times 10^{-46} \text{ kg.m}^2$$

المطلوب :

$$KE_R = ?$$

الحل :

أحسب الطاقة الحركية الدورانية كما يأتي :

$$KE_R = \frac{1}{2} I \omega^2$$

سؤال (1): اشتق وحده قياس الزخم الزاوي؟

ليس وحدة $\rightarrow (L) = (\text{kg.m}^2) (\text{rad} / \text{s})$

$$[L] = \text{Kg.m}^2/\text{s}$$

ملاحظة: الزخم الدوراني عبارة عن كمية متجهة

سؤال (2): كيف يحدد اتجاه الزخم الزاوي؟

يكون اتجاه الزخم الزاوي باتجاه السرعة الزاوية المتجهة . فمثلا عند دوران قرص حول محور (Z) :

أ- الحركة عكس عقارب الساعة $\leftarrow W (+)$
 $\leftarrow L (+)$ من خارج الورقة

ب- الحركة مع عقارب الساعة $\leftarrow W (-)$
 $\leftarrow L (-)$ في داخل الورقة

ويمكن تحديد اتجاه الزخم الزاوي لجسم يدور حول محور (Y) باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى وذلك عن طريق لف أصابع اليد اليمنى حول محور دوران بحيث تشير الى اتجاه دوران الجسم فيشير الابهام الى اتجاه الزخم الزاوي .

سؤال (3): أذكر نص قانون نيوتن الثاني في كل من الحركة الانتقالية والدورانية؟

*الحركة الانتقالية: القوة المحصلة المؤثرة في جسم تساوي المعدل الزمني للتغير في زخمه الخطي

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

*الحركة الدورانية: العزم المحصل المؤثر في جسم يتحرك حركة دورانية حول محور ثابت يساوي المعدل الزمني للتغير في زخمه الزاوي حول المحور نفسه.

$$\sum \tau = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

3- لو قلت السرعة الزاوية للنصف بثبات عزم القصور الذاتي فإن طاقة الحركة الدورانية:

أ) تقل للنصف

ب) تتضاعف

ج) تتضاعف 9 مرات

د) تقل للربع

4- لو ضاعفنا السرعة الزاوية وضاعفنا عزم القصور الذاتي فإن الطاقة الحركية الدورانية:

أ) تبقى ثابتة

ب) تتضاعف 4 مرات

ج) تتضاعف 6 مرات

د) تتضاعف 8 مرات

5- لو ضاعفنا عزم القصور الذاتي وقلت السرعة الزاوية للنصف فإن الطاقة الحركية الدورانية:

أ) تبقى ثابتة

ب) تقل 8 مرات

ج) تزداد 8 مرات

د) تقل للنصف

الاجابات:

1	2	3	4	5
ج	د	د	د	د

*الزخم الزاوي وحفظه:

الحركة الانتقالية	الحركة الدورانية
الكتلة (m)	عزم القصور الذاتي (I)
الزخم الخطي (P)	الزخم الزاوي (L)
القوة: $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$	العزم: $\sum \tau = \frac{\Delta l}{\Delta t}$

الزخم الزاوي: حاصل ضرب القصور الذاتي (I) للجسم في سرعته الزاوية (W)

$$L = I W$$

المعطيات :

$$m = 5.0 \text{ kg} , r = 10.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\omega = 20 \text{ rad/s} , I = \frac{2}{5} mr^2 .$$

الحل :

أستخدم العلاقة الآتية لحساب مقدار الزخم لجسم يدور حول محور ثابت، وباستخدام الجدول (1)؛ أجد أن عزم القصور الذاتي لكرة مصمتة متماثلة يساوي $(\frac{2}{5} mr^2)$.

$$L = I \omega = \frac{2}{5} mr^2 \omega$$

$$= \frac{2}{5} \times 5.0 \times (10.0 \times 10^{-2})^2 \times 20$$

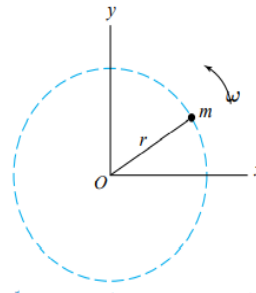
$$= 0.4 \text{ kg.m}^2/\text{s}$$

الزخم الزاوي للككرة موجب، إذ يكون اتجاه الزخم الزاوي باتجاه محور y الموجب عند النظر إليها من أعلى؛ لأن الكرة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة كما يبدو للناظر .

تمرين (كتاب): في المثال السابق، إذا تغير مقدار السرعة الزاوية للككرة حول محور الدوران نفسه بتسارع زاوي ثابت، بحيث أصبح (40 rad/s) خلال (5 s) ، فأحسب مقدار العزم المحصل المؤثر في الكرة خلال هذه الفترة الزمنية.

الحل:

مثال (10/كتاب): يتحرك جسم كتلته (50.0 g) حول



الشكل (24): جسم يتحرك في مسار دائري نصف قطره (r) حول محور z.

محور ثابت (محور z) عند النقطة (O)، في مسار دائري نصف قطره (20.0 cm) ، بسرعة زاوية ثابتة مقدارها (5.0 rad/s) بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة، كما هو موضح في الشكل (24). أحسب مقدار الزخم للجسم حول هذا المحور، وأحدد اتجاهه.

المعطيات :

$$m = 50.0 \times 10^{-3} \text{ kg} , r = 20.0 \times 10^{-2} ,$$

$$\omega = 5.0 \text{ rad/s} . I = mr^2$$

الحل :

أحسب مقدار الزخم الزاوي للجسيم بالعلاقة :

$$L = I \omega = mr^2 \omega$$

$$= 50.0 \times 10^{-3} \times (20.0 \times 10^{-2})^2 \times 5.0$$

$$= 1.0 \times 10^{-2} \text{ kg.m}^2/\text{s}$$

باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى؛ فإن متجه الزخم الزاوي يكون خارجاً من الصفحة على امتداد محور الدوران .

مثال (11/كتاب): كرة مصمتة منتظمة متماثلة كتلتها

(5.0 kg) ونصف قطرها (10.0 cm) ، تتحرك حركة

دورانية حول محور ثابت (محور y) يمر في مركزها،

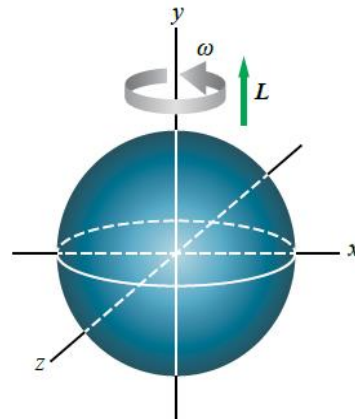
بسرعة زاوية ثابتة مقدارها (20 rad/s) بعكس

اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها من أعلى،

كما هو موضح في الشكل . أحسب مقدار الزخم

الزاوي للككرة حول هذا المحور، وأحدد اتجاهه .

$$(I = \frac{2}{5} mr^2)$$



* حفظ الزخم الزاوي:

الزخم الزاوي لنظام معزول يبقى ثابتاً بالمقدار والاتجاه عندما يكون العزم المحصل المؤثر في النظام المعزول يساوي صفراً

$$L_i = L_f$$

$$\Delta L = 0$$

سؤال (1/علل): يكون الزخم محفوظاً في النظام المعزول؟

لأنه في النظام المعزول يكون العزم المحصل المؤثر في جسم أو نظام يساوي صفراً ($\sum \tau = 0$) فلذلك يظل الزخم الزاوي ثابتاً مع مرور الزمن.

سؤال (2/أتحقق): علام ينص قانون حفظ الزخم الزاوي؟

الزخم الزاوي لنظام معزول يظل ثابتاً في المقدار والاتجاه اذ يكون العزم المحصل المؤثر في النظام المعزول صفراً أي أن الزخم الزاوي الابتدائي لنظام معزول يساوي زخمه الزاوي النهائي.

ملاحظة (مهمة): إذا أعيد توزيع كتلة النظام المعزول الذي يتحرك حركة دورانية فإن عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية للنظام يتغيران بحيث يبقى الزخم الزاوي ثابت وبما أن ($L = I W$) فإنه عند تغير (I) يجب أن تتغير (W) للنظام بحيث يبقى الزخم الزاوي ثابتاً.

سؤال (4): نظام يتكون من جسيمين يتحركان حركة دورانية حول محور ثابت (محور z)، في مسار دائري . إذا علمت أن لهما عزم القصور الذاتي نفسه ويساوي ($2 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$)، ويدور الجسيم الأول بسرعة زاوية (4 rad/s) باتجاه حركة عقارب الساعة، بينما يدور الجسيم الثاني بسرعة زاوية (8 rad/s) بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ أ حسب مقدار ما يأتي:

أ. الزخم الزاوي للجسيم الأول حول هذا المحور، وأحدد اتجاهه .

ب. الزخم الزاوي للنظام حول هذا المحور، وأحدد اتجاهه .
الحل:

$$1. L_1 = W I = -4 \times 2 \times 10^{-3}$$

أي مع عقارب الساعة (Z^-)، $L_1 = -8 \times 10^{-3}$

$$2. \sum I = -8 \times 10^{-3} + 16 \times 10^{-3}$$

أي عكس عقارب الساعة (Z^+)، $\sum I = 8 \times 10^{-3}$

* الربط بالعلوم الحياتية:

عندما يرفرف الطائر بجناحيه؛ فإنه يقوم بتدوير الجناحين إلى أعلى وأسفل حول الكتف. يمتلك الطائر الطنان أجنحة صغيرة ذات عزم قصور ذاتي صغير، لذا يستطيع الطائر تحريك جناحيه بسرعة (تصل إلى 70 ذبذبة في الثانية). وعلى النقيض من ذلك فإن النسر لديه أجنحة ضخمة يصعب تحريكها بسبب عزم القصور الذاتي الكبير. يرفرف النسر بأجنحته بمعدل ذبذبة واحدة في الثانية عند الإقلاع، ولكنه في معظم الأوقات يميل إلى التحليق مع ثبات جناحيه.

مثال (12/كتاب):

ثلاثة أطفال كتلهم (20 kg، 28 kg، 32 kg) يقفون عند حافة لعبة دوارة على شكل قرص دائري منتظم كتلته $M = 100 \text{ kg}$ ، ونصف قطره $r = 2.0 \text{ m}$ ، ويدور بسرعة زاوية ثابتة مقدارها 2.0 rad/s ، حول محور دوران ثابت عمودي على سطح القرص ويمر في مركزه باتجاه محور y . تحرك الطفل الذي كتلته 20 kg ووقف عند مركز القرص. أحسب مقدار السرعة الزاوية الجديد للعبة الدوارة.

$$I = 0.5 Mr^2$$

المعطيات :

$$M = 100 \text{ kg}, r = 2.0 \text{ m}, m_1 = 20 \text{ kg}$$

$$m_2 = 28 \text{ kg}, m_3 = 32 \text{ kg}, \omega = 2.0 \text{ rad/s}$$

الحل :

يمكن التعامل مع النظام على أنه معزول؛ لذا يكون الزخم الزاوي محفوظاً. أطبق قانون حفظ الزخم الزاوي :

$$L_i = L_f$$

$$I_i \omega_i = I_f \omega_f$$

عزم القصور الذاتي الابتدائي (I_i) للنظام يساوي مجموع عزوم القصور الذاتية للأطفال الثلاثة والقرص، وأحسبه باستخدام المعادلة الآتية :

$$I_i = \frac{1}{2} Mr^2 + (m_1 + m_2 + m_3) r^2 = \frac{1}{2}$$

$$(100)(4) + (20 + 28 + 32) (4) = 520 \text{ kg.m}^2$$

عزم القصور الذاتي النهائي (I_f) للنظام يساوي مجموع عزوم القصور الذاتية لطفلين فقط والقرص؛ لأن عزم القصور الذاتي للطفل الذي كتلته 28 kg يساوي صفراً؛ لأنه يقف عند مركز القرص الذي يمر فيه محور الدوران، وأحسب باستخدام المعادلة التالية :

$$I_f = \frac{1}{2} Mr^2 + (m_2 + m_3) r^2$$

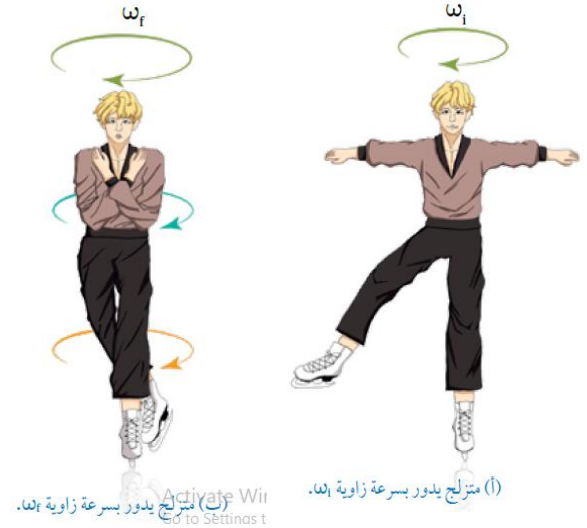
$$= \frac{1}{2} (100)(4) + (28 + 32) (4) = 440 \text{ kg.m}^2$$

باستخدام قانون حفظ الزخم الزاوي؛ أجد أن :

$$\omega_f = \frac{1040}{440}$$

$$\omega_f = 2.37 \text{ rad/s} \approx 2.4 \text{ rad/s}$$

سؤال (3): في الشكل المجاور نظام معزول لمتزلج يدور حول نفسه حيث محور الدوران يمر بمركز الكتلة أجب عما يلي:



(1) فسر لماذا يتم التعامل مع المتزلج على أنه نظام معزول

الإجابة: لأن قوة الوزن والقوة العمودية تؤثران في الاتجاه الرأسي وعزم كل منهما حول محور الدوران يساوي صفر بالإضافة إلى أن مقدار قوة الاحتكاك بين الزلاجات والجليد قيمته صغيرة ويمكن إهمال العزم الناتج عنه حول محور الدوران.

(2) فسر لماذا يكون الزخم الزاوي محفوظ في هذا النظام؟

الإجابة: لأن النظام معزول فهذا يعني أن ($L_i = L_f$)

(3) ما أثر قيام المتزلج بضم قدميه وذراعيه نحو جسمه على حركته الدورانية؟

$$I_F \omega_F = I_I \omega_I = \text{constant}$$

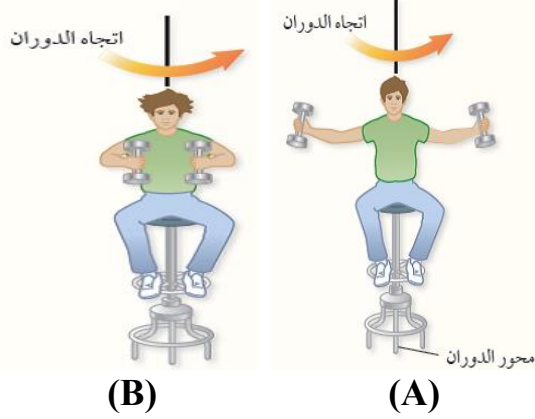
الإجابة: يقل عزم القصور الذاتي (I) وتزداد سرعته (ω) ويبقى زخمه (L) ثابتاً محفوظاً

الأستاذ

إياد زعرور

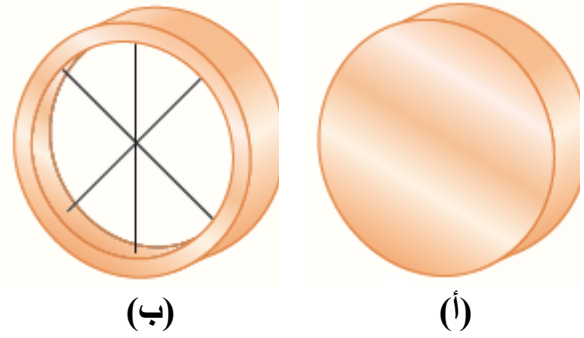
مراجعة الدرس الثالث

ب. أجد نسبة الطاقة الحركية الدورانية النهائية إلى الطاقة الحركية الدورانية الابتدائية.



1. الفكرة الرئيسية: أقرن بين الكميات الخطية الآتية وما يناظرها في الحركة الدورانية: الطاقة الحركية الخطية، القانون الثاني لنيوتن، الزخم الخطي، حفظ الزخم الخطي.

2. يبين الشكل المجاور أسطوانتين إحداها مصممة والأخرى مجوفة، متماثلتين في الكتلة والأبعاد والسرعة الزاوية، وتدوران حول محور ثابت عمودي على المركز الهندسي لكل منهما أجب عن الاسئلة الآتية:



أ. أقرن بين الزخم الزاوي للأسطوانتين، هل هما متساويان أم لا؟ أفسر إجابتي.

ب. أقرن بين الطاقة الحركية الدورانية للأسطوانتين، هل هما متساويان أم لا؟ أفسر إجابتي.

ج. أستخدم الأرقام: أحسب مقدار السرعة الزاوية الثابتة للأسطوانة (أ) عندما تكون طاقتها الحركية الدورانية (32 J). علما بأن كتلتها (2.0 kg)، ونصف قطرها (0.50 m).

3. التفكير الناقد: يجلس طالب على كرسي قابل للدوران حول محور رأسي، ويُمسك ثقلا بكل يد. بدايةً يدور الطالب والكرسي بسرعة زاوية (ω_i) ويداه ممدودتان، كما هو موضح في الشكل A، فيكون عزم القصور الذاتي للنظام (I) طلب المعلم من الطالب ضم ذراعيه؛ كما في الشكل B؛ فأصبحت سرعة الزاوية النهائية (5) أضعاف سرعته الزاوية الابتدائية. أجب عن الأسئلة الآتية:

أ. ما سبب الزيادة في السرعة الزاوية؟

4. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. أسطوانتان متساويتان في الكتلة، ونصف قطر الأسطوانة الثانية ثلاثة أضعاف الأولى. تدور كل منهما حول محور يمر في مركزها بالسرعة الزاوية نفسها. فإن النسبة بين مقادري الطاقة الحركية الدورانية لهما تكون: $\frac{KE_1}{KE_2}$

أ. 9 ب. 3 ج. $\frac{1}{3}$ د. $\frac{1}{9}$

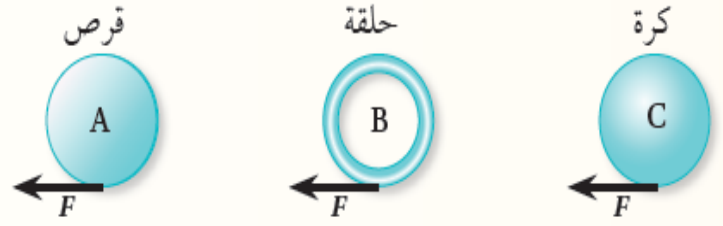
2. يقف ثلاثة أطفال متساوين في الكتلة عند حافة لعبة دوارة على شكل قرص دائري منتظم، تدور اللعبة بسرعة زاوية ثابتة حول محور ثابت عمودي على سطح القرص ويمر في مركزه. إذا اقترب أحد الأطفال من مركز القرص؛ فإن ما يحدث لكل من مقادري السرعة الزاوية (ω) ، والزخم الزاوي (L):
أ. ω يزداد، L يقل.
ب. ω يقل، L يزداد.

ج. ω يزداد، L يبقى د. ω يقل، L يبقى ثابت.

3. تقف فتاة كتلتها (50 kg) على طرف لعبة قرص دوار نصف قطره (4 m)؛ فيكون عزم القصور الذاتي للنظام المكوّن منهُما ($2400 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$)، ويدور النظام بزخم زاوي مقداره ($4800 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$)، إذا تحركت الفتاة لتصبح على بعد (2 m) من محور اللعبة؛ فإن السرعة الزاوية للعبة بوحدة (rad/s) تساوي:

أ. 2 ب. 2.4 ج. 2.67 د. 4

* يبين الشكل كرة مصمتة وحلقة وفرصا تتساوى في نصف القطر والكتلة. أثرت في الأجسام الثلاثة قوى مماسية متساوية فحركتها من السكون، حول محور ثابت يمر في مركز كل منها عموديا عليه معتمدا على البيانات المثبتة في الشكل أجب عن الفقرتين الآتيتين:



4. العبارة الصحيحة التي تصف الزخم الزاوي للأجسام الثلاثة بعد مدة من الزمن:

أ. الكرة المصمتة لها أكبر زخم زاوي.
ب. الحلقة لها أكبر زخم زاوي.
ج. القرص له أكبر زخم زاوي.
د. الأجسام الثلاثة متساوية في الزخم الزاوي.

5. الترتيب التنازلي للسرعة الزاوية للأجسام الثلاثة بعد مدة من الزمن:

أ. $\omega_A > \omega_B > \omega_C$ ب. $\omega_A > \omega_C > \omega_B$

ج. $\omega_C > \omega_A > \omega_B$ د. $\omega_B > \omega_A > \omega_C$



الإثراء والتوسع

اتزان الجسور
Equilibrium of Bridges

يتطلب بناء المنشآت - من جسور وسدود ومبان إلى ناطحات السحاب - من المصممين والمهندسين المعماريين تحديد القوى المؤثرة في هياكلها وتراكيبها؛ للمحافظة عليها ثابتة ومتزنة سكونيا وعدم انهيارها.

ويُعنى الاتزان السكوني بحساب القوى المؤثرة في هذه الهياكل والتراكيب، لتحديد إذا كانت قادرة على تحمل هذه القوى دون حدوث تشوه أو تصدع أو كسر فيها.

تصمم الجسور بأشكال مختلفة، ويتعرض كل منها لقوى مختلفة تؤثر في مكوناته، تعمل على شدها أو ضغطها. **إذ تؤثر فيها قوى ضغط تجعلها تنكمش وتتقلص، وقوى شد تجعلها تتمدد ويزداد طولها؛** كما هو موضح في الشكل؛ لذا يجب أخذ هذه القوى في الحسبان عند تصميم أي جسر؛ كي لا يتعرض إلى التصدع والالتواء والانكماش، لعدم مقدرته على تحملها، وإيجاد وسائل وتصاميم مناسبة تعمل على توزيع هذه القوى على مختلف أجزاء الجسر بالشكل الذي يمنع تمررها في منطقة واحدة.

لرسم أفضل التصاميم وتنفيذها باستخدام المواد المناسبة؛ يراعي المصممون والمهندسون المعماريون في مراحل تصميم الجسور المختلفة وإنشائها تحقيق شرطي الاتزان في مكوناتها جميعاً. ولتكون الجسور أنظمة متزنة؛ يجب أخذ قياسات دقيقة مضبوطة لهذه القوى ومواقع دعائم الجسر والمسافات بينها ومقدار أكبر ثقل يمكن أن يتحملة الجسر دون أن ينهار.



الأستاذ

إياد زعرور

مراجعة الوحدة

5. يستخدم خالد - كما يبين الشكل - مفتاح شد لفك صامولة إطار سيارة ولم يتمكن من ذلك. يجب على خالد استخدام مفتاح شد يكون مقبضه:



- أطول من مقبض مفتاح الشد المستخدم.
- أقصر من مقبض مفتاح الشد المستخدم.
- أكثر سُمكاً من سُمك مفتاح الشد المستخدم.
- أقل سُمكاً من سُمك مفتاح الشد المستخدم.

6. كُسر مضرب بيسبول منتظم الكثافة في موقع مركز كتلته إلى جزأين؛ كما هو موضح في الشكل. إن الجزء ذا الكتلة الأصغر هو:



- الجزء الموجود على اليمين
- الجزء الموجود على اليسار.
- كلا الجزأين له الكتلة نفسها.
- لا يمكن تحديده.

7. الشكل المجاور يبين

قوتين متساويتين مقداراً ومتعاكستين اتجاهاً تؤثران على بعد متساوٍ من مركز كتلة جسم موجود على سطح أملس. أي الجمل الآتية تصف بشكل صحيح حالة الجسم الحركية عند اللحظة المبينة؟

- الجسم في حالة اتزان سكوني؛ حيث القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً.
- الجسم ليس في حالة اتزان سكوني، ويبدأ الدوران بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.
- الجسم في حالة اتزان سكوني، حيث العزم المحصل المؤثر فيه يساوي صفراً.
- الجسم ليس في حالة اتزان سكوني، ويبدأ الدوران باتجاه حركة عقارب الساعة.

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. وحدة قياس الزخم الزاوي حسب النظام الدولي للوحدات هي:

- أ. $N \cdot m/s$
- ب. $kg \cdot m/s$
- ج. N/s
- د. $kg \cdot m^2/s$

2. وحدة قياس عزم القصور الذاتي حسب النظام الدولي للوحدات هي:

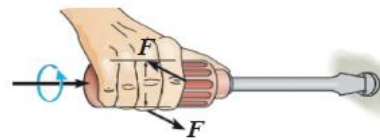
- أ. $N \cdot m/s$
- ب. $kg \cdot m^2$
- ج. $kg \cdot m^2/s$
- د. $kg \cdot m/s$

3. قرص منتظم الشكل يدور حول محور (z) باتجاه حركة عقارب الساعة بتسارع زاوي ثابت، إذا كان مقدار سرعته الزاوية عند لحظة ما (3.5 rad/s) . وبعد مرور (5 s) أصبح مقدار سرعته (4.5 rad/s) وبالاتجاه نفسه، فإن تسارعه الزاوي مقداراً واتجاهاً:

- أ. $1.6 \text{ rad/s}^2, +z$
- ب. $1.6 \text{ rad/s}^2, -z$

- ج. $0.2 \text{ rad/s}^2, +z$
- د. $0.2 \text{ rad/s}^2, -z$

4. تستخدم سلمى - كما يبين الشكل - مفك براغي لفك برغي ولم تتمكن من ذلك. يجب على سلمى استخدام مفك آخر يكون مقبضه:



- أ. أطول من مقبض المفك المستخدم.
- ب. أقصر من مقبض المفك المستخدم.
- ج. أكثر سُمكاً من سُمك المقبض المستخدم.
- د. أقل سُمكاً من سُمك المقبض المستخدم.

أقرأ الفقرة الآتية، ثم أجب عن السؤالين (11 و 12).

* يوضح الشكل المجاور مسطرة مترية نصفها خشب ونصفها الآخر فولاذ.



الشكل (A)



الشكل (B)

في الشكل (A) المسطرة قابلة للدوران حول محور عمودي عليها عند نهايتها الخشبية (النقطة O)، وأثرت فيها بقوة (F) عند نهايتها الفولاذية (النقطة a). وفي الشكل (B) جعلت المسطرة قابلة للدوران حول محور عمودي عليها عند نهايتها الفولاذية (النقطة O')، وأثرت فيها بالقوة (F) نفسها عند نهايتها الخشبية (النقطة a').

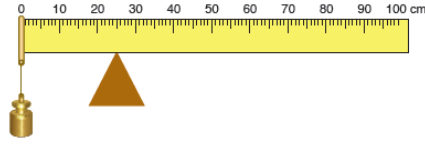
العلاقتان الصحيحتان اللتان تصفان عزم القصور الذاتي، والتسارع الزاوي للمسطرتين حول محوري دورانيهما:

أ. $I_A > I_B, a_A > a_B$ ب. $I_A < I_B, a_A > a_B$
ج. $I_A = I_B, a_A = a_B$ د. $I_A > I_B, a_A < a_B$

12. باستخدام القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية، وإذا علمت أن المسطرتين بدأتا الدوران من السكون؛ فإن الجملة الصحيحة التي تصف الزخم الزاوي للمسطرتين بعد مدة من الزمن:

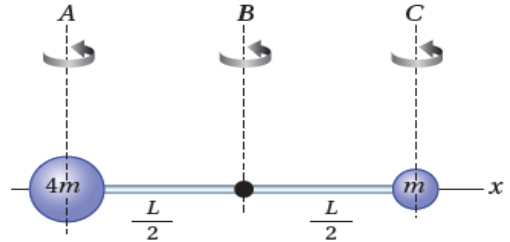
- أ. المسطرتان متساويتان في الزخم الزاوي؛ لأن عزم القصور الذاتي لهما متساو.
ب. المسطرتان متساويتان في الزخم الزاوي؛ لأن العزم المحصل المؤثر فيهما متساو.
ج. المسطرتان مختلفتان في الزخم الزاوي؛ لأن عزم القصور الذاتي لهما غير متساو.
د. المسطرتان مختلفتان في الزخم الزاوي؛ لأن العزم المحصل المؤثر فيهما غير متساو.

8. مسطرة مترية منتظمة متماثلة ترتكز على نقطة عند التدرج (25 cm). علق ثقل كتلته (m) عند التدرج (0 cm) للمسطرة، فاتزنت أفقياً، كما هو موضح في الشكل المجاور. إن كتلة المسطرة تساوي:



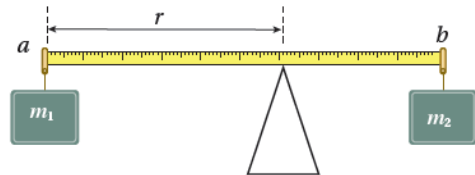
- أ. m ب. 0.5m ج. 0.4m د. 0.2m

9. قضيب فلزي خفيف مهمل الكتلة، طوله (L)، ثبتت على طرفيه كرتان نقطيتان كتلتاهما (m, 4m)، كما في الشكل المجاور. (A, B, C) ثلاثة محاور يمكن للنظام أن يدور حولها. إذا يكون عزم القصور الذاتي للنظام أكبر ما يمكن عند دورانه حول:



- أ. المحور (A)
ب. المحور (B)
ج. المحور (C)
د. عزم القصور الذاتي متساو في الحالات الثلاثة

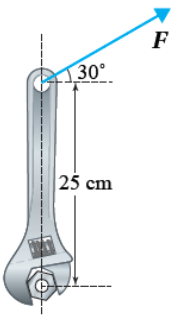
10. يبين الشكل مسطرة مترية منتظمة كتلتها مهملة، ومعلق بطرفيها (a) و (b) ثقلين كتلتيهما (m_1) و (m_2). كي تنزن المسطرة؛ فإن بعد نقطة الارتكاز (r) عن الطرف (a) يساوي:



- أ. $\frac{m_2}{m_2 + m_1}$
ب. $\frac{m_1 + m_2}{m_2}$
ج. $\frac{1}{m_1 - m_2}$
د. $m_1 - m_2$

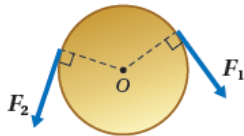
6. أفسر: يقفز غطاس عن لوح غطس متجهًا نحو سطح الماء في البركة. وبعد مغادرته لوح الغطس بدأ بالدوران، وضم قدميه وذراعيه نحو جسمه. لماذا ضم الغطاس قدميه وذراعيه نحو جسمه في أثناء أدائه الحركات الدوران؟

7. أستخدم الأرقام: تستخدم فاتن مفتاح شد لشد صامولة؛ كما هو موضح في الشكل المجاور. أستعين بالشكل والبيانات المثبتة فيه للإجابة عما يأتي، علما أن مقدار العزم اللازم لفك الصامولة يساوي (50.0 N.m).



أ. أحسب مقدار القوة اللازم التأثير بها في طرف مفتاح الشد في الاتجاه الموضح في الشكل.
ب. أحدد اتجاه دوران مفتاح الشد.

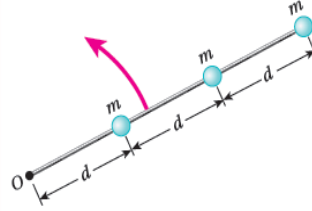
8. أستخدم الأرقام: قرص نصف قطره (2.0 cm)، وكتلته (20.0 g)، أثرت فيه القوى المماسية المبينة في الشكل، فبدأ بالدوران من السكون حول محور عمودي على مركزه (O)، بحيث أصبحت سرعته الزاوية (250 rad/s) بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة وذلك بعد مرور (1.25 s) من بدء الحركة. إذا كان مقدار القوة ($F_1 = 0.1 N$) فما مقدار (F_2)؟



9. أستخدم الأرقام: تقف هناء على طرف القرص الدوار للعبة الحصان الدوار. إذا علمت أن كتلة قرص اللعبة بمحتوياته ($2 \times 10^2 kg$) ونصف قطره (4 cm)، وسرعته الزاوية (2 rad/s)، وكتلة هناء (50 kg)، وبافتراض أن كتلة القرص موزعة بشكل منتظم، والنظام المكوّن من اللعبة وهناء معزول، أحسب مقدار ما يأتي:

أ. الزخم الزاوي الابتدائي للنظام.
ب. السرعة الزاوية للعبة عندما تنتقل هناء إلى موقع على بُعد (2 m) من محور دوران اللعبة.

13. يبين الشكل المجاور نظامًا يتكون من ثلاث كرات صغيرة تتصل بقضيب فلزي خفيف كتلته مهملة. يدور النظام بسرعة زاوية (ω) حول محور يمر بالنقطة (O) عموديا على الصفحة. الزخم الزاوي للكرة الوسطى:



- أ. $m\omega d^2$
ب. $\frac{4}{3}m\omega d^2$
ج. $\frac{1}{3}m\omega d^2$
د. $4m\omega d^2$

2. أفسر ما يأتي:

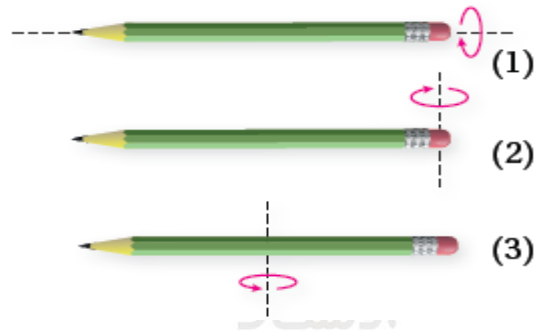
أ. عند حساب العزم المحصل المؤثر في جسم؛ تهمل القوى التي يمر خط عملها في محور الدوران.

ب. يعتمد عزم القصور الذاتي لجسم على موقع محور دورانه.

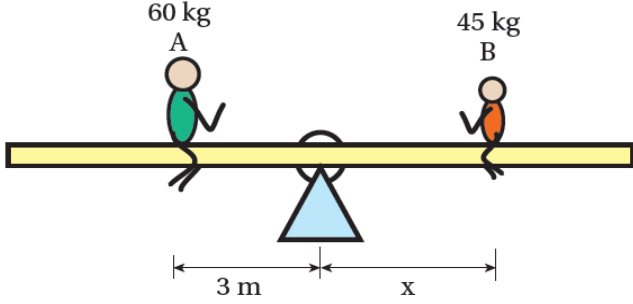
3. أقرن بين كتلة جسم وعزم القصور الذاتي له.

4. قطعة بوليسترين على شكل خارطة المملكة الأردنية الهاشمية. كيف أحدد مركز كتلتها عمليا؟

5. أستنتج: يبين الشكل ثلاث حالات لقلم يدور حول المحاور الموضحة في الشكل. أرتب الحالات الثلاث من حيث مقدار العزم اللازم لتدوير القلم من الأسهل إلى الأصعب.



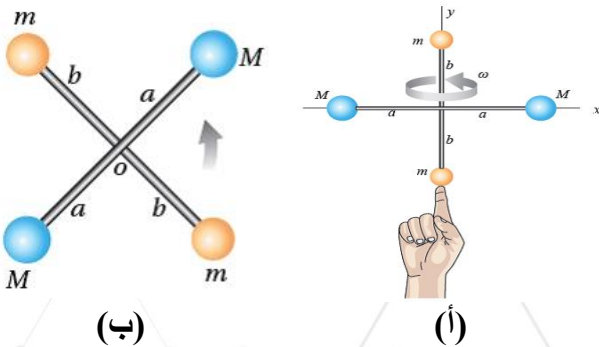
12. بين الشكل المجاور ولدین كتليتهما $(m_A = 60\text{ kg})$ و $(m_B = 45\text{ kg})$. يجلسان على لعبة (Saw-See) تتكون من لوح خشبي، فيتزن اللوح عند نقطة الارتكاز الواقعة عند منتصفه.



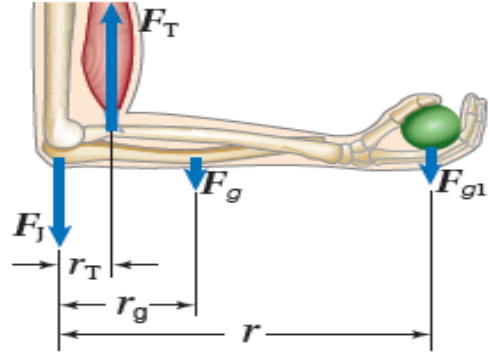
أ. استخدم الأرقام: أحسب بُعد الولد (B) عن نقطة الارتكاز.

- ب. أصدر حكماً: هل سيبقى اللوح متزناً أم لا، للحالتين الآتيتين، ثم أوضح إجابتي.
- إذا تحرك كل ولد نحو نقطة الارتكاز مسافة (1 m) .
 - إذا تحرك الولد (A) مسافة (1 m) مبتعداً عن نقطة الارتكاز، بينما تحرك الولد (B) مسافة $(\frac{4}{3}\text{ m})$ مبتعداً عن نقطة الارتكاز.

13. استخدم الأرقام: يدور نظام يتكون من أربع كرات صغيرة مثبتة في نهايات قضيبين مهملي الكتلة كما هو موضح في الشكل المجاور. إذا علمت أن $(a = b = 20\text{ cm})$ و $(m = 50\text{ g})$ ، و $(M = 100\text{ g})$ ، وأنصاف أقطار الكرات مهملة مقارنة بطولي القضيبين؛ بحيث يمكن عدها جسيمات نقطية؛ أحسب الطاقة الحركية الدورانية للنظام عندما يدور بسرعة زاوية (2 rad/s) حول:



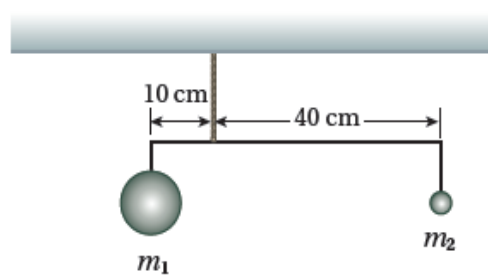
10. استخدم الأرقام: ترفع جمانة بيدها ثقلاً وزنه (40.0 N) ، في أثناء ممارستها للتمارين الرياضية في ناد رياضي. إذا علمت أن نقطة التقاء العضلة ثنائية الرأس بالساعد تبعد $(r_T = 5.0\text{ cm})$ عن المرفق، ووزن عظم الساعد والأنسجة فيه (30.0 N) ويؤثر على بُعد $(r_g = 15.0\text{ cm})$ عن المرفق، وبعد نقطة تأثير وزن الثقل المحمول في اليد $(r = 35.0\text{ cm})$ عن المرفق، والساعد متزن أفقياً والقوى جميعها رأسية في الوضع الموضح في الشكل، فأحسب ما يأتي:

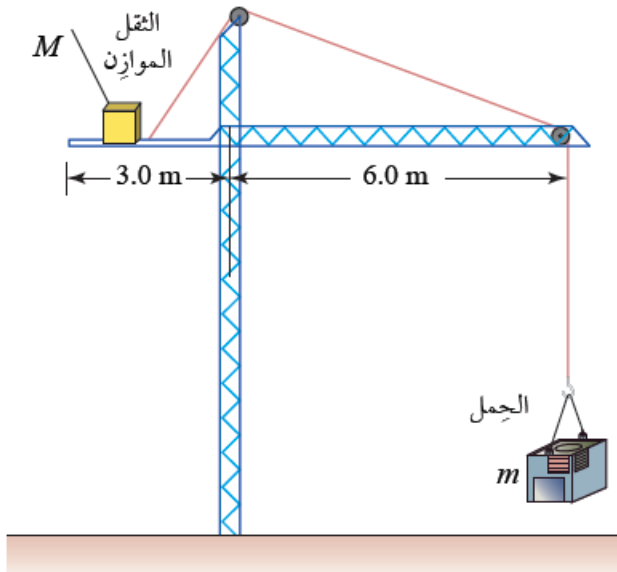


أ. قوة الشد في العضلة (F_T) المؤثرة في الساعد.

ب. القوة التي يؤثر بها المرفق في الساعد (F_f) .

11. استخدم الأرقام: في الشكل المجاور كرتان معلقتان بقضيب أفقي مهمل الكتلة، إذا كان مقدار كل من الكتلتين $(m_1 = 11\text{ kg})$ و $(m_2 = 2\text{ kg})$. أين يجب تعليق كتلة ثالثة $(m_3 = 3\text{ kg})$ بالنسبة إلى نقطة تعليق النظام كي يكون النظام متزناً؟

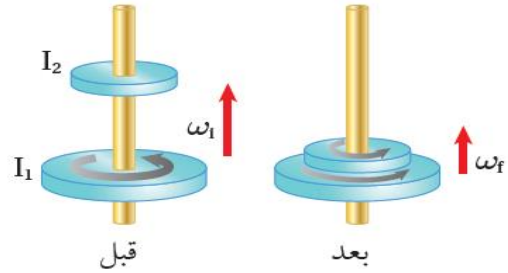




أ. محور (y) كما في الشكل (أ).

ب. محور (z) عمودي على مستوى الصفحة كما في الشكل (ب).

14. أستخدم الأرقام: يدور قرص عزم القصور الذاتي له (I_1) حول محور ثابت أملت بسرعة زاوية ($\omega_i = 20 \text{ rad/s}$)، أسقط نحوه قرص ساكن عزم القصور الذاتي له (I_2) فتحركا كجسم واحد، كما يبين الشكل المجاور. إذا علمت أن عزم القصور الذاتي (I_1) ثلاث أضعاف (I_2). أكتب السرعة الزاوية النهائية (ω_f).



15. أستخدم الأرقام: تستخدم بعض أنواع الروافع لرفع الأحمال الثقيلة إلى أعالي الأبراج والبنائيات العالية. ويجب أن يكون العزم المحصل المؤثر في هذه الرافعة صفرا؛ كي لا تدور أو تسقط؛ لذا يوجد ثقل موازن M على الرافعة لتحقيق اتزانها، حيث يُحرك عادة هذا الثقل تلقائيا عبر أجهزة استشعار ومحركات لموازنة الحمل بدقة. يبين الشكل المجاور رافعة في موقع بناء ترفع حملا مقداره ($3.0 \times 10^3 \text{ kg}$)، ومقدار الثقل الموازن ($1.0 \times 10^4 \text{ kg}$). أكتب بالشكل والبيانات المثبتة فيه للإجابة عما يأتي، وبإهمال كتلة الرافعة.

أ. أعدد موقع الثقل الموازن عندما يكون الحمل مرفوعا عن الأرض وفي حالة اتزان سكوني.

ب. أكتب مقدار أكبر كتلة يمكن أن تحملها الرافعة عندما يكون موقع الثقل الموازن عند طرفها.



ورقة ختامية (1)

6. السرعة الزاوية لجسم يتحرك حركة دورانية عند لحظة معينة تساوي (-5rad/s) ، وتسارعه الزاوي عند اللحظة نفسها (3rad/s^2) أصف حركة هذا الجسم بأنه:

- أ. يدور باتجاه حركة عقارب الساعة بتسارع.
- ب. يدور باتجاه حركة عقارب الساعة بتباطؤ.
- ج. يدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بتسارع.
- د. يدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بتباطؤ.

7. يدور إطار سيارة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة حول محور دوران ثابت عمودي عليه ويمر في مركزه. أي

- أ. تزداد السرعة الزاوية لأجزاء الإطار بالاقتراب من محور الدوران.
- ب. تزداد السرعة الزاوية لأجزاء الإطار بالابتعاد عن محور الدوران.
- ج. يكون لأجزاء الإطار جميعها السرعة الزاوية نفسها.
- د. السرعة الزاوية لبعض أجزاء الإطار موجبة، ولأجزاء أخرى سالبة حسب بعدها عن محور الدوران.

1- أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. يكون الجسم واقعا تحت تأثير عزم ازدواج عندما:
 - أ. يكون متزنا؛ أي تكون القوة المحصلة والعزم المحصل المؤثران فيه يساويان صفرا.
 - ب. تؤثر فيه قوتان لهما المقدار نفسه والاتجاه نفسه، وخطا عملهما متطابقان.
 - ج. تؤثر فيه قوتان لهما المقدار نفسه، متعاكستان في الاتجاه، وخطا عملهما غير متطابقين.
 - د. تؤثر فيه قوتان لهما المقدار نفسه، والاتجاه نفسه، وخطا عملهما غير متطابقين.

2. تستخدم روى مفكا طوله (30.0 cm) ؛ لفتح غطاء علبة بالتأثير في طرف المفك بقوة مقدارها (80 N) عموديا عليه. إن مقدار العزم الذي تؤثر به روى بوحدة (N.m) يساوي:

- أ. 24.
- ب. 2.67.
- ج. 2400.
- د. 0.

3. الزاوية التي يصنعها الخط الواصل بين الجسم ونقطة الأصل مع الخط المرجعي (محور $+x$) تُسمى:

- أ. الإزاحة الزاوية
- ب. الموقع الزاوي
- ج. السرعة الزاوية
- د. الزاوية المرجعية

4. البعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران يُسمى:

- أ. الإزاحة الزاوية
- ب. الموقع الزاوي
- ج. العزم
- د. ذراع القوة

5. يجلس خالد (60.0 Kg) وعاهد (50.0 Kg) على طرفي لعبة see-saw متزنة أفقيا، تتكون من قضيب فلزي منتظم يرتكز عند نقطة في منتصفه. إذا كان بُعد خالد (1.5m) عن نقطة الارتكاز، فإن بُعد عاهد عن النقطة نفسها بوحدة m يساوي:

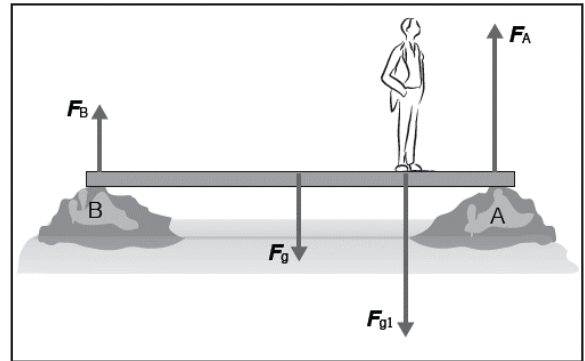
- أ. 1.25.
- ب. 1.8.
- ج. 2.0.
- د. 3.0.



2- أحسب: لتدوير مقبض صنوبر الماء؛ أثرت فيه بقوتين مقدار كل منهما (3.0N) باتجاهين متعاكسين، وعموديا على طول المقبض. إذا علمت أن طول المقبض (8.0cm)؛ فما مقدار عزم الازدواج المؤثر في مقبض الصنوبر.

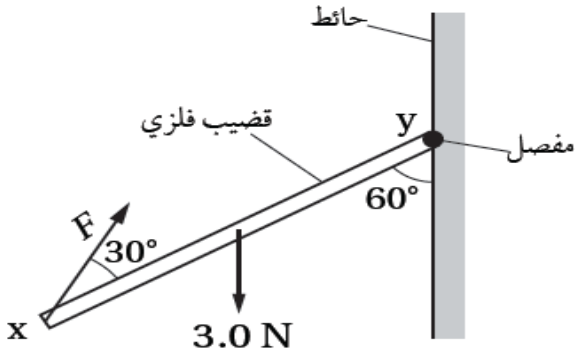
3- أستخدم المتغيرات: في أثناء مسابقة يدور متزلج على الجليد حول نفسه بسرعة زاوية ابتدائية (ω_i) وفي نهاية العرض ضم المتزلج يديه نحو جسمه فأصبح مقدار عزم قصوره الذاتي النهائي مساويا نصف مقدار عزم قصوره الذاتي الابتدائي. كم يصبح مقدار سرعته الزاوية النهائية مقارنة بمقدار سرعته الزاوية الابتدائية بإهمال تأثير عزم قوة احتكاك الزلاجات مع الجليد؟ أفسر إجابتي.

4- يوضح الشكل المجاور جسرا خشبيا منتظما متماثلاً طوله (8.0m)، ووزنه (200N)، يرتكز طرفيه على ضفتي نهر. إذا وقف شخص وزنه (800N) على بعد (2m) من الطرف (A)، وكان اللوح متزنًا؛ أحسب مقدار ما يأتي:
أ. القوة العمودية المؤثرة في الطرف (A) من الجسر.
ب. القوة العمودية المؤثرة في الطرف (B) من الجسر.



ورقة ختامية (2/كتاب الأنشطة)

4. يبين الشكل قضيباً فلزياً (xy) منتظماً ومتجانساً قابلاً للدوران حول مفصل مثبت في حائط عند طرفه (y)، كما في الشكل .



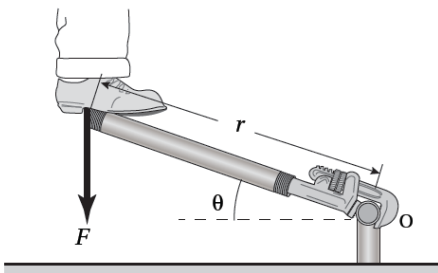
أثرت في القضيب قوة (F) عند طرفه (x) ، والقضيب وزنه (3.0 N) ، وهو في حالة اتزان سكوني. ما مقدار القوة (F)؟

- أ. 0.87 N ب. 1.5 N
ج. 2.6 N د. 5.2 N

5. يبين الشكل قوة (F) ، حيث تعمل على تدوير جسم حول محور يمر بالنقطة (O) عمودياً عليها، لذلك فإن ذراع القوة بوحدته (m) يساوي:

- أ. 2 ب. $2 \sin 120^\circ$
ج. $10 \sin 60^\circ$ د. 1

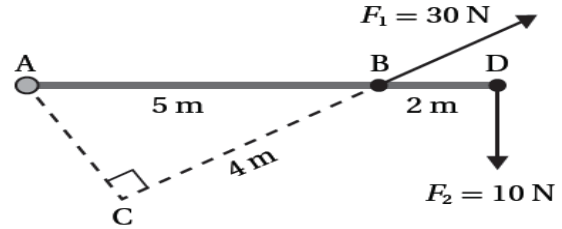
6. يقف شخص على مفتاح شد طوله (r) ويضغط عليه بقوة إلى الأسفل (F) كما في الشكل المجاور. عزم القوة حول محور دوران يمر بنقطة الارتكاز (o).



- أ. $-Fr \sin \theta$
ب. $-Fr \cos \theta$
ج. $+Fr \sin \theta$
د. $+Fr \cos \theta$

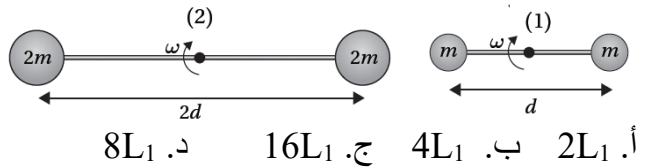
1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل المجاور؛ فإن العزم المحصل حول محور عمودي على مستوى الصفحة ويمر بالنقطة (A) بوحدته (N.m) يساوي:



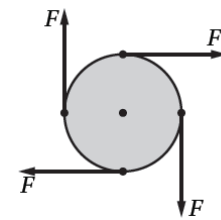
- أ. 20 ب. 80
ج. -220 د. -160

2. نظامان يتكوّن كلّ منهما من قضيب خفيف؛ الأول طوله (d) والثاني طوله (2d) وكتلتاهما مهملتان، تُثبت في طرفي كلّ منهما كرتان صغيرتان أبعادهما مهملة وكتلتاهما كما هو مبين في الشكل، ودور النظامان بالسرعة الزاوية نفسها (omega) حول محور يمر في منتصف القضيب عمودي على مستوى الصفحة. إذا كان الزخم الزاوي للنظام الأول (L1)؛ فإنّ الزخم الزاوي للنظام الثاني يساوي:



- أ. $2L_1$ ب. $4L_1$ ج. $16L_1$ د. $8L_1$

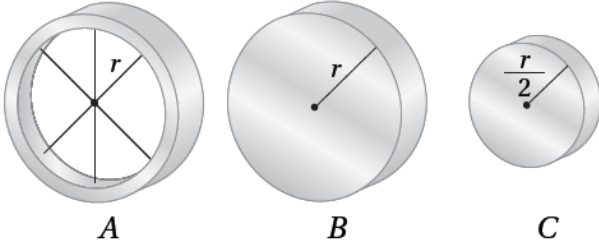
3. يبين الشكل أربع قوى مماسية متساوية في المقدار تؤثر في قرص قطره (d)، بالاتجاهات المثبتة في الشكل. أي الجمل الآتية صحيحة؟



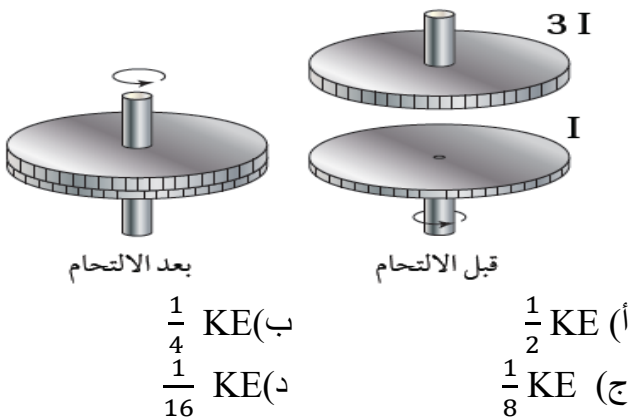
- أ. القرص متزن؛ لأن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً.
ب. القرص غير متزن؛ لأن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي $4F$.
ج. القرص متزن؛ لأن العزم المحصل المؤثر فيه يساوي صفراً.
د. القرص غير متزن؛ لأن مقدار العزم المحصل المؤثر فيه يساوي $2Fd$.



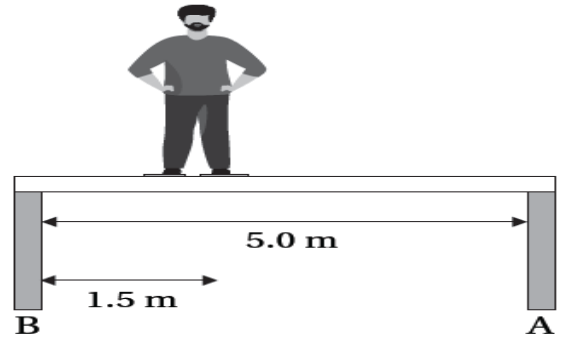
9. يبين الشكل ثلاث أسطوانات (A, B, C) متساوية في الكتلة، تدور كل منها حول محور ثابت يمر في مركزها الهندسي.
- الأسطوانة (A) مجوفة والأسطوانتين (B, C) مصمتتان. إذا علمت أن الطاقة الحركية الدورانية للأسطوانات الثلاث متساوية، ومعتمداً على البيانات المثبتة في الشكل؛ فإن الجملة الصحيحة التي تصف السرعة الزاوية هي:
- أ. الأسطوانات الثلاث متساوية في السرعة.
ب. (C) لها أكبر سرعة و (A) لها أقل سرعة.
ج. (B, C) لهما السرعة نفسها، وسرعتها أكبر من (A).
د. (A, B) لهما السرعة نفسها، وسرعتها أقل من (C).



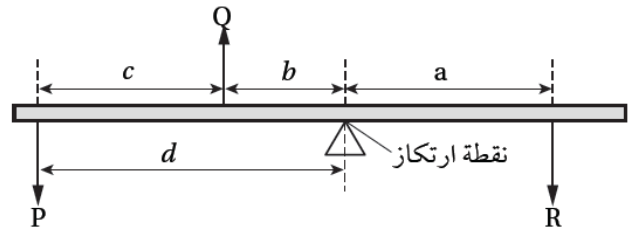
10. يدور قرص عزم القصور الذاتي له (I) حول محور ثابت أملس بسرعة زاوية (ω)، وطاقة حركية دورانية (KE). أسقط رأسياً نحوه قرص ساكن عزم القصور الذاتي له (3I) فتحركا كجسم واحد، كما هو مبين في الشكل. الطاقة الحركية الدورانية للنظام بعد الالتحام تساوي:



7. يقف شخص وزنه (650 N) على لوح خشبي منتظم وزنه (250 N) وطوله (5.0 m)، يرتكز على دعامتين (A) و (B). الشخص يقف على بعد (1.5 m) من الدعامة (B). مقدار القوتين (FA) و (FB) اللتين تؤثر بهما الدعامتان في اللوح بوحدة نيوتن (N)، هو:
- أ) $FA = 450, FB = 450$
ب) $FA = 320, FB = 580$
ج) $FA = 195, FB = 705$
د) $FA = 224, FB = 676$

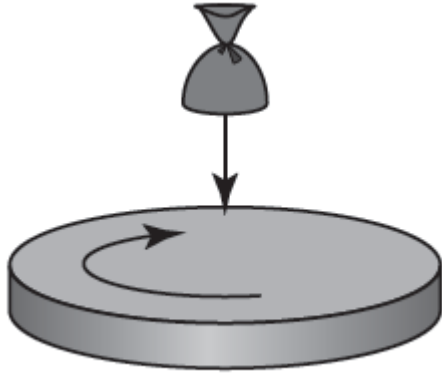


8. قضيب فلزي منتظم، تؤثر فيه ثلاث قوى (P, Q, R)، ويستقر متزاناً عند نقطة الارتكاز المبينة في الشكل. المعادلة الصحيحة التي تمثل (Στ = 0) هي:



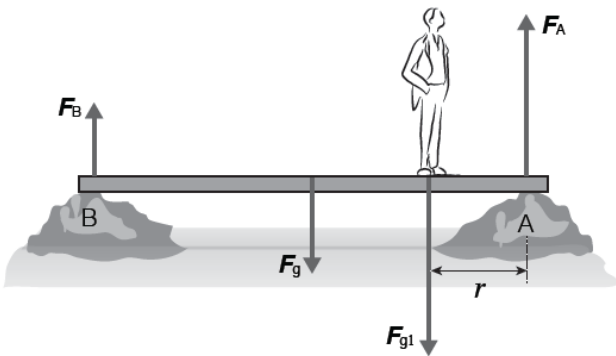
- أ) $(P \times c) + (Q \times b) = R \times a$
ب) $(R \times a) - (Q \times b) = P \times d$
ج) $(P \times d) + (Q \times b) = R \times a$
د) $(P \times d) - (Q \times b) = R \times a$

13. في الشكل المجاور قرص نصف قطره (R) يدور بسرعة زاوية ابتدائية (2 rad/s) ، أُسقط عليه كيس من السكون عند حافته؛ فأصبح يدور معه. إذا علمت أن كتلة القرص أربعة أضعاف كتلة الكيس، وبافتراض أن الكيس جسم نقطي؛ فإن السرعة الزاوية للنظام بعد سقوط الكيس:

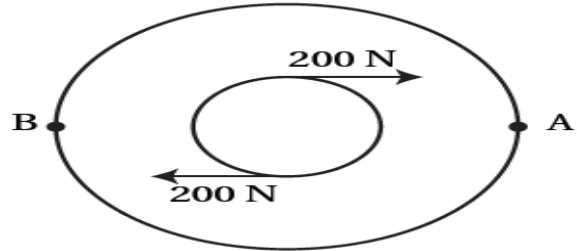


- أ) $\frac{4}{3} \text{ rad/s}$
 ب) 1 rad/s
 ج) $\frac{1}{2} \text{ rad/s}$
 د) $\frac{1}{4} \text{ rad/s}$

2. أستخدم الأرقام: يوضّح الشكل المجاور جسراً منتظماً متماثلاً طوله (8.0 m) ، ووزنه $F_g = 100 \text{ N}$ ، يرتكز طرفاه على ضفتي نهر. وقف شخص وزنه $F_{g1} = 800 \text{ N}$ على بعد (r) من الطرف (A) فاتزن اللوح بحيث تكون القوة العمودية المؤثرة في الطرف (A) من الجسر مثلي القوة العمودية المؤثرة في الطرف (B) . احسب البعد (r) .

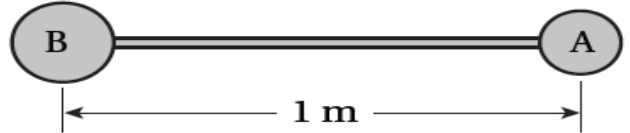


11. يبين الشكل دائرتين مرسومتين على القرص نفسه، النسبة بين نصفي قطر الدائرة الخارجية إلى الدائرة الداخلية ($\frac{2}{5}$) . يؤثر في الدائرة الداخلية ازدواجًا مقدار كل من قوته (200 N) ، ويؤثر في الدائرة الخارجية ازدواجًا مقدار كل من قوته (F) . كي يكون العزم المحصل الناتج عن الازدواجين صفرًا، فإن مقدارًا واتجاهها عند النقطتين (A) و (B) تساوي:



- أ. 500 N ، باتجاه (y^-) و (F_B) باتجاه (y^+) .
 ب. 500 N ، باتجاه (y^+) و (F_B) باتجاه (y^-) .
 ج. 80 N ، باتجاه (y^-) و (F_B) باتجاه (y^+) .
 د. 80 N ، باتجاه (y^+) و (F_B) باتجاه (y^-) .

12. يبين الشكل نظامًا يتكون من قضيب طوله (1 m) كتلته مهملة، ومثبت في طرفيه كرتين مهملتين الأبعاد، كتلتيهما ($m_A = 2 \text{ kg}$) و ($m_B = 3 \text{ kg}$) مركز كتلة النظام يقع على بعد:



- أ. 40 cm من الكرة (A) .
 ب. 40 cm من الكرة (B) .
 ج. 20 cm من الكرة (A) .
 د. 20 cm من الكرة (B) .

أهم التعريفات:

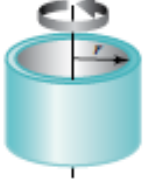
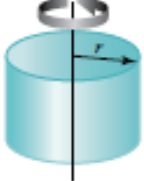


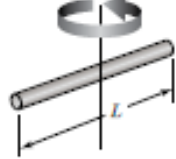
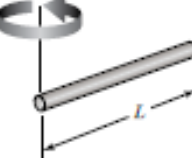
الحركة الدورانية	
العزم	هو الأثر الدوراني الناتج للقوة المؤثرة على جسم حول محور ثابت وهو حاصل ضرب النقطاتي بين بعد نقطة تأثير القوة عن محور الدوران في القوة المؤثرة.
القصور الدوراني	هو ممانعة الجسم لعزم القوة الذي تحاول إحداث تغيير في حالة الجسم الدورانية
قانون نيوتن الثاني في الحركة الدورانية	يتناسب التسارع الزاوي لجسم يتحرك دورانياً حول محور طردياً مع محصلة العزوم المؤثرة فيه وعكسياً مع القصور الدوراني بالنسبة لنفس المحور.
الزخم الزاوي	هو كمية متجهة بنفس اتجاه السرعة الزاوية وهو حاصل ضرب السرعة الزاوية بالقصور الدوراني
قانون حفظ الزخم الزاوي	الزخم الزاوي لجسم أو مجموعة من الأجسام ثابت ما لم تؤثر عليها عزوم دوران خارجية

مقارنة بين الحركة الخطية والحركة الدورانية:

وحدة القياس	الحركة الدورانية		وحدة القياس	الحركة الخطية	
rad/s	$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$	السرعة الزاوية	m/s	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	السرعة الخطية
rad/s^2	$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$	التسارع الزاوي	m/s^2	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	التسارع الخطي
$m \cdot N$	$\tau = I\alpha$	عزم الدوران	N	$\sum F = ma$	القوة المحصلة
J	$K = \frac{1}{2}I\omega^2$	طاقة الحركة الدورانية	J	$K = \frac{1}{2}mv^2$	طاقة الحركة الخطية
$kg \cdot m^2/s$	$L = I\omega$	الزخم الزاوي	$kg \cdot m/s$	$p = mv$	الزخم الخطي

أهم القوانين

$N \cdot m$	$\tau = rF \sin \theta$ $\tau = I\alpha$ $\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$	العزم
$N \cdot m$	$\tau = 2rF \sin \theta$ $\tau = Fd$	عزم الازدواج
$kg \cdot m^2$ $N \cdot m \cdot s^2 / rad$ $J \cdot s^2 / rad$	$I = mr^2$	القصور الدوراني لجسيم نقطي متحرك في مسار دائري
J	$KE = \frac{1}{2} I\omega^2$	الطاقة الحركية الدورانية
$kg \cdot \frac{m^2}{s}$ $kg \cdot \frac{m^2 \cdot rad}{s}$	$L = I\omega$	الزخم الزاوي
-	$L_i = L_f$	قانون حفظ الزخم الزاوي
-	$\omega_f = \omega_i + \alpha t$ $\Delta\theta = \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ $\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha \Delta\theta$	قوانين الحركة الدورانية بتسارع زاوي ثابت

عزم القصور الذاتي	الشكل	موضع محور الدوران	الجسم
$I = mr^2$		يمرُّ بالمركز عمودياً على مستواها.	حلقة رقيقة أو أسطوانة مجوّفة.
$I = \frac{1}{2} mr^2$		يمرُّ بالمركز عمودياً على مستواها.	أسطوانة مُصمّنة منتظمة أو قرص دائري.
$I = \frac{2}{5} mr^2$		يمرُّ بالمركز.	كرة مُصمّنة منتظمة.
$I = \frac{2}{3} mr^2$		يمرُّ بالمركز.	كرة مجوّفة.
$I = \frac{1}{12} mL^2$		عموديٌّ على القضيب ويمرُّ بمتصفه.	قضيبٌ منتظم.
$I = \frac{1}{3} mL^2$		عموديٌّ على القضيب ويمرُّ بطرفه.	قضيبٌ منتظم.

* الجدول ليس للحفظ.

امتحان قدرات

اختر رمز الإجابة الصحيحة مما يلي:

1) إذا مثلت العلاقة بين العزم المؤثر على جسم يتحرك حركة دورانية على محور (y) والتسارع الزاوي على محور (x) فماذا يمثل ميل المنحنى؟

أ) الزخم الزاوي ب) القصور الدوراني ج) السرعة الزاوية د) الطاقة الحركية الدورانية

2) ما القصور الدوراني لأربع كتل نقطية مقدار كل منها (m) موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه (L) عندما يكون محور الدوران ماراً من أحد رؤوس المربع بشكل متعامد على مستواه؟

أ) mL^2 ب) $2mL^2$ ج) $3mL^2$ د) $4mL^2$

3) ما القصور الدوراني لأربع كتل نقطية مقدار كل منها (m) موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه (L) عندما يكون محور الدوران في مركز المربع وعمودياً على المستوى؟

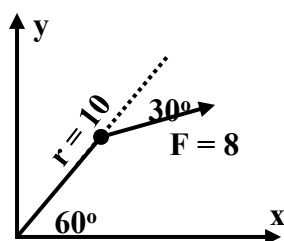
أ) mL^2 ب) $2mL^2$ ج) $3mL^2$ د) $4mL^2$

4) ما القصور الدوراني لأربع كتل نقطية مقدار كل منها (m) موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه (L) عندما يكون محور الدوران يمر من أحد رؤوس المربع وموازياً لأحد أقطاره؟

أ) mL^2 ب) $2mL^2$ ج) $3mL^2$ د) $4mL^2$

5) جسيم نقطي يدور في مسار دائري نصف قطره (r) وقصوره الدوراني (0.25 kg.m^2) فإذا أصبح نصف قطر مساره ($2r$) فإن قصوره الدوراني يصبح بوحدة (kg.m^2):

أ) 0.5 ب) 0.125 ج) 1 د) 0.0625



6) يتحرك جسيم نقطي كتلته (0.4 kg) على سطح أفقي أملس في المستوى (xy) عند لحظة ما كما في الشكل، فما مقدار واتجاه التسارع الزاوي بوحدة (rad/s^2)؟

أ) 172 مع عقارب الساعة ب) 172 عكس عقارب الساعة
ج) 100 عكس عقارب الساعة د) 100 مع عقارب الساعة



7) جسمان (a,b) إذا علمت أن القصور الدوراني ($I_a = 0.25 I_b$) وأن ($L_b = 2 L_a$) فأي الخيارات التالية تكون صحيحة؟

(د) $K_b = 4 K_a$

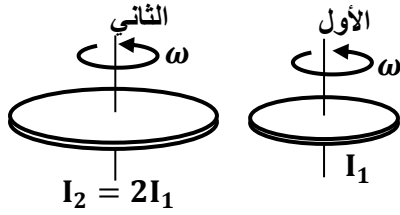
(ج) $K_b = 0.25 K_a$

(ب) $K_b = K_a$

(أ) $K_b = 2 K_a$

8) يبين الشكل المجاور قرصين من مادتين مختلفتين يدوران بنفس السرعة الزاوية حول محور عمودي على

مستوى القرص ويمر بمركزه، ما العلاقة التي تربط الزخم الزاوي للقرص الأول بطاقة الحركة الدورانية للقرص الثاني؟



(ب) $L_1 = \sqrt{\frac{I_1 K E_2}{2}}$

(أ) $L_1 = \sqrt{I_1 K E_2}$

(د) $L_1 = \frac{4}{\sqrt{I_1 K E_2}}$

(ج) $L_1 = \sqrt{2 I_1 K E_2}$

9) جسمان (a,b) فإذا كانت ($\omega_a = 2\omega_b$) وأن ($L_a = 3 L_b$) فما مقدار ($K E_a$)؟

(د) $2 K E_b$

(ج) $K E_b$

(ب) $3 K E_b$

(أ) $6 K E_b$

10) أسطوانة مصممة وإطار دائري لهما الكتلة نفسها، ويدوران بالسرعة الزاوية نفسها حول محور الأسطوانة

الطولي ($X\bar{X}$)، كما هو موضح بالشكل، فإذا كان لهما الطاقة الحركية

الدورانية نفسها، فما النسبة بين نصفي قطريهما ($\frac{r}{R}$)؟

علماً بأن ($I_{\text{إطار}} = m r^2$) ($I_{\text{أسطوانة}} = \frac{1}{2} m r^2$)

(د) $\frac{1}{\sqrt{2}}$

(ج) $\sqrt{2}$

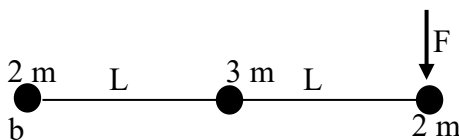
(ب) $\frac{1}{4}$

(أ) 1



11) في الشكل المجاور إذا أثرت قوة مقدارها (F) على مجموعة الأجسام النقطية الموضحة بالشكل فبدأ حركتها

من السكون حول محور دوران يمر بشكل متعامد مع الجسم (b)، فما مقدار التسارع الزاوي للنظام؟



(ب) $\frac{2F}{7mL}$

(د) $\frac{2F}{11mL}$

(أ) $\frac{F}{5mL}$

(ج) $\frac{2F}{5mL}$

12) إذا كان القصور الدوراني لمسطرة مترية طولها 1m وكتلتها 4kg حول محور عمودي عن المركز

($I_1 = \frac{1}{12} M L^2$) والقصور الدوراني لها حول محور عمودي عند الطرف ($I_2 = \frac{1}{3} M L^2$) فما النسبة بين

$I_1 : I_2$

(د) 1:4

(ج) 1:8

(ب) 3:4

(أ) 1:10

13) تدور الأرض حول محورها مرة واحدة يوميًا بسرعة زاوية ω ، افترض أن سرعتها الزاوية أصبحت $\frac{1}{4}\omega$ ، وباعتبار أن كثافة الأرض منتظمة وكتلتها ثابتة، ماذا حدث لقطر الأرض في الحالة الافتراضية علمًا بأن $(I = \frac{2}{5}mr^2)$.

(أ) لم يتغير (ب) أصبح ضعفي ما كان عليه (ج) انكمش الى النصف (د) انكمش للربع

14) ما القصور الدوراني بوحدة (kg.m^2) لأربع كتل متماثلة قيمة الواحدة منها 3kg موضوعة على رؤوس مستطيل أبعاده $(40\text{cm} - 30\text{cm})$ بالنسبة لمحور عمودي عليه في مركزه علمًا بأن $(I = mr^2)$:

(أ) 0.3 (ب) 0.75 (ج) 1.25 (د) 1.75

15) الطاقة الحركية الدورانية لجسم يدور حول محور ثابت تتناسب:

(أ) طرديًا مع السرعة الزاوية للجسم. (ب) عكسيًا مع مربع السرعة الزاوية للجسم.

(ج) طرديًا مع مربع السرعة الزاوية للجسم. (د) عكسيًا مع القصور الدوراني للجسم.

16) يدور إطار عزم الدوراني I بسرعة زاوية ω_1 ، وعندما يوصل بمحور دورانهِ إطار اخر ساكن قصوره الدوراني $3I$ ، ما العلاقة التي تصف السرعة الزاوية للنظام ω_2 :

أ. $\omega_1 = \omega_2$. ب. $\omega_1 = 2\omega_2$. ج. $\omega_1 = 3\omega_2$. د. $\omega_1 = 4\omega_2$.

17) ما القصور الدوراني بوحدة kg.m^2 لأربع كتل متماثلة قيمة الواحدة منها M موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه L بالنسبة لمحور عمودي عليه في مركزه:

(أ) mL^2 (ب) $\sqrt{3}mL^2$ (ج) $2mL^2$ (د) $3mL^2$

18) جسمان A,B إذا كان $(I_B = 2I_A)$ وكان $(L_B = 4L_A)$ فكم تساوي الطاقة الحركية الدورانية (KE_B) :

(أ) $2 KE_A$ (ب) $4 KE_A$ (ج) $8 KE_A$ (د) $16 KE_A$

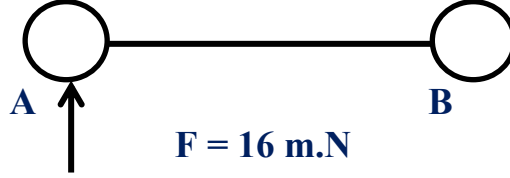
19) جسمان A,B لهما القصور الدوراني نفسه ، فإذا كان $(L_A = 2L_B)$ فإن الطاقة الحركية الدورانية (K_A) تساوي:

(أ) $2 KE_B$ (ب) $4 KE_B$ (ج) $0.5 KE_B$ (د) $0.25 KE_B$

20) تدور نقطة مادية كتلتها 0.1kg بسرعة زاوية 10rad/s على بعد ثابت من محور دوران ، إذا علمت أن القصور الدوراني لها 0.05 kg.m^2 ، فما الزخم الزاوي لها بوحدة $\text{kg.m}^2/\text{s}$:

(أ) 0.25 (ب) 0.05 (ج) 0.5 (د) 5

(21) كتلتان صغيرتان كتلة كل منهما ($m_B = 2g$, $m_A = 4g$) يتصلان بقضيب مهمل الكتلة طولها $1m$ ، احسب التسارع الزاوي حول B الناتج عن قوة مقدارها $16 m.N$ مؤثرة على النقطة A :



11 rad/s² (د)

2.7 rad/s² (ج)

12 rad/s² (ب)

4 rad/s² (أ)

(22) أربعة أجسام كتلتها 50g تقع كل منهما على رؤوس مربع طول ضلعه 20 cm، احسب عزم القصور الذاتي حول مركز المربع :

2.8×10^{-3} (د)

4×10^{-3} (ج)

8×10^{-3} (ب)

1×10^{-3} (أ)

(23) جسم كتلته (m) يدور حول محور ثابت بزخم خلوي مقداره (L). إذا كان عزم القصور الذاتي حول المحور (I) فإن الطاقة الحركية توصف :

$\frac{1}{2} \frac{IL^2}{m}$ (د)

$\frac{1}{2} m L^2$ (ج)

$\frac{1}{2} \frac{L^2}{I}$ (ب)

$\frac{1}{2} I L^2$ (أ)

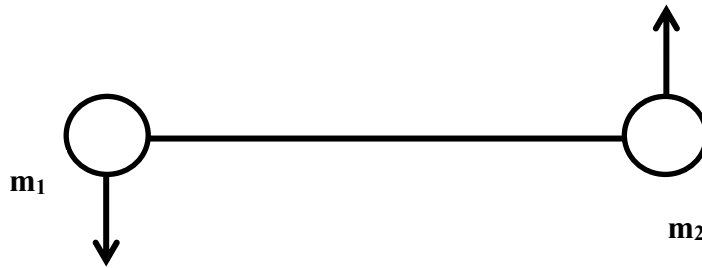
(24) قضيب محمل الكتلة طولها 1 m يرتبط فيه جسمان كتلة كل منهم ($m_2 = 6 kg$, $m_1 = 4 kg$) كما هو موضح في الشكل . يدور النظام حول نقطة تقع في منتصف القضيب . احسب عزم القصور الذاتي حول محور الدوران :

6 (د)

2.5 (ج)

5 (ب)

10 (أ)



10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	البند
ج	أ	أ	ب	د	ج	ج	ب	د	ب	الإجابة

20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	البند
ج	ب	ج	ج	د	ج	ب	ب	د	د	الإجابة

24	23	22	21	البند
ج	ب	ج	أ	الإجابة