

الوحدة الأولى: الميكانيكا

الفصل الأول: الزخم (كمية التحرك) الخطي والدفع

الزخم الخطي

سؤال أفكر صفحة (5): ما العوامل التي تؤثر في إيقاف كرة مندفة تجاهي؟ كتلة الكرة وسرعتها التي تتحرك بها.

سؤال أناقش صفحة (5):

- 1) ما وحدة قياس الزخم في النظام الدولي؟ وحدة الزخم في النظام الدولي: $J.s/m$ ، $N.s$ ، $kg.m/s$
- 2) ما العوامل التي يعتمد عليها الزخم؟ يعتمد الزخم على كل من كتلة الجسم وسرعته $(P = mV)$.
- 3) أثبت أن $\frac{J.s}{m}$ هي وحدة قياس للزخم؟ (الرجاء يكتفي بـ $\frac{kg.m^2}{s^2}$)

$$\rightarrow \frac{J.s}{m} = \frac{kg.m^2}{s^2} \cdot \frac{s}{m} = \frac{kg.m}{s}$$
- 4) ما العلاقة بين زخم الجسم وطاقته الحركية؟ باستخدام قانون الطاقة الحركية $K = \frac{1}{2} m V^2$ وبضرب كلا من البسط والمقام في m ينتج:

$$\rightarrow K = \frac{1}{2} \frac{m^2 V^2}{m} = \frac{p^2}{2m}$$

سؤال الكتاب صفحة (6): مركبتان متساويتان في الكتلة وسرعة إحداهما ضعفا سرعة الأخرى أيهما تحتاج قوة أقل لإيقافها في نفس الفترة الزمنية ولماذا؟

$$F_1 = m a_1 \rightarrow F_1 = \frac{m(0 - V)}{\Delta t} \rightarrow F_1 = \frac{-mV}{\Delta t}$$

$$F_2 = m a_2 \rightarrow F_2 = \frac{m(0 - 2V)}{\Delta t} \rightarrow F_2 = \frac{-2mV}{\Delta t} \rightarrow F_2 = 2 F_1$$

أي أن المركبة التي سرعتها أقل تحتاج لقوة أقل لإيقافها. (هذا السؤال مقدمة لنظرية الدفع - الزخم: العلاقة طردية بين الزخم والسرعة بثبات الكتلة، وهذا يعني كلما زادت سرعة المركبة كلما زاد زخمها بالتالي احتاجت إلى قوة أكبر لإيقافها).

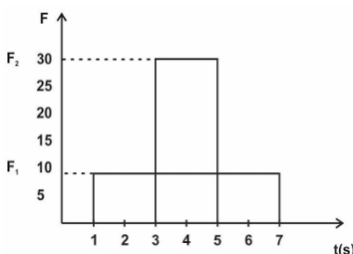
الدفع

أناقش صفحة (7): (1) ما وحدة قياس الدفع؟

- وحدة الدفع في النظام الدولي: $J.s/m$ ، $kg.m/s$ ، $N.s$ (نفس وحدات قياس الزخم الخطي)
- 2) ما العوامل التي يعتمد عليها الدفع؟ يعتمد الدفع على كل من القوة، وزمن تأثيرها.
- 3) بين أن وحدة الدفع هي وحدة الزخم نفسها؟ (النيوتن يكتفي بـ $\frac{kg.m}{s^2}$)

$$\rightarrow N.s = \frac{kg.m}{s^2} . s = \frac{kg.m}{s}$$
- 4) أذكر أمثلة أخرى على قوة تكسب الأجسام دفعا؟ قوة الجاذبية الأرضية، قوة الشد في النابض أو الحبل.

نشاط صفحة (8): معتمداً على بيانات الشكل (1-3) أكمل ما يلي:



- 1) دفع القوة F_1 : $I_1 = F_1 \Delta t_1 \rightarrow I_1 = (10)(7 - 1) \rightarrow I_1 = 60 N.s$
- 2) زمن تأثير القوة F_1 : 6 sec
- 3) دفع القوة F_2 : $I_2 = F_2 \Delta t_2 \rightarrow I_2 = (30)(5 - 3) \rightarrow I_2 = 60 N.s$
- 4) زمن تأثير القوة F_2 : 2 sec
- 5) ماذا تستنتج: إذا كان للقوتين الدفع نفسه فإن زمن تأثير القوة الكبرى أقل منه للقوة الصغرى (أي أن القوة تتناسب عكسياً مع الزمن عند ثبات الدفع)

سؤال الكتاب صفحة (8): لماذا يلجأ سائق سيارة إلى الضغط على الفرامل لفترات زمنية متتالية حتى تتوقف

السيارة عند الاقتراب من مفترق طرق أو إشارة ضوئية؟ يقوم بذلك لزيادة زمن تأثير القوة على الفرامل مما يقلل من القوة المؤثرة اللازمة لإيقاف السيارة تدريجياً. (لأن القوة تتناسب عكسياً مع الزمن عند ثبات الدفع).

نظرية الدفع - الزخم

سؤال الكتاب صفحة (9):

- 1) مستخدماً نظرية الدفع - الزخم، بين أهمية تزويد المركبات الحديثة بوسادات هوائية (Air Bages)؟
عند التصادم تنتفخ الوسادة وتلتصق بجسم السائق لتعمل على زيادة زمن التصادم بين السائق وأجزاء المركبة مما يقلل من القوة التي تؤثر عليه لأن القوة تتناسب عكسياً مع الزمن عند ثبات الدفع. وكذلك تقوم الوسادة بتوزيع القوة على مساحة أكبر من جسم السائق للتخفيف من شدة الصدمة.
- 2) كيف يحدث تغير في زخم الجسم؟ أعط أمثلة وشواهد من الحياة.
يحدث تغير في زخم الجسم بتغير مقدار سرعته أو اتجاهها أو كليهما وذلك عن طريق التأثير عليه بقوة. وكذلك يتغير زخم الجسم إذا تغيرت كتلته. وذلك مثل الحالات الآتية: قوة محرك السيارة تؤدي إلى زيادة السرعة وقوة الفرامل تؤدي إلى تقليل السرعة. ضرب اللاعب لكرة تتحرك نحوه يُغيّر مقدار سرعتها واتجاهها وبالتالي يتغير زخمها. سيارة رش المياه تتغير كتلتها بسبب نقصان الماء فيها فينقص زخمها.

حفظ الزخم

سؤال الكتاب صفحة (11): انفجر جسم ساكن إلى جزأين، كتلة الأول مثلي كتلة الثاني. إذا كانت الطاقة الحركية الناتجة عن الانفجار تساوي 7500 J، ما الطاقة الحركية التي يكتسبها كل منهما؟
الحل: النظام مغلق ومعزول.

$$m_1 = 2 m_2, K_{1f} + K_{2f} = 7500 \text{ J}$$

$$\vec{\Sigma P}_i = \vec{\Sigma P}_f \rightarrow 0 = P_{1f} + P_{2f} \rightarrow 0 = P_{1f} + P_{2f} \rightarrow P_{2f} = -P_{1f}$$

$$\sqrt{2 m_2 K_{2f}} = -\sqrt{2 m_1 K_{1f}} \rightarrow 2 m_2 K_{2f} = 2 m_1 K_{1f} \rightarrow m_2 K_{2f} = 2 m_2 K_{1f}$$

$$K_{2f} = 2 K_{1f}, K_{1f} + K_{2f} = 7500 \rightarrow K_{1f} + 2 K_{1f} = 7500 \rightarrow 3 K_{1f} = 7500 \rightarrow K_{1f} = 2500 \text{ J}$$

$$K_{2f} = 5000 \text{ J}.$$

أسئلة الفصل الأول

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1) أي الكميات الآتية تمثل (المعدل الزمني للتغير في الزخم)؟

- (أ) الدفع (ب) الشغل (ج) القوة (د) التسارع
- التعريف موجود في الكتاب صفحة 9، الإجابة (ج).

2) ما مقدار الدفع على الحائط عند اصطدام جسم كتلته 2 kg يتحرك أفقياً بسرعة 4 m/s بحائط وارتداده بنفس السرعة بوحدة (N.s) باتجاه معاكس لحركته؟

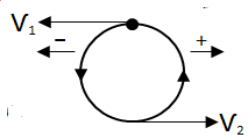
- (أ) 8 (ب) 16 (ج) 0 (د) 32
- الحل: $\vec{\Delta P} = m \vec{\Delta V} \rightarrow I = m (V_f - V_i) = 2 (4 - -4) = 16 \text{ N.s.}$ الإجابة (ب)

3) إذا مثلت العلاقة بيانياً بين الزخم لجسم على المحور الصادي والزمن على المحور السيني، ماذا يمثل ميل المنحني:

- (أ) الزخم (ب) مقلوب الدفع (ج) الطاقة الحركية (د) القوة
- الحل: $\text{slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$ وحسب العلاقة $I = \Delta P = F \Delta t$ يكون الميل مساوياً لمقدار القوة أو محصلة القوى المؤثرة، الإجابة (د).

4) جسم كتلته 0.5 kg سقط من السكون من ارتفاع 180 cm عن سطح الأرض، ما مقدار زخمه عند وصوله الأرض بوحدة (kg.m/s)؟

- (أ) 5 (ب) 6 (ج) 3 (د) 9
- الحل: حسب قانون حفظ الطاقة الميكانيكية:
- $$U = KE \rightarrow mgh = \frac{1}{2} m V^2$$
- الإجابة (ج)، $V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(10)(1.8)} = 6 \text{ m/s}$, $P = m V = 0.5(6) = 3 \text{ kg.m/s}$



5) يدور قمر صناعي حول الأرض فإذا كانت كتلته (m) ومقدار سرعته (V) ثابت، ما مقدار التغير في زخمه لدى اجتيازه نصف المدار حول الأرض؟

- أ) 0 ب) $\frac{1}{2} m V$ ج) $m V$ د) $2 m V$

الحل: (الطرح هنا طرح متجهي) $\Delta \vec{P} = m \Delta \vec{V} = m (V_2 - V_1)$

الإجابة (د) $\Delta \vec{P} = m (V - (-V)) = 2 m V$

6) جسم كتلة 4 kg يتحرك بسرعة 2 m/s أثرت عليه قوة 8 N بنفس اتجاه حركته لمدة 5 s، كم يصبح مقدار زخمه بوحدة (kg.m/s)؟

- أ) 32 ب) 8 ج) 40 د) 48

الحل: الإجابة (د) $I = F \Delta t = \Delta \vec{P} = P_f - P_i \rightarrow 8(5) = P_f - 4(2) \rightarrow P_f = 40 + 8 = 48 \text{ Kg.m/s}$

7) كرة كتلتها 0.2 kg تقترب أفقياً من مضرب لاعب بسرعة 40 m/s وترتد عنه بالاتجاه المعاكس بسرعة 50 m/s إذا دام التلامس 0.2 s، فكم يساوي مقدار متوسط القوة التي يؤثر بها المضرب على الكرة بوحدة N؟

- أ) 18 ب) 10 ج) 90 د) 2

الحل: الإجابة (ج) $I = F \Delta t = \Delta \vec{P} = P_f - P_i \rightarrow F = \frac{m (V_f - V_i)}{\Delta t} = \frac{0.2 (50 - (-40))}{0.2} = 90 \text{ N}$

8) في منحنى (القوة - الزمن)، ماذا تمثل المساحة تحت المنحنى:

- أ) التغير في السرعة ب) التسارع ج) الدفع د) الزخم

الحل: المساحة تحت المنحنى تساوي حاصل ضرب الكميات الفيزيائية على المحاور. أي أن: $\text{Area} = F \Delta t = I$ ، الإجابة (ج).

9) إذا دفع رجل كتلته 70 kg يقف على أرض جليدية أفقية ولدأ ساكناً كتلته 50 kg، فكم يساوي التغير في زخم الرجل والولد معاً بوحدة (kg.m/s)؟

- أ) 0 ب) 100 ج) 140 د) 240

الحل: الزخم كمية محفوظة أي أن: $\Sigma \vec{P}_f = \Sigma \vec{P}_i$ لذلك التغير في الزخم: $\Delta P = \Sigma P_f - \Sigma P_i = 0$ ، الإجابة (أ).

10) إذا علمت مقدار الدفع المؤثر على جسم كتلته (m)، فأى مما يأتي تستطيع حسابه؟

- أ) سرعته الابتدائية ب) سرعته النهائية ج) تسارعه د) التغير في سرعته

الحل: $I = \Delta P = m \Delta V$ ، لا يمكن إيجاد أي من سرعتيه الابتدائية والنهائية دون معرفة مقدار أحدهما على الأقل، وكذلك تسارعه لا يمكن حسابه دون معرفة محصلة القوى المؤثرة على الجسم، الإجابة (د).

11) قذيفة كتلتها 2 kg انطلقت أفقياً بسرعة 200 m/s من فوهة مدفع ساكن كتلته 500 kg، ما سرعة ارتداد المدفع بوحدة (m/s)؟

- أ) 1.25 ب) 0.75 ج) 0.8 د) 2.5

الحل: اتجاه سرعة القذيفة بعد انطلاقها معاكس لاتجاه سرعة المدفع:

الإجابة (ج) $\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow 0 = m_1 V_1 + m_2 V_{2f} \rightarrow 2(200) + 500(-V_f) = 0 \rightarrow V_f = 0.8 \text{ m/s}$

س2: وضح المقصود بكل من:

الزخم: هو كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته ويكون اتجاهها باتجاه السرعة.
الدفع: هو كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب متوسط القوة في زمن تأثيرها على الجسم واتجاهه باتجاه القوة.

النظام المعزول: هو النظام الذي تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الأجسام تساوي صفراً، وتكون القوى المؤثرة فيه هي القوى المتبادلة بين الأجسام.

س3: علل: (1) تنكسر بيضة نيئة إذا سقطت من ارتفاع ما باتجاه أرض صلبة من الإسمنت وقد لا تنكسر البيضة نفسها إذا وقعت على أرض رملية من نفس الارتفاع.
على الأرض الصلبة يكون زمن التصادم صغيراً جداً فتتأثر البيضة بقوة دفع كبيرة فتتنكسر أما على أرضية الرمل فيكون زمن التصادم أكبر فتقل القوة الدفع المؤثرة على البيضة وعندها قد لا تنكسر. (بحسب العلاقة: $\Sigma F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m \Delta V}{\Delta t}$).

(2) تكون مواسير بنادق الصيد طويلة؟

حتى يزداد زمن تأثير الانفجار على القذيفة (زمن تأثير قوة الدفع) فيصبح الدفع أكبر مما يزيد من زخم القذيفة فتنتقل بسرعة أكبر وتصل إلى مدى أبعد.

(3) سرعة ارتداد المدفع أقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة؟

بحسب العلاقة $P = m V$ تتناسب سرعة ارتداد المدفع عكسياً مع كتلته، وحيث أن كتلة المدفع أكبر بكثير من كتلة القذيفة فهذا يعني أن سرعة ارتداده أقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة حسب قانون حفظ الزخم.

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow 0 = m_1 V_1 - m_2 V_2 \rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{V_{2f}}{V_{1f}} \quad (m_2 \gg m_1 \text{ then } V_{2f} \ll V_{1f})$$

س4: أثرت قوة مقدارها 15 N في جسم، ودام تأثيرها 7 s، احسب:

(أ) الدفع الذي أثر في الجسم.

(ب) الزمن اللازم لقوة مقدارها 1.5 N تؤثر في الجسم ويكون لها نفس دفع القوة الأولى.

$$I = F \Delta t = 15 \times 7 = 105 \text{ N.s}$$

(الـحل: أ)

$$105 = F' \Delta t' \rightarrow 105 = 1.5 \Delta t' \rightarrow \Delta t' = 70 \text{ sec}$$

(ب)

س5: ضرب لاعب كرة سلة كتلتها 0.6 kg، فانطلقت بسرعة 15 m/s احسب:

(أ) التغير في زخم الكرة.

(ب) متوسط القوة التي أثر بها اللاعب على الكرة إذا دام التلامس 0.06 s.

(الـحل: أ) الكرة كانت ساكنة، سرعتها الابتدائية تساوي صفر وسرعتها النهائية هي المعطاة في السؤال.

$$\Delta \vec{P} = m V_2 - m V_1 = 0.6(15) - 0 = 9 \text{ N.s}$$

$$I = F \Delta t = \Delta \vec{P} \rightarrow F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{9}{0.06} = 150 \text{ N}$$

(ب)

س6: أثرت قوة لمدة 0.6 s على جسم، فازداد زخمه بمقدار 12 Kg.m/s احسب متوسط القوة المؤثرة.

$$P_2 = P_1 + 12 \rightarrow \Delta P = 12 = I = F \Delta t \rightarrow F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{12}{0.6} = 20 \text{ N}$$

الـحل:

س7: سائق سيارة كتلته 80 kg يقود سيارة بسرعة 25 m/s شاهد حيواناً على الطريق، فضغط على الكوابح، ليتفادى الاصطدام بالحيوان، فاندفع إلى الأمام إلا أن حزام الأمان أوقفه عن الحركة خلال 0.5 s، أجب عما يأتي:

1. ما متوسط القوة التي أثر بها حزام الأمان في السائق؟

2. ما متوسط القوة التي سيؤثر بها المقود في السائق عند ارتطامه به خلال 0.001 s في حالة عدم وضع حزام الأمان؟

3. ماذا تستنتج من خلال اجابتك عن الفرعين السابقين؟

(الـحل: 1)

$$I = F \Delta t = \Delta \vec{P} = m V_2 - m V_1 \rightarrow F (0.5) = 0 - 80(25) \rightarrow F = -4000 \text{ N}$$

الإشارة السالبة تدل على أن القوة المؤثرة هي بعكس اتجاه حركة السيارة.

$$I = F \Delta t = \Delta \vec{P} = m V_2 - m V_1 \rightarrow F (0.001) = 0 - 80(25) \rightarrow F = -2 \times 10^6 \text{ N}$$

(2)

(3) نستنتج أن حزام الأمان له دور في زيادة زمن التصادم وبالتالي تقليل القوة مما يؤدي إلى نقصان الضرر الناتج.

س8: تسير سيارة كتلتها 600 kg بجانب متسابق وبسرعة 9 km/h، إذا كانت كتلة المتسابق 60 kg:

- ما مقدار زخم كل من السيارة والمتسابق؟

- هل يمكن أن يركض المتسابق بحيث يكون له زخم السيارة نفسه؟ علل اجابتك.

الـحل: سرعة المتسابق مساوية لسرعة سيارة السباق لأنهما بمحاذاة بعضهما البعض، وتكون سرعتهم بالنظام

$$V_{1i} = 9 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{9 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}$$

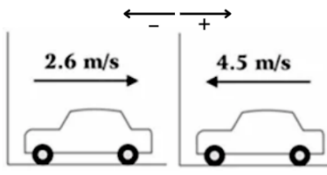
الدولي تساوي:

$$P_1 = m_1 V_1 = 600(2.5) = 1500 \text{ kg.m/s} \quad \text{للسيارة}$$

المطلوب الأول:

للمتسابق: $P_2 = m_2 V_2 = 60(2.5) = 150 \text{ kg.m/s}$

المطلوب الثاني: حتى يكون للمتسابق نفس زخم السيارة: $P_1 = P_2 \rightarrow 1500 = 60 V_2 \rightarrow V_2 = 25 \text{ m/s}$ لا يمكن لأي شخص كان أن يجري بهذه السرعة لذلك من غير الممكن أن يتساوى زخمهما.

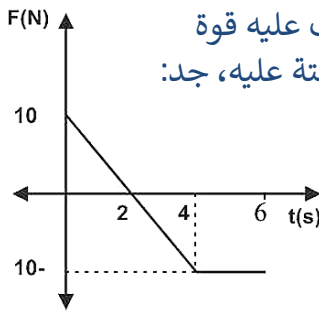


س9: في الشكل تقترب سيارة كتلتها 1600 kg من جدار وترتد عنه في الاتجاه المعاكس، فما: 1. التغير في زخم السيارة. 2. الطاقة الحركية المفقودة.

(الحل: 1) $\Delta P = P_2 - P_1 = m (V_2 - V_1)$ (الطرح متجهي)

$\Delta P = 1600 (2.6 - 4.5) = 11360 \text{ kg.m/s}$

$\Delta K = K_i - K_f = \frac{1}{2} m (V_i^2 - V_f^2) = \frac{1}{2} (1600) (4.5^2 - 2.6^2) = 10792 \text{ J}$ (2)



س10: جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) على سطح أفقي أملس، أثرت عليه قوة متغيرة، مثلت بيانيا مع الزمن كما في الشكل المجاور، بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه، جد:

1. دفع القوة خلال 4 s ، 6 s

2. أكبر سرعة يمكن أن يمتلكها الجسم.

3. زمن توقف الجسم.

4. متوسط القوة المؤثرة من بداية تأثيرها وحتى سكون الجسم.

(الحل: 1) خلال 4 s : $I = I_{0 \rightarrow 2} + I_{2 \rightarrow 4} = \frac{1}{2} (2)(10) + \frac{1}{2} (2)(-10) = 0$

خلال 6 s :

$I = (I_{0 \rightarrow 2} + I_{2 \rightarrow 4}) + I_{4 \rightarrow 6} = 0 + (6 - 4)(-10) = -20 \text{ N.s}$

(2) قبل البدء بحل هذا الفرع لا بد من معرفة أنه إذا كان اتجاه القوة بنفس اتجاه الحركة (أي أن القوة موجبة) فإن هذه القوة تعمل على زيادة سرعة الجسم. أما إذا كانت القوة بعكس اتجاه الحركة (أي أن القوة سالبة) فإن هذه القوة تعمل على إنقاص سرعة الجسم، وعليه تكون أكبر سرعة يمتلكها الجسم عند نهاية تأثير القوة الموجبة، أي عندما $t = 2 \text{ s}$.

$I_{0 \rightarrow 2} = \frac{1}{2} (2)(10) = 10 \rightarrow \Delta P = 10 = m (V_2 - V_1) \rightarrow 10 = 2 (V_2 - 5) \rightarrow V_2 = 10 \text{ m/s}$

(3) في العلاقة البيانية بين القوة والزمن تمثل المساحة بين المنحنى ومحور الزمن مقدار الدفع (المساحة فوق محور السينات موجبة أي أن الدفع موجب، وتحت محور السينات سالبة أي أن الدفع سالب). لإيجاد زمن توقف الجسم نحسب أولاً الدفع اللازم لإيقافه بإيجاد التغير في الزخم بدءاً بزمن تكون السرعة عنده معلومة إلى الزمن المراد إيجاده (زمن التوقف عندما $V_2 = 0$). ثم نقارن ذلك بالمساحة بين الزمنين لإيجاد زمن التوقف.

$I_{0 \rightarrow t} = \Delta P = m \Delta V = m (V_2 - V_1) = 2 (0 - 5) = -10 \text{ N.s}$

نفرض أن زمن التوقف هو t'

$-10 = (I_{0 \rightarrow 2} + I_{2 \rightarrow 4}) + I_{4 \rightarrow t'} \rightarrow -10 = (0) + (t' - 4)(-10) \rightarrow 1 = t' - 4 \rightarrow t' = 5 \text{ sec}$

$I_{2 \rightarrow t'} = m \Delta V = 2 (0 - 10) = -20 \text{ N.s}$

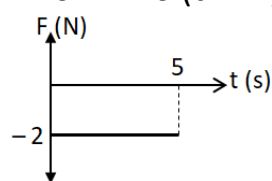
أو:

$-20 = I_{2 \rightarrow 4} + I_{4 \rightarrow t'} \rightarrow -20 = -10 + I_{4 \rightarrow t'} \rightarrow I_{4 \rightarrow t'} = -10 \text{ N.s}$

$-10 = -10 (t' - 4) \rightarrow 1 = t' - 4 \rightarrow t' = 5 \text{ sec}$

(4) المطلوب حتى سكون الجسم أي حتى $t = 5$ وكنا قد أوجدنا مقدار الدفع في الفرع السابق $I_{0 \rightarrow 5} = -10 \text{ N.s}$

$I_{0 \rightarrow 5} = F_{ave} \Delta t \rightarrow -10 = F_{ave} (5) \rightarrow F_{ave} = -2 \text{ N}$



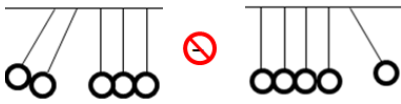
الفصل الثاني: التصادمات

أنواع التصادمات

- سؤال أناقش صفحة 17: 1.** ما أشكال فقدان الطاقة الحركية نتيجة التصادم؟
قد تتحول إلى طاقة حرارية وطاقة صوتية وطاقة داخلية تستخدم في تغيير شكل الأجسام المتصادمة.
- 2.** علام يعتمد مقدار الطاقة الحركية المفقودة نتيجة التصادم؟
يعتمد على كتل الأجسام المتصادمة وطبيعتها من حيث المرونة وسرعاتها قبل التصادم.
- 3.** أذكر أمثلة من الحياة اليومية على أنواع التصادم محدداً نوعه بناء على ما سبق.
تصادم الرصاصة بالهدف هو تصادم غير مرن وإذا استقرت فيه يكون تصادم عديم المرونة، وكذلك التصادم بين السيارات يكون تصادم غير مرناً أيضاً، تصادم كرات البلياردو يُعد أيضاً تصادم غير مرناً. من الأمثلة على التصادمات المرنة: التصادمات بين الجسيمات الذرية، ويمكن اعتبار بعض التصادمات مرنة بالتقريب مثل تصادم جزيئات الغاز أو تصادم الكرات الزجاجية أو الفولاذية.

التصادم المرن

سؤال أفكر صفحة 21: حينما تصادم كرة بمجموعة كرات ساكنة تماثلها في الكتلة. لماذا لا تندفع كرتان أو أكثر؟ لاحظ الشكل.



لأنه لو اندفعت كرتان أو أكثر من الطرف الآخر لما كان كل من الزخم الخطي والطاقة الحركية محفوظان معا في نفس الوقت حسب قانوني حفظ الزخم والطاقة الحركية في التصادم المرن.

سؤال أناقش صفحة 21: - ما العلاقة بين الدفع الذي يسببه كل من الجسمين في الآخر؟
أثناء التصادم يكون الدفع المتبادل بين الأجسام متساوياً مقداراً ومتعاكساً اتجاهياً وذلك حسب قانون نيوتن الثالث
($F_{12} = -F_{21} \rightarrow F_{12} \Delta t = -F_{21} \Delta t \rightarrow I_1 = -I_2$)
- لماذا نُعبر عن القوة المتبادلة بين الجسمين بمتوسط القوة بينهما أثناء التصادم؟ لأن القوة المتبادلة أثناء التصادم تكون متغيرة فتبدأ من الصفر ثم تزداد وتصل أكبر قيمة لها بعد ذلك تبدأ بالتناقص حتى تنعدم.

سؤال الكتاب صفحة 21: كرة كتلتها 0.4 kg وسرعتها 3 m/s تصادم تصادمياً مرناً وبشكل مباشر مع كرة أخرى ساكنة كتلتها 0.6 kg جد سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة.

الحل: $\vec{\Sigma P}_i = \vec{\Sigma P}_f \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$

$0.4 (3) + 0 = 0.4 V_{1f} + 0.6 V_{2f} \rightarrow 1.2 = 0.4 V_{1f} + 0.6 V_{2f} \dots\dots\dots(1)$

$V_{12i} = -(V_{12f}) \rightarrow V_{1i} - V_{2i} = -(V_{1f} - V_{2f}) \rightarrow 3 - 0 = -V_{1f} + V_{2f} \rightarrow 3 = -V_{1f} + V_{2f} \dots\dots\dots(2)$

نضرب المعادلة رقم (2) ب 0.4 ونجمع المعادلتين:

$1.2 = 0.4 V_{1f} + 0.6 V_{2f}$

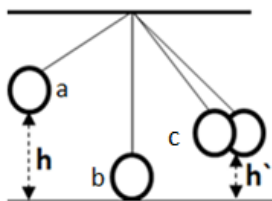
$+ \quad 1.2 = -0.4 V_{1f} + 0.4 V_{2f}$

$2.4 \text{ m/s} = V_{2f}$

$3 = -V_{1f} + 2.4 \rightarrow V_{1f} = -0.6 \text{ m/s}$

بتعويض V_{2f} في المعادلة (2):

التصادم عديم المرونة



سؤال الكتاب صفحة 24: أثبت العلاقة $h' = \frac{1}{4} h$ رياضياً.

نجد سرعة الكرة الأولى قبل التصادم V_{1i} :

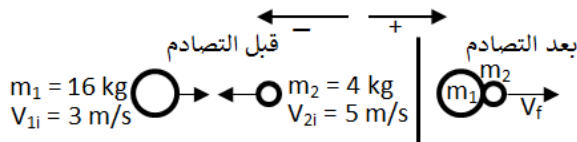
$U_a = K_b \rightarrow mgh = \frac{1}{2} m V_{1i}^2 \rightarrow V_{1i} = \sqrt{2gh}$

$\vec{\Sigma P}_i = \vec{\Sigma P}_f \rightarrow m V_{1i} + 0 = (m + m) V_f \rightarrow m V_{1i} = 2 m V_f \rightarrow V_f = \frac{1}{2} V_{1i}$

$K_b = U_c \rightarrow \frac{1}{2} (2m) V_f^2 = 2mgh' \rightarrow V_f^2 = 2gh' \rightarrow V_f = \sqrt{2gh'}$ بعد التصادم:

$V_f = \frac{1}{2} V_{1i} \rightarrow \sqrt{2gh'} = \frac{1}{2} \sqrt{2gh} \rightarrow 2gh' = \frac{1}{4} (2gh) \rightarrow h' = \frac{1}{4} h$

سؤال الكتاب صفحة 26: يتحرك جسم كتلته 16 kg في الاتجاه السيني الموجب بسرعة 3 m/s، ويتحرك



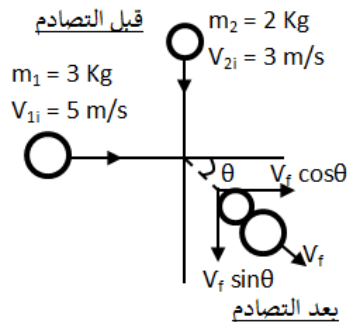
جسم آخر كتلته 4 kg في الاتجاه السيني السالب بسرعة 5 m/s يصطدم الجسمان بشكل مباشر، ويلتصمان، جد سرعتهما بعد الاصطدام مباشرة.
الحل:

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2) V_f$$

$$16(3) + 4(-5) = (16 + 4) V_f \rightarrow 28 = 20 V_f \rightarrow V_f = 1.4 \text{ m/s (X+)}$$

سؤال الكتاب صفحة 27: كرة كتلتها 3 kg تتحرك بسرعة 5 m/s نحو المحور السيني الموجب، فتصطدم

بكرة أخرى كتلتها 2 kg متحركة بسرعة 3 m/s تجاه المحور الصادي السالب، إذا التحتما معاً، جد مقدار واتجاه سرعتهما بعد الاصطدام مباشرة.



$$\Sigma P_{xi} = \Sigma P_{xf} \rightarrow m_1 V_{1xi} + 0 = (m_1 + m_2) V_{xf}$$

$$\rightarrow 3(5) = (3 + 2) V_f \cos \theta \rightarrow 15 = 5 V_f \cos \theta \dots\dots(1)$$

$$\Sigma P_{yi} = \Sigma P_{yf} \rightarrow 0 - m_2 V_{2yi} = (m_1 + m_2) (-V_{yf})$$

$$2(3) = (3 + 2) V_f \sin \theta \rightarrow 6 = 5 V_f \sin \theta \dots\dots(2)$$

يمكننا إيجاد الزاوية بطريقتين: الأولى بقسمة المعادلة (2) على (1):

$$\frac{6}{15} = \frac{5 V_f \sin \theta}{5 V_f \cos \theta} \rightarrow \frac{2}{5} = \tan \theta \rightarrow \theta = 21.8^\circ$$

$$15 = 5 V_f \cos 21.8 \rightarrow V_f = 3.23 \text{ m/s}$$

$$225 = 25 V_f^2 \cos^2 \theta$$

$$+ 36 = 25 V_f^2 \sin^2 \theta$$

$$261 = 50 V_f \rightarrow V_f = 3.23 \text{ m/s, بالتعويض في احدى المعادلتين, } \theta = 21.8^\circ$$

بتعويض $\theta = 21.8^\circ$ في المعادلة (1):

الثانية: نربع المعادلتين ونجمعهما:

أسئلة الفصل الثاني

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. تدافع صديقان في صالة 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 إن التغير في زخم للصديقين معاً بوحدة (kg.m/s):

(د) 0

(ج) 1050

(ب) 330

(أ) 165

$$\Delta P = \vec{\Sigma P_f} - \vec{\Sigma P_i}$$

الحل: المطلوب التغير في زخم النظام:

النظام هنا مغلق ومعزول لذلك الزخم محفوظ أي أن: $\vec{\Sigma P_f} = \vec{\Sigma P_i}$ بالتالي: $\Delta P = 0$ ، الإجابة (د).

2. في الشكل المجاور (A,B,C) ثلاث كرات زجاجية متماثلة. إذا تحركت الكرة (A) بسرعة مقدارها 6 m/s نحو



الكرتين (B,C) الساكنتين والمتلامستين فاصطدمت بالكرة (B) تصادماً مرناً

– بإهمال الاحتكاك – فإنه بعد التصادم مباشرة:

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

(ب) تسكن الكرتان (A) و (B) وتتحرك الكرة (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

الحل: من شرح تجربة كرات نيوتن المطروحة في سؤال أفكر صفحة 21، الإجابة (أ).

3. إذا ركل رجل فضاء حجراً صغيراً وهو في الفضاء الخارجي، أي العبارات الآتية صحيحة:
 أ) يتحرك رائد الفضاء والحجر بنفس السرعة ولكن باتجاهين متعاكسين.
 ب) يتحرك رائد الفضاء والحجر بسرعتين مختلفتين مقداراً ولكن بالاتجاه نفسه.
 ج) يتحرك رائد الفضاء بسرعة أقل من سرعة الحجر وباتجاه معاكس لحركة الحجر.
 د) لا يتحرك أي منهما.

الحل: الزخم محفوظ $\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow 0 = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f} \rightarrow m_1 V_{1f} = -m_2 V_{2f}$
 الإشارة السالبة تعني أن اتجاه سرعة كل منهما معاكس للآخر. وبحسب العلاقة $P = m V$ تتناسب سرعة رائد الفضاء عكسياً مع كتلته، ولأن كتلة رائد الفضاء أكبر من كتلة الحجر فإن سرعة ارتداده أقل من سرعة الحجر حسب قانون حفظ الزخم، الإجابة (ج).

4. جسمان A، B لهما نفس الكتلة إذا كان زخم A مثلي زخم B فإن:

أ) $K_A = 2 K_B$ ب) $K_A = 4 K_B$ ج) $K_A = \frac{1}{2} K_B$ د) $K_A = \frac{1}{4} K_B$
 الحل: $m_A = m_B = m, P_A = 2 P_B \rightarrow \sqrt{2 m K_A} = 2 \sqrt{2 m K_B}$
 بتربيع الطرفين واختصار $2m$ من طرفي المعادلة: $K_A = 4 K_B$ الإجابة (ب).

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

أ) $\frac{1}{2} m V^2$ ب) $\frac{1}{4} m V^2$ ج) $\frac{3}{4} m V^2$ د) $m V^2$
 الحل: $\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow m V + 0 = (m + m) V_f \rightarrow V_f = \frac{1}{2} V$
 الإجابة (ب) $\Delta K = \Sigma K_i - \Sigma K_f = \frac{1}{2} m V^2 - \frac{1}{2} (2m) V_f^2 = \frac{1}{2} m V^2 - \frac{1}{4} m V^2 = \frac{1}{4} m V^2$

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) صفر
 الحل: الطاقة الحركية في التصادم غير المرن لا تكون محفوظة أي أن الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم تكون أقل من الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم لذلك حاصل قسمتهما سيكون أكبر من واحد، الإجابة (ج).

7. أي الكميات الفيزيائية تبقى محفوظة دائماً في أي عملية تصادم في نظام معزول؟

أ) طاقة الحركة ب) الزخم ج) السرعة د) الطاقة الميكانيكية
 الإجابة (ب) حسب قانون حفظ الزخم الخطي.

8. عندما يصطدم جسمان مختلفان في الكتلة فإن الدفع الذي يؤثر به كل جسم على الآخر:

أ) متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه لكل أنواع التصادمات.
 ب) متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات المرنة فقط.
 ج) متساو لكل أنواع التصادمات.
 د) متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات عديمة المرونة فقط.
 الحل: الزخم محفوظ في كل أنواع التصادمات

الإجابة (أ) $\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow P_{1i} + P_{2i} = P_{1f} + P_{2f} \rightarrow \Delta P_1 = -\Delta P_2 \rightarrow I_1 = -I_2$

9. أي العبارات 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 المتصادمان.
(د) الزخم للنظام محفوظ.
- الحل: الخيار (أ) صحيح حتى يحدث التصادم يجب أن يتحرك أحد الجسمين على الأقل باتجاه الآخر. الخيار (ب) خاطئ لأن الطاقة الحركية محفوظة فقط في التصادمات المرنة. الخيار (ج) صحيح قد لا يحدث تلامس بين الأجسام المتصادمة كما هو الحال عند تنافر جسمين متشابهين في الشحنة أو قطبي مغناطيسين متماثلين. الخيار (د) صحيح لمعرفة أن الزخم محفوظ في النظام المغلق والمعزول لجميع أنواع التصادمات، الإجابة (ب).

10. اصطدم جسم A كتلته 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 من الكرة.
(ب) يكون أكبر للكرة منه للجسم A.
(ج) متساو في المقدار متعاكس في الاتجاه.
(د) متساو لكل منهما مقدراً فقط.
- الحل: من تفسير فرع 8 من هذا السؤال ولأننا نعلم أن الدفع مساوٍ للتغير في الزخم فإن الإجابة الصحيحة هي (ج). الخيار (د) خاطئ لأن التغير في الزخم (الدفع) كمية متجهة يجب تحديد الاتجاه أيضاً.

س2: ماذا نعني بقولنا: إن جسمين اصطدما تصادماً مرناً؟

يتحقق فيه قانونا حفظ الزخم وحفظ الطاقة الحركية، وينفصل الجسمان بعد التصادم مباشرة.

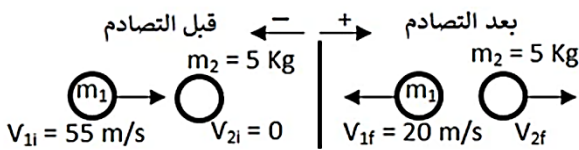
س3: علل: 1. هناك فقد كبير للطاقة الحركية في التصادم عديم المرونة.

لأن الجسمين يلتصقان ويتحركان كجسم واحد بعد التصادم بسرعة واحدة، مما يؤدي إلى نقص كبير في الطاقة الحركية، ويتحول هذا النقص إلى أشكال أخرى للطاقة.

2. إذا سقطت كرة من الطين تجاه أرضية صلبة فإنها لا ترتد بشكل ملحوظ.

لأن الكرة تصطدم بالأرض تصادماً عديم المرونة فتفقد معظم طاقتها الحركية فلا ترتد وذلك لأن السرعة المشتركة لهما بعد التصادم قريبة من الصفر بسبب كتلة الأرض الكبيرة جداً فلا يكون ارتداد الكرة ملحوظاً.

س4: جسم سرعته 55 m/s وكتلته m_1 تصادم تصادماً مرناً مع جسم آخر ساكن كتلته 5 kg وبعد التصادم تحرك الجسم الأول في الاتجاه المعاكس بسرعة 20 m/s، احسب كلا من:



1. كتلة الجسم الأول.

2. سرعة الجسم الثاني بعد التصادم مباشرة.

الحل: توضيح المعطيات بالرسم وتحديد اتجاه الحركة لكل جسم ونظام الإشارات.

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow m_1 V_{1i} + 0 = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f} \rightarrow 55 m_1 = m_1 (-20) + 5 V_{2f}$$

الزخم محفوظ

$$75 m_1 = 5 V_{2f} \rightarrow 15 m_1 = V_{2f} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{12i} = -V_{12f} \rightarrow V_{1i} - V_{2i} = -(V_{1f} - V_{2f}) \rightarrow 55 - 0 = -(-20 - V_{2f})$$

التصادم مرني:

$$55 = 20 + V_{2f} \rightarrow V_{2f} = 35 \text{ m/s (+X)}$$

بتعويض V_{2f} في المعادلة الأولى:

$$15 m_1 = 35 \rightarrow m_1 = 2.33 \text{ kg}$$

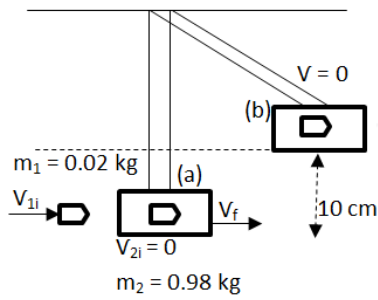
س5: عربة قطار كتلتها 200 kg تتحرك على قضبان مستقيمة أفقية بسرعة 2 m/s اصطدمت بها عربة أخرى كتلتها 300 kg تسير بالاتجاه نفسه وبسرعة 5 m/s وتحركتا معاً كجسم واحد، فما مقدار السرعة المشتركة لهما؟

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2) V_f$$

الحل: الزخم محفوظ:

$$2000(2) + 3000(5) = (2000+3000) V_f \rightarrow V_f = 3.8 \text{ m/s}$$

بنفس اتجاه سرعة كل منهما قبل التصادم



س6: اصطدمت رصاصة كتلتها 20 g بقطعة خشبية معلقة كتلتها 980 g فاستقرت بها، وارتفعت المجموعة عن وضع الاتزان 10 cm ، احسب سرعة الرصاصة قبل الاصطدام مباشرة.

$$U_b = K_a$$

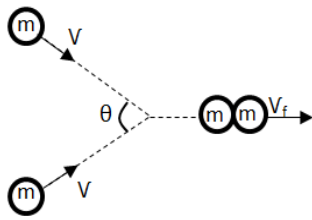
الحل: بعد التصادم

$$\rightarrow (m_1 + m_2) gh = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V_f^2 \rightarrow V_f = \sqrt{2gh}$$

$$V_f = \sqrt{2(10)(0.1)} = \sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2) V_f$$

$$\rightarrow 0.01 V_{1i} + 0 = (0.02 + 0.98) \sqrt{2} \rightarrow V_{1i} = 50 \sqrt{2} = 70.7 \text{ m/s}$$



س7: جسمان لهما نفس الكتلة ونفس السرعة يسيران بحيث يصنعان بينهما زاوية، اصطدما وكونا جسماً واحداً وتحركا بنصف سرعتهم الأصلية، أوجد الزاوية بينهما قبل الاصطدام مباشرة.

الحل: المعطيات:

$$m_1 = m_2 = m, V_{1i} = V_{2i} = V, V_f = \frac{1}{2} V$$

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow \sqrt{P_{1i}^2 + P_{2i}^2} + 2P_{1i}P_{2i}\cos\theta = (m + m) V_f$$

$$\sqrt{(mV)^2 + (mV)^2} + 2(mV)(mV)\cos\theta = (2m) \frac{1}{2} V$$

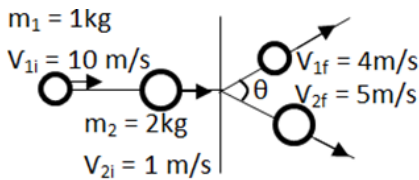
$$m^2 V^2 + m^2 V^2 + 2 m^2 V^2 \cos\theta = m^2 V^2 \rightarrow 2 m^2 V^2 \cos\theta = - m^2 V^2$$

$$\cos\theta = -\frac{1}{2} \rightarrow \theta = 120^\circ$$

طريقة أخرى للحل: زخم الجسمين قبل التصادم متساو، ولأن الزخم محفوظ فإن الزخم النهائي:

$$P_f = \Sigma P_i \rightarrow P_f = 2 P \cos \frac{\theta}{2} \rightarrow (2m) \frac{1}{2} V = 2 m V \cos \frac{\theta}{2} \rightarrow \cos \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{\theta}{2} = 60 \rightarrow \theta = 120^\circ$$

س8: كرة كتلتها 1 kg تتحرك بسرعة 10 m/s تصطدم بكرة أخرى كتلتها 2 kg ، وتتحرك بسرعة 1 m/s



الاتجاه نفسه كما في الشكل، جد:

1- الزاوية بين اتجاه حركة الكرتين بعد التصادم مباشرة. 2- نوع التصادم.

الحل: 1- بما أن الزخم محفوظ والمطلوب إيجاد الزاوية بين الكرتين بعد التصادم نستخدم قانون المحصلة:

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow \Sigma P_i = \sqrt{P_{1f}^2 + P_{2f}^2} + 2P_{1f}P_{2f}\cos\theta$$

$$1 \times 10 + 2 \times 1 = \sqrt{(1 \times 4)^2 + (2 \times 5)^2} + 2(1 \times 4)(2 \times 5)\cos\theta \rightarrow 12 = \sqrt{116 + 80 \cos\theta}$$

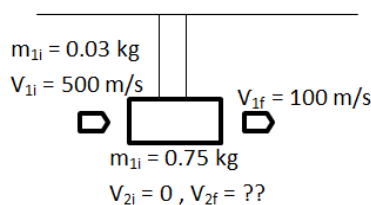
$$144 = 116 + 80 \cos\theta \rightarrow \cos\theta = \frac{28}{80} \rightarrow \theta = 69.5^\circ$$

2- لتحديد نوع التصادم نحتاج لمعرفة ما إذا كان هناك طاقة حركية ضائعة:

$$\Sigma K_i = \frac{1}{2} m_1 V_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2i}^2 = \left(\frac{1}{2} \times 1 \times 100\right) + \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 1\right) = 51 \text{ J}$$

$$\Sigma K_f = \frac{1}{2} m_1 V_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2f}^2 = \left(\frac{1}{2} \times 1 \times 16\right) + \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 25\right) = 33 \text{ J}$$

بما أن $\Sigma K_i \neq \Sigma K_f$ فإن التصادم غير مرن.



س9: أطلقت رصاصة كتلتها 30 g بسرعة 500 m/s على قطعة خشبية ساكنة معلقة كبندول كتلته 0.75 kg فاخرقتها، وخرجت منها بسرعة 100 m/s، جد كلاً من:

1- سرعة القطعة الخشبية بعد الاصطدام مباشرة.

2- مقدار الطاقة الحركية المفقودة.

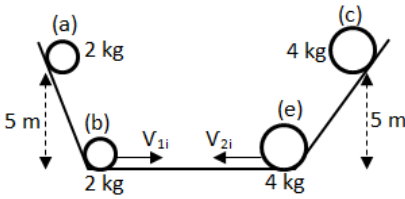
الحل: 1- الزخم محفوظ:

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$$

$$\rightarrow 0.03(500) + 0 = 0.03(100) + 0.75 V_{2f} \rightarrow V_{2f} = 16 \text{ m/s}$$

$$\Delta K = \Sigma K_f - \Sigma K_i = \left(\frac{1}{2} m_1 V_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2f}^2\right) - \left(\frac{1}{2} m_1 V_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2i}^2\right) \quad \text{2- نجد } \Delta K$$

$$\Delta K = \left(\frac{1}{2} (0.03)(500)^2 + 0\right) - \left(\frac{1}{2} (0.03)(100)^2 + \frac{1}{2} (0.75)(16)^2\right) = 3750 - 246 = 3504 \text{ J}$$



س10: في الشكل تنزلق الكتلتان 2 kg ، 4 kg من السكون من ارتفاع 5 m

على مستوى أملس إذا اصطدمتا تصادماً مرناً، جد:

1- سرعة كل من الكرتين قبل التصادم مباشرة.

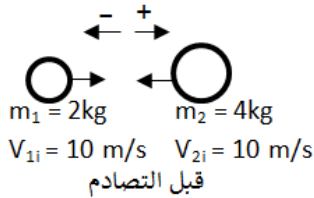
2- سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة.

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

$U_c = K_e$ $m_2 gh = \frac{1}{2} m_2 V_{2i}^2$ $V_{2i} = \sqrt{2(10)(5)} = -10 \text{ m/s}$ نحو (-x)	$U_a = K_b$ $m_1 gh = \frac{1}{2} m_1 V_{1i}^2$ $V_{1i} = \sqrt{2(10)(5)} = 10 \text{ m/s}$ نحو (+x)
--	---



2- الزخم محفوظ:



$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$$

$$2(10) + 4(-10) = 2 V_{1f} + 4 V_{2f}$$

$$-20 = 2 V_{1f} + 4 V_{2f} \rightarrow -10 = V_{1f} + 2 V_{2f} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{12i} = -V_{12f} \rightarrow V_{1i} - V_{2i} = -(V_{1f} - V_{2f}) \rightarrow 10 - (-10) = -V_{1f} + V_{2f}$$

$$20 = -V_{1f} + V_{2f} \dots\dots\dots (2)$$

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

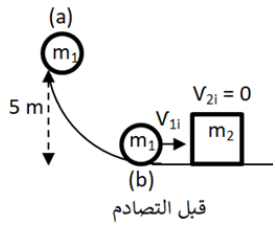
بجمع المعادلتين

$$\text{الاتجاه نحو (-X) } V_{1f} = \frac{-50}{3} \text{ m/s} \rightarrow \text{بتعويض } V_{2f} \text{ في المعادلة (1)}$$

$U_c = K_e$ $m_2 gh_2 = \frac{1}{2} m_2 V_{2f}^2$ $10 h_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{10}{3}\right)^2 \rightarrow h_2 = \frac{5}{9} \text{ m}$	$U_a = K_b$ $m_1 gh_1 = \frac{1}{2} m_1 V_{1f}^2$ $10 h_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{50}{3}\right)^2 \rightarrow h_1 = \frac{125}{9} \text{ m}$
--	--

3 - بعد

التصادم:



س11: تنزلق كتلة 5 kg من السكون من ارتفاع 5 m على مسار أملس، وعند أسفل

المسار تصطدم اصطداماً مرناً بكرة أخرى ساكنة كتلتها 10 kg، جد أقصى ارتفاع تصل

إليه الكتلة الأولى m1 بعد الاصطدام مباشرة.

الحل: قبل التصادم:

$$U_a = K_b \rightarrow m_1 gh_1 = \frac{1}{2} m_1 V_{1i}^2 \rightarrow 10(5) = \frac{1}{2} V_{1i}^2 \rightarrow V_{1i} = 10 \text{ m/s (+X) نحو}$$

أثناء التصادم: الزخم محفوظ:

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$$

$$5(10) + 0 = 5(V_{1f}) + 10 V_{2f} \rightarrow 10 = V_{1f} + 2 V_{2f} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{12i} = -V_{12f} \rightarrow V_{1i} - V_{2i} = -(V_{1f} - V_{2f})$$

التصادم مرن:

$$10 - 0 = -V_{1f} + V_{2f} \rightarrow 10 = -V_{1f} + V_{2f} \dots\dots\dots (2)$$

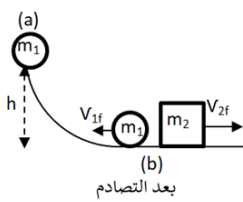
$$\rightarrow 20 = 3 V_{2f} \rightarrow V_{2f} = \frac{20}{3} \text{ m/s (+X) نحو}$$

بجمع المعادلتين:

$$10 = V_{1f} + 2 \left(\frac{20}{3}\right) \rightarrow V_{1f} = \frac{-10}{3} \text{ m/s (-X) نحو}$$

بتعويض V2f في (1):

بعد التصادم:



$$\rightarrow U_a = K_b \rightarrow m_1 gh = \frac{1}{2} m_1 V_{1i}^2 \rightarrow h = \frac{1}{2(10)} \times \left(\frac{10}{3}\right)^2 \rightarrow h = \frac{5}{9} \text{ m}$$

الفصل الثالث: الحركة الدورانية

القوة المركزية



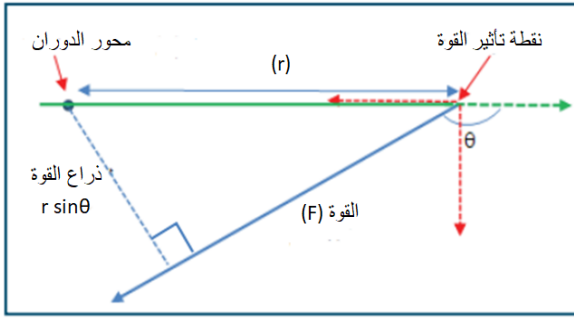
سؤال أفكر صفحة 34: أذكر أمثلة على قوى مركزية في الطبيعة.

- 1) قوة التجاذب الكهربائي للإلكترون يتحرك حركة دائرية حول النواة.
- 2) قوة التجاذب الكتلي بين الأرض وقمر صناعي يتحرك حولها حركة دائرية.
- 3) قوة الاحتكاك السكوني بين مركز دوار وسيارة تتحرك حوله حركة دائرية.

العزم

نشاط (3 - 3) صفحة 36: نؤثر في بعض الأحيان بقوة على جسم فتسبب له دورانا بدلا من تحريكه في خط

مستقيم، ولمعرفة متغيرات عزم القوة تأمل الشكل (2-3) ثم ناقش المفاهيم الآتية.



- 1- محور دوران الجسم: بحسب الشكل المبين محور الدوران هو عبارة عن محور يمر بنقطة تثبيت للجسم بحيث يكون الجسم قابلاً للدوران حوله ويكون عمودياً على كل من r و F .

2- نقطة تأثير القوة: نقطة في الجسم والتي تؤثر بها القوة.

3- بعد محور الدوران عن نقطة تأثير القوة: مبين على الرسم ويرمز له بالرمز (r) .

4- الزاوية θ : هي الزاوية المحصورة بين متجه الموضع ومتجه القوة. تذكر أن: $\sin \theta = \sin(180 - \theta)$.

5- $r \sin \theta$: المركبة العمودية للبعد بين نقطة تأثير القوة ونقطة محور الدوران وتسمى ذراع القوة.

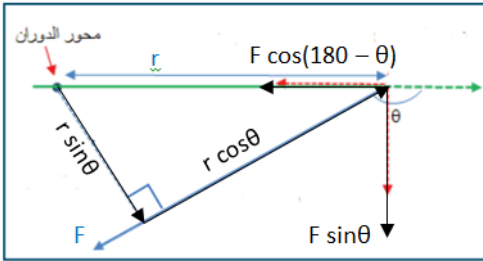
6- حدد على الرسم مركبتي القوة (F) ، $r \sin \theta$ ، $r \cos \theta$

7- حدد العوامل التي يعتمد عليها عزم القوة (τ) : العزم يتناسب طردياً مع كل من القوة وذراعها

8- استنتج وحدة قياس عزم القوة: بتعويض الوحدات لكل من F و r

r تكون وحدة قياس العزم $m.N$ وقد تكتب $N.m$

9- هناك تشابه بين وحدة قياس عزم القوة ووحدة قياس الشغل كيف تفرق بينهما؟



الشغل كمية قياسية وحدة قياسه $N.m$ العزم كمية متجهة وحدة قياسه $N.m$

10- هل عزم القوة كمية قياسية أم كمية متجهة؟ العزم كمية متجهة ناتجة عن الضرب التقاطعي لكل من F و r

11- كيف نحدد اتجاه عزم القوة؟

تستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه العزم بحيث توضع الأصابع باتجاه متجه الموضع ويتم تدويرها باتجاه القوة عبر أصغر زاوية فيشير الإبهام الى اتجاه العزم. وبناء على ذلك إذا كان الدوران عكس عقارب الساعة يكون اتجاه العزم على المحور الثالث الموجب. أما إذا كان الدوران مع عقارب الساعة يكون اتجاه العزم على المحور الثالث السالب.

القصور الدوراني

سؤال أناقش صفحة 37: ما وحدات قياس القصور الدوراني؟

من القانون $I = mr^2$ فإن الوحدة هي: $kg.m^2$

وهناك وحدة مكافئة $J.s^2$ من القانون: $K = \frac{1}{2} I \omega^2$ كما سيتبين لاحقاً.

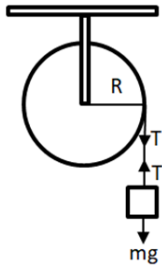
- هل القصور الدوراني كمية فيزيائية قياسية أم كمية متجهة؟ كمية قياسية.

- كيف يتناسب القصور الدوراني لجسم مع كل من كتلة الجسم ونصف قطر الدوران؟

بحسب العلاقة $(I = mr^2)$ يتناسب القصور الدوراني طردياً مع كتلة الجسم بثبات نصف قطر دورانه، وكذلك يتناسب طردياً مع مربع نصف قطر الدوران بثبات الكتلة.

نشاط (3-4) صفحة 39: قارن في الجدول التالي بين الحركة الانتقالية والحركة الدورانية كما هو مطلوب في الجدول:

وجه المقارنة	الحركة الانتقالية	الحركة الدورانية
سبب التحريك	محصلة القوى المؤثرة	محصلة العزوم الكلي المؤثرة
دليل التحريك	تغير موضع الجسم	تغير موضع الجسم الزاوي (الدوران)
ممانعة التحريك	الكتلة (m)	القصور الدوراني (I)
التغير والثبات	الكتلة ثابتة	يتغير القصور الدوراني بتغير محور الدوران



سؤال الكتاب صفحة 41: يعلق جسم كتلته m_1 بنهاية خيط يمر حول بكرة قابلة للدوران كتلتها m_2 ونصف قطرها r مثبتة بحيث يمكنها الدوران حول محور أفقي يمر من مركزها كما في الشكل. بإهمال الاحتكاك.

(1) ما عزم القوة المؤثرة على البكرة.

(2) إذا كان القصور الدوراني للبكرة يساوي $\frac{1}{2} m_2 r^2$ فما التسارع الزاوي للنظام؟

الحل: نطبق قانون نيوتن الثاني على الكتلة المعلقة:

$$\Sigma F = m_1 a \quad (a = r \alpha) \rightarrow m_1 g - T = m_1 a$$

$$T = m_1 g - m_1 a \rightarrow T = m_1 g - m_1 r \alpha \dots (1)$$

نطبق قانون نيوتن الثاني على البكرة:

$$\tau = I \alpha \rightarrow \tau = r T = I \alpha, \quad (I = \frac{1}{2} m_2 r^2)$$

$$r (m_1 g - m_1 r \alpha) = \frac{1}{2} m_2 r^2 \alpha \rightarrow m_1 g - m_1 r \alpha = \frac{1}{2} m_2 r \alpha \rightarrow m_1 g = \frac{1}{2} m_2 r \alpha + m_1 r \alpha$$

$$\alpha [r (\frac{1}{2} m_2 + m_1)] = m_1 g \rightarrow \alpha = \frac{m_1 g}{[r (\frac{1}{2} m_2 + m_1)]} = \frac{m_1 g}{[r (\frac{1}{2} m_2 + m_1)]} \times \frac{2}{2} \rightarrow \alpha = \frac{2 m_1 g}{r (m_2 + 2 m_1)}$$

$$\tau = I \alpha = \frac{1}{2} m_2 r^2 \times \frac{2 m_1 g}{r (m_2 + 2 m_1)} \rightarrow \tau = \frac{m_2 m_1 g r}{m_2 + 2 m_1} \quad (-Z \text{ نحو})$$

الزخم الزاوي

سؤال أناقش صفحة 44:

- ما وحدة قياس الزخم الزاوي في النظام الدولي؟

من القانون $L = r \times P$ أو $L = I \omega$ فإن الوحدة هي $\text{kg.m}^2/\text{s}$

وهناك وحدتان مكافئتان: N.m.s من القانون $\Sigma \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$ ، و J.s من القانون $K = \frac{L^2}{2I}$ كما سيتبين لاحقاً.

- كيف يمكن تعيين اتجاه الزخم الزاوي؟

يحدد اتجاهه باستخدام قاعدة اليد اليمنى حيث توضع أصابع اليد باتجاه r وتُلف باتجاه v فيشير الإبهام إلى اتجاه L . وبناء على ذلك إذا كان الدوران عكس عقارب الساعة يكون اتجاه الزخم على المحور الثالث الموجب. أما إذا كان الدوران مع عقارب الساعة يكون اتجاه الزخم على المحور الثالث السالب.

سؤال أناقش صفحة 44:

- يقوم الغطاس عند القفز بثني جسمه، وضم صدره إلى ركبتيه، وعندما يقترب من الماء يقوم بفرد جسمه. لماذا؟

عند ثني جسمه يقل قصوره الدوراني فتزداد سرعته الزاوية وعندما يفرد جسمه مع اقترابه من الماء يزداد قصوره الدوراني فتقل سرعته الزاوية وذلك لأن الزخم الزاوي محفوظ.

- اذكر تطبيقات أخرى.

المتزلج على الجليد عند فتح ذراعيه يزداد قصوره الدوراني فتقل سرعته الزاوية، وعند ضم ذراعيه يقل قصوره الدوراني فتزداد سرعته الزاوية. يتم تثبيت دولاب معدني ذا قطر كبير وكتلة كبيرة نسبياً على جذع بعض الآلات.

سؤال الكتاب صفحة 45: ما أهمية قانون حفظ الزخم الزاوي في الكون المحيط؟

إن هذا القانون يجعل كل جرم سماوي يحافظ على مداره سواء حول محور فيه أم حول محور آخر. فمثلاً الأرض تحافظ على مدارها حول محورها وحول الشمس بسبب أن الزخم الزاوي محفوظ.

سؤال الكتاب صفحة 45: منشار على شكل قرص مستدير يستخدم لقطع الأحجار يدور بسرعة منتظمة حول محور يمر من مركزه وعمودي على وجهيه، فإذا كان ينجز 100 دورة في ثلث دقيقة وكان قصوره الدوراني 7 kg.m^2 فما مقدار كل من: أ- سرعته الزاوية ب- الزخم الزاوي.

الحل: أ- علمت سابقاً أن وحدة rev/min هي وحدة التردد (التردد هو عدد الدورات التي يحدثها الجسم في وحدة الزمن) أي أن:

$$f = \frac{100 \text{ rev}}{\frac{1}{3} \text{ min}} = \frac{100 \text{ rev}}{\frac{60}{3} \text{ s}} = 5 \text{ rev/s}, \quad \omega = 2 \pi f = 2 \pi (5) = 10 \pi \text{ rad/s}$$

$$L = I \omega \rightarrow L = 7 (10 \pi) = 70 \pi \text{ kg.m}^2/\text{s} = 220 \text{ J.s} \quad \text{ب-}$$

سؤال الكتاب صفحة 46: يدور قمر صناعي كتلته $(3 \times 10^3 \text{ kg})$ حول الأرض بسرعة مماسيه (خطية)

مقدارها $8 \times 10^3 \text{ m/s}$ ، وفي مسار دائري نصف قطره $(7 \times 10^6 \text{ m})$. احسب كلاً من:

أ) السرعة الزاوية للقمر الصناعي. ب) الزخم الزاوي للقمر الصناعي.

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{8 \times 10^3}{7 \times 10^6} = 1.14 \times 10^{-3} \text{ rad/s} \quad \text{الحل: أ)}$$

$$L = r \times P = r P \sin(90) = r \times mV = 7 \times 10^6 \times 3 \times 10^3 \times 8 \times 10^3 = 1.68 \times 10^{14} \text{ kg.m}^2/\text{s} \quad \text{ب)}$$

أسئلة الفصل الثالث

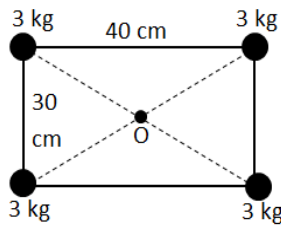
س1: اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. كرتان متجانستان مصمتتان من مادتين مختلفتين لهما الكتلة نفسها، طول نصف قطر الأولى مثلي طول نصف قطر الثانية $(r_1 = 2r_2)$ والقصور الدوراني حول محور مار من مركز كل منهما (I_2, I_1) على الترتيب، فإن I_1 يساوي:

أ) $32 I_2$ ب) $8 I_2$ ج) $4 I_2$ د) $\frac{1}{4} I_2$

الحل: $m_1 = m_2 = m, r_1 = 2r_2 \rightarrow r_2 = \frac{1}{2} r_1, m_1 = m_2 = m$ من الجدول $I_{\text{كرة}} = \frac{2}{5} m r^2$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{2}{5} m_1 r_1^2}{\frac{2}{5} m_2 r_2^2} = \frac{\frac{2}{5} m r_1^2}{\frac{2}{5} m (\frac{1}{2} r_1)^2} = \frac{r_1^2}{\frac{1}{4} r_1^2} = 4 \rightarrow I_1 = 4 I_2 \quad \text{الإجابة (ج)}$$



2. ما القصور الدوراني لأربع كتل متماثلة قيمة الواحدة منها (3 kg) موضوعة على رؤوس مستطيل بعده $(40 \text{ cm} - 30 \text{ cm})$ بالنسبة لمحور عمودي عليه يمر في مركزه بوحدة (kg.m^2) ؟

أ) 0.75 ب) 7.5 ج) 75 د) 300

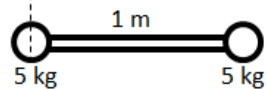
الحل: الكتل متماثلة وبعد كل منها عن محور الدوران متساو أيضاً، لحساب القصور

الدوراني للمستطيل نحسب القصور لإحداها حول المحور المار في مركزه ونضربه بعددها. نحسب القطر على

$$\text{فيثاغورس: } (\text{القطر})^2 = (0.4)^2 + (0.3)^2 \rightarrow \text{القطر} = 0.5 \text{ m}, r = \frac{0.5}{2} = 0.25 \text{ m}$$

$$I = \Sigma m r^2 = 4 (3 \times (0.25)^2) = 0.75 \text{ kg.m}^2 \quad \text{الإجابة (أ)}$$

محور الدوران



3. ساق مهمة الكتلة طولها (1 m) يوجد على كل طرف من أطرافها كتلة (5 kg) ما القصور الدوراني عند أحد أطرافها بوحدة (kg.m^2) ؟

أ) 10 ب) 7.5 ج) 5 د) 2.5

الحل: الإجابة (ج) $I = \Sigma m r^2 = (5 \times (0)^2) + (5 \times (1)^2) = 5 \text{ kg.m}^2$

4. الطاقة الحركية الدورانية لجسم يدور حول محور ثابت تتناسب:

- (أ) طردياً مع السرعة الزاوية للجسم (ω)
(ب) عكسياً مع مربع السرعة الزاوية (ω^2)
(ج) طردياً مع مربع السرعة الزاوية (ω^2)
(د) عكسياً مع القصور الدوراني للجسم I

الحل: بحسب القانون: $K = \frac{1}{2} I \omega^2$ الطاقة الحركية الدورانية تتناسب طردياً مع مربع السرعة الزاوية بثبات القصور الدوراني للجسم (القصور هنا ثابت لثبات محور الدوران)، الإجابة (ج).

5. جسم يتحرك دورانياً بسرعة زاوية (ω_1) وطاقته الحركية (K_1) فإذا تضاعفت سرعته الزاوية، فما العلاقة التي تصف طاقته الحركية الدورانية (K_2)؟

- (أ) $K_2 = 4 K_1$ (ب) $K_2 = 3 K_1$ (ج) $K_2 = 2 K_1$ (د) $K_2 = K_1$

الحل: يمكن حلها شفوياً لأن الطاقة الحركية تتناسب طردياً مع مربع السرعة الزاوية فإذا تضاعفت السرعة

الزاوية تتضاعف الطاقة الحركية الدورانية أربع مرات، الإجابة (أ). $K_2 = 4 K_1$.
 $\frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{1}{2} I \omega_1^2}{\frac{1}{2} I (\omega_2)^2} = \frac{\omega_1^2}{(2\omega_1)^2} = \frac{\omega_1^2}{4 \omega_1^2} = \frac{1}{4} \rightarrow K_2 = 4 K_1$

6. اسطوانة وقرص مصمتان لهما الكتلة نفسها (M) ويدوران بالسرعة الزاوية نفسها حول محور الأسطوانة الطولي (XX') كما هو موضح في الشكل، فإذا كان لهما الطاقة الحركية الدورانية نفسها، فما النسبة بين نصفي قطريهما ($\frac{r}{R}$)



- (أ) $\frac{1}{4}$ (ب) $\frac{1}{2}$ (ج) $\sqrt{2}$ (د) 1

المعطيات: اسطوانة ω = قرص ω ، $K_{\text{قرص}} = K_{\text{اسطوانة}}$ ، $M_{\text{قرص}} = M_{\text{اسطوانة}} = M$ ، $I_{\text{قرص}} = \frac{1}{2} MR^2$ ، $I_{\text{اسطوانة}} = \frac{1}{2} Mr^2$

الإجابة (د) $\frac{r}{R} = 1$ $\rightarrow \frac{1}{2} MR^2 \omega^2 = \frac{1}{2} Mr^2 \omega^2 \rightarrow \frac{1}{2} MR^2 \omega^2 = \frac{1}{2} I_{\text{اسطوانة}} \omega^2 \rightarrow \frac{1}{2} I_{\text{قرص}} \omega^2 = \frac{1}{2} K_{\text{اسطوانة}} = K_{\text{قرص}}$

7. مسطرة طولها (1m) وكتلتها (0.3 kg) ما الفرق بين القصور الدوراني حول محور عمودي عند الطرف والقصور الدوراني حول محور عمودي عند المركز (استعن بالجدول (1))

- (أ) 0.125 (ب) 0.1 (ج) 0.075 (د) 0.025

الحل: من الجدول: $I_{\text{عند المركز}} = \frac{1}{12} ML^2$ ، $I_{\text{عند الطرف}} = \frac{1}{3} ML^2$

الإجابة (ج) 0.075 kg.m^2 $= \frac{3}{12} (0.3)(1)^2 = \frac{3}{12} ML^2 = \frac{3}{12} ML^2 - \frac{1}{12} ML^2 = \frac{2}{12} ML^2 = \frac{1}{6} ML^2 = I_{\text{عند الطرف}} - I_{\text{عند المركز}}$

8. أي الكميات الآتية محفوظة دائماً في أية عملية تلاصق لمنظومة أجسام تتحرك دورانياً حول محور ثابت؟

- (أ) الطاقة الحركية الدورانية (ب) الزخم الزاوي (ج) السرعة الزاوية (د) العزم الدوراني
الإجابة (ب) حسب قانون حفظ الزخم الزاوي.

س2: عرف المفاهيم الآتية:

العزم الدوراني: الأثر الدوراني للقوة المؤثرة على الجسم القابل للدوران حول محور معين.

القصور الدوراني: مقاومة جسم لعزم القوة التي تحاول إحداث تغير في حالة حركة الجسم الدورانية.

الزخم الزاوي: كمية متجهة تعبر عن حاصل ضرب القصور الدوراني في السرعة الزاوية.

حفظ الزخم الزاوي: الزخم الزاوي لجسم أو مجموعة من الأجسام ثابت ما لم تؤثر عليها عزوم دوران خارجية.

س3: قارن بين الزخم الخطي والزخم الزاوي من حيث التعريف ونوع الكمية والعلاقة الرياضية ووحدة القياس والعوامل المؤثرة في كل منهما.

وجه المقارنة	الزخم الخطي	الزخم الزاوي
التعريف	كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته وتكون باتجاه السرعة.	كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب التقاطعي لمتجه الموضع للجسم بالنسبة لنقطة اسناد في زخمه الخطي ويرمز له بالرمز (L) لجسم يدور حول محور: حاصل ضرب القصور الدوراني في السرعة الزاوية.
نوع الكمية	متجهة	متجهة
العلاقة الرياضية	$\vec{P} = m \vec{V}$	$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$ $\vec{L} = I \vec{\omega}$ (خاص بالحركة الدورانية)
وحدة القياس	kg.m/s	kg.m ² /s
العوامل المؤثرة	كتلة الجسم وسرعته ويتناسب طردياً مع كل منهما	متجه الموضع والزخم الخطي وجيب الزاوية المحصورة بينهما ويتناسب مع جميعها طردياً يعتمد على القصور الدوراني والسرعة الزاوية ويتناسب معها طردياً في الحركة الدورانية

س4: فسر ما يلي: أ) ازدياد السرعة الزاوية لراقص على الجليد عندما يضم يديه إلى صدره. عندما يضم يديه يقترب توزيع الكتلة من محور الدوران فينقص القصور الدوراني مما يؤدي إلى زيادة السرعة الزاوية وعند فتح الذراعين يبتعد توزيع الكتلة فيزداد القصور الدوراني فتقل السرعة الزاوية وذلك لأن الزخم الزاوي محفوظ والسرعة الزاوية تتناسب عكسياً مع القصور الدوراني عند ثبات الزخم الزاوي. ب) ثبتت دولاب معدني قطره كبير وكتلته كبيرة نسبياً على جذع بعض الآلات. وذلك لزيادة القصور الدوراني للأسطوانة فتقل سرعتها الزاوية وبذلك يكون التحكم بإيقافها وتحريكها سهلاً.

س5: يدور قرص كتلته 50 kg ونصف قطره 0.5 m بسرعة زاوية 300 rev/min إذا توقف خلال 10 s ، جد كلاً من: - طاقته الحركية الدورانية الابتدائية. - العزم اللازم لإيقاف القرص.

(إذا علمت أن القصور الدوراني للقرص يساوي $\frac{1}{2} mR^2$)

المعطيات: $m = 50 \text{ kg}$, $r = 0.5 \text{ m}$, $t = 10 \text{ s} \rightarrow \omega_f = 0$, $\omega_i = 300 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = 300 \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ sec}} = 10\pi \text{ rad/s}$

$$I = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} (50) (0.5)^2 = 6.25 \text{ kg.m}^2, K_i = \frac{1}{2} I \omega_i^2 = \frac{1}{2} (6.25) (10\pi)^2 = 3081 \text{ J} \quad (1)$$

(2) توجد طريقتين: الأولى بحسب العلاقة: $\tau = I \alpha$ ، نجد α أولاً:

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t \rightarrow 0 = 10\pi + \alpha (10) \rightarrow \alpha = -\pi \text{ rad/s}$$

(التسارع الزاوي سالب لأنه تباطأ ← سرعته النهائية أصبحت صفراً) $\tau = I \alpha = (6.25)(-\pi) = -19.6 \text{ N.m}$

$$\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{I \omega_f - I \omega_i}{\Delta t} = \frac{I (\omega_f - \omega_i)}{\Delta t} = \frac{6.25 (0 - 10\pi)}{10} = -19.6 \text{ N.m} \quad \text{الطريقة الثانية:}$$

س6: يتناقص الزخم الزاوي لإطار قصوره الدوراني 0.12 kg.m² من 3 kg.m²/s إلى 2 kg.m²/s خلال 1.5 s احسب كلاً من: أ- متوسط العزم المؤثر على الإطار. ب- عدد الدورات التي دارها خلال هذه المدة الزمنية.

الحل: المعطيات: $I = 0.12 \text{ kg.m}^2$, $L_i = 3 \text{ kg.m}^2/\text{s}$, $L_f = 2 \text{ kg.m}^2/\text{s}$, $t = 1.5 \text{ s}$

$$\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{L_f - L_i}{\Delta t} = \frac{2 - 3}{1.5} = -\frac{2}{3} \text{ N.m} \quad (أ)$$

ب) لحساب عدد الدورات نحتاج لإيجاد كل من θ و α :

$$\omega_i = \frac{L_i}{I} = \frac{3}{0.12} = 25 \text{ rad/s}, \omega_f = \frac{L_f}{I} = \frac{2}{0.12} = 16.66 \text{ rad/s} \quad \text{أولاً نحسب كلاً من } \omega_f \text{ و } \omega_i$$

$$\tau = I \alpha \rightarrow \alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{-2}{0.12} = -5.56 \text{ rad/s}^2$$

نجد α بإحدى الطريقتين:

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t \rightarrow 25 = 16.66 + \alpha (1.5) \rightarrow \alpha = -5.56 \text{ rad/s}^2$$

أو:

$$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha \theta \rightarrow (25)^2 = (16.66)^2 + 2(-5.56) \theta \rightarrow \theta = 31.23 \text{ rad}$$

نجد θ :

$$\text{عدد الدورات} = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{31.23}{2(3.14)} \approx 5 \text{ rev}$$

س7: تدور نقطة مادية كتلتها (100 g) على بعد ثابت من محور دوران، بسرعة زاوية ثابتة $(\frac{5}{\pi} \text{ rev/s})$ ، فإذا

كان قصورها الدوراني حول ذلك المحور (0.001 kg.m^2) احسب كلاً من:

أ- بعد النقطة المادية عن محور الدوران. ب- السرعة الخطية للنقطة. ج- الزخم الخطي للنقطة أثناء دورانها.

د- الزخم الزاوي لهذه النقطة حول محور الدوران. هـ- الطاقة الحركية لهذه النقطة أثناء دورانها.

$$\text{الحل: المعطيات: } m = \frac{100}{1000} = 0.1 \text{ kg}, \omega = \frac{5}{\pi} \frac{\text{rev}}{\text{s}} = \frac{5 \times 2\pi \text{ rad}}{\pi \text{ s}} = 10 \text{ rad/s}, I = 0.001 \text{ kg.m}^2$$

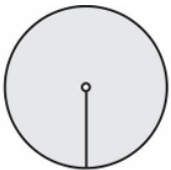
$$I = mr^2 \rightarrow 0.001 = (0.1) r^2 \rightarrow r = 0.1 \text{ m} \quad \text{أ-}$$

$$V = r \omega = 0.1 (10) = 1 \text{ m/s} \quad \text{ب-}$$

$$P = m V = 0.1 (1) = 0.1 \text{ kg.m}^2 \quad \text{ج-}$$

$$L = I \omega = 0.001 (10) = 0.01 \text{ kg.m}^2/\text{s} \quad \text{أو} \quad L = r \times P = 0.1 \times 0.1 \times \sin(90) = 0.01 \text{ kg.m}^2/\text{s} \quad \text{د-}$$

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} (0.001) (10)^2 = 0.05 \text{ J} \quad \text{هـ-}$$



س8: احسب القصور الدوراني لكل شكل من الأشكال الموضحة بالرسم:

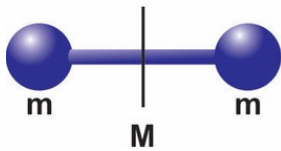
أ- قرص متجانس كتلته (1 kg) ونصف قطره (20 cm) عندما يدور على محور يمر من المركز

عمودياً على مستواه، علماً بأن $(I = \frac{1}{2} mR^2)$.

ب- ساق متجانسة كتلتها (M) وطولها (L) مثبت على كل طرف من أطرافها كتلة

نقطية (m) كما هو موضح في الشكل عندما تدور حول محور عمودي يمر في المركز

$(I = \frac{1}{12} ML^2)$ ، حيث $(m = M)$.



$$I = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} (1) \left(\frac{20}{100}\right)^2 = 0.02 \text{ kg.m}^2 \quad \text{الحل: أ-}$$

ب- نحسب قصور كل من الكتلتين النقطيتين وقصور الساق حول المحور المميز:

$$I_{\text{الساق}} = \frac{1}{12} ML^2, \quad I_{\text{الكتلة النقطية}} = m r^2, \quad r = \frac{L}{2} \rightarrow I = I_{\text{الساق}} + I_{\text{الكتلة 1}} + I_{\text{الكتلة 2}} = \frac{1}{12} ML^2 + m r^2 + m r^2$$

$$I = \frac{1}{12} ML^2 + M \left(\frac{L}{2}\right)^2 + M \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{12} ML^2 + \frac{1}{4} ML^2 + \frac{1}{4} ML^2 \rightarrow I = \frac{7}{12} ML^2$$

س9: يدور إطار قصوره الدوراني $(I = 0.1 \text{ kg.m}^2)$ بسرعة زاوية (900 rev/min)، عندما يُوضَل بمحور

دورانه إطار آخر ساكن قصوره الدوراني (2 I). احسب:

أ- السرعة الزاوية للإطارين معاً

ب- مقدار التغير في الطاقة الحركية للنظام.

$$I_1 = 0.1 \text{ kg.m}^2, \omega_{1i} = 900 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = \frac{900 \times 2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 94.2 \text{ rad/s}$$

الحل: المعطيات:

$$I_2 = 2 I_1 = 2(0.1) = 0.2 \text{ kg.m}^2, \omega_{2i} = 0 \text{ (الإطار ساكن)}$$

$$\Sigma \vec{L}_i = \Sigma \vec{L}_f \rightarrow I_1 \omega_{1i} + 0 = (I_1 + I_2) \omega_f$$

$$0.1 \times 94.2 = (0.1 + 0.2) \omega_f \rightarrow \omega_f = 31.4 \text{ rad/s}$$

$$K_{1i} = \frac{1}{2} I_1 \omega_{1i}^2 = \frac{1}{2} (0.1) (94.2)^2 = 443.86 \text{ J}, K_{2i} = 0$$

$$K_f = \frac{1}{2} (I_1 + I_2) \omega_f^2 = \frac{1}{2} (0.1 + 0.2) (31.4)^2 = 143.84 \text{ J}$$

$$\Delta K = \Sigma K_f - \Sigma K_i = 143.84 - (443.86 + 0) = -300.016 \text{ J}$$

أ- الزخم محفوظ:

ب-



س10: قرص دائري نصف قطره 10 cm، والقصور الدوراني له 0.02 kg.m^2 أثرت قوة مماسيه مقدارها 15 N على محيطه. ما التسارع الزاوي للقرص؟ وما التسارع المماسي له؟

الحل: المعطيات: (لأن القوة مماسيه) $\theta_{F \text{ و } r} = 90^\circ$ ، $F = 15 \text{ N}$ ، $I = 0.02 \text{ kg.m}^2$ ، $r = \frac{10}{100} = 0.1 \text{ m}$ ، $\tau = r \times F = r F \sin 90 = 0.1 (15) = 1.5 \text{ N.m}$
 $\tau = I \alpha \rightarrow 1.5 = 0.02 \alpha \rightarrow \alpha = 75 \text{ rad/s}^2$ ، نحتاج لإيجاد α أولاً:
 $a = r \alpha = 0.1 (75) = 7.5 \text{ m/s}^2$

أسئلة الوحدة الأولى: الميكانيكا

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. اصطدم جسم كتلته (m) وسرعته (V) تصادماً عديم المرونة مع جسم آخر ساكن كتلته 3 أمثال الأول، فإن الطاقة الضائعة نتيجة التصادم تساوي:

(أ) $\frac{1}{2} m V^2$ (ب) $\frac{1}{4} m V^2$ (ج) $\frac{1}{8} m V^2$ (د) $\frac{3}{8} m V^2$

الحل: المعطيات: $m_1 = m$ ، $V_{1i} = V$ ، $m_2 = 3m$ ، $V_{2i} = 0$

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow mV + 0 = (m + 3m) V_f \rightarrow V_f = \frac{1}{4} V$$

$$\Delta K = \Sigma K_f - \Sigma K_i = \frac{1}{2} (m + 3m) \left(\frac{1}{4} V\right)^2 - \frac{1}{2} m V^2 = -\frac{3}{8} m V^2 \text{ (د) الإجابة}$$

2. كرة كتلتها (m) وسرعتها (V) اصطدمت بحائط، وارتدت عنه بثلاث سرعتها، ما الطاقة الضائعة؟

(أ) $\frac{1}{2} m V^2$ (ب) $\frac{1}{4} m V^2$ (ج) $\frac{3}{8} m V^2$ (د) $\frac{4}{9} m V^2$

الحل: المعطيات: $V_i = V$ ، $V_f = -\frac{1}{3} V$

$$\Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_i^2 = \frac{1}{2} m \left(\left(-\frac{1}{3} V\right)^2 - V^2\right) = \frac{1}{2} m \frac{8}{9} V^2 \rightarrow \Delta K = -\frac{4}{9} m V^2 \text{ (د) الإجابة}$$

3. سيارة كتلتها 1200 kg تسير بسرعة 20 m/s انخفضت سرعتها إلى 8 m/s وفي الاتجاه نفسه في زمن قدره 36 s، ما متوسط القوة المؤثرة عليه بوحدة النيوتن؟

(أ) 4 (ب) 40 (ج) 400 (د) 800

الإجابة (ج) $I = \Delta P = F \cdot \Delta t \rightarrow m (V_i - V_f) = F (36) \rightarrow 1200 (8 - 20) = 36 F \rightarrow F = -400 \text{ N}$ السالب يدل على أن القوة تؤثر بعكس اتجاه حركة الجسم مما أدى إلى إنقاص سرعته كما هو مُعطى.

4. جسمان A, B كتلة B أربعة أمثال كتلة A والطاقة الحركية لهما متساوية فإن:

(أ) $V_A = 4V_B$ (ب) $V_A = V_B$ (ج) $V_A = \frac{1}{2} V_B$ (د) $V_A = 2V_B$

الحل: المعطيات: $m_B = 4 m_A$ ، $K_A = K_B$

$$\rightarrow \frac{1}{2} m_A V_A^2 = \frac{1}{2} m_B V_B^2 \rightarrow m_A V_A^2 = 4 m_A V_B^2 \rightarrow V_A^2 = 4 V_B^2 \rightarrow V_A = 2V_B \text{ (د) الإجابة}$$

5. عند مضاعفة الطاقة الحركية لجسم زخمه الخطي 16 kg.m/s بمقدار 4 مرات بثبوت الكتلة فإن الزخم بوحدة kg.m/s يصبح:

(أ) 16 (ب) 4 (ج) 64 (د) 32

الحل: المعطيات: $P_i = 16 \text{ kg.m/s}$ ، $K_f = 4 K_i$

$$K_f = 4 K_i \rightarrow \frac{P_f^2}{2m_2} = 4 \frac{P_i^2}{2m_1} \rightarrow P_f^2 = 4 P_i^2 \rightarrow P_f = 2 P_i = 2(16) = 32 \text{ Kg.m/s (د) الإجابة}$$

6. قوتان F_1 , F_2 تؤثران على جسم، إذا كانت $F_1 = 3F_2$ وينتج عنهما كمية الدفع نفسها، فإن زمن تأثير F_1 يساوي: (أ) زمن تأثير F_2 (ب) 3 أضعاف زمن تأثير F_2 (ج) $\frac{1}{3}$ زمن تأثير F_2 (د) 9 أضعاف زمن تأثير F_2

الحل: المعطيات:

الدفع المتبادل بين الجسمين متساو مقداراً $I_1 = I_2$, $F_1 = 3F_2$

الإجابة (ج) $I_1 = I_2 \rightarrow F_1 \Delta t_1 = F_2 \Delta t_2 \rightarrow 3F_2 \Delta t_1 = F_2 \Delta t_2 \rightarrow 3 \Delta t_1 = \Delta t_2 \rightarrow \Delta t_1 = \frac{1}{3} \Delta t_2$

7. أثرت قوة مقدارها 20 N على جسم كتلته 5 kg لمدة 4 s ، فإن التغير في سرعته بوحدة m/s يساوي: (أ) 3 (ب) 6 (ج) 16 (د) 26

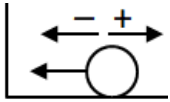
الحل: $I = \Delta P = F \cdot \Delta t \rightarrow m \Delta V = 20(4) \rightarrow \Delta V = \frac{80}{5} = 16 \text{ m/s}$ (ج) الإجابة

8. إذا مُثلت العلاقة بيانياً بين الدفع المؤثر على جسم على محور الصادات، والتغير في السرعة على محور السينات، ماذا يمثل ميل المنحنى؟

(أ) الزخم (ب) كتلة الجسم (ج) التسارع (د) القوة المؤثرة

الحل: $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{I}{\Delta V} = \frac{m \Delta V}{\Delta V} = m$ كتلة الجسم (ب)، الإجابة

9. اصطدم جسم كتلته 3 kg أفقياً بحائط رأسي بسرعة 15 m/s ، وارتد عن الحائط بسرعة 10 m/s فيكون التغير في الزخم للجسم يساوي بوحدة kg.m/s:



(أ) 10 (ب) 75 (ج) 25 (د) 30

الحل: المعطيات: ارتد الجسم بعكس اتجاه سرعته الابتدائية كما هو مبين بالرسم المجاور.

الإجابة (ب) $\Delta P = m \Delta V = 3 (10 - 15) = 75 \text{ Kg.m/s}$

10. كتلتان متماثلتان تتحركان باتجاهين متعاكسين بالسرعة نفسها، فإن زخم النظام:

(أ) mV (ب) $2mV$ (ج) 0 (د) $\frac{1}{2} m V$

الحل: المعطيات: الجسمين متعاكسين في الاتجاه $V_{1i} = V$, $V_{2i} = -V$, $m_1 = m_2 = m$

المعطيات هي للزخم الابتدائي لكلا الجسمين إذا نجد مجموع الزخم الابتدائي $\rightarrow \Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f$ = زخم النظام

الإجابة (ج) $P_{1i} + P_{2i} = mV - mV = 0$ = زخم النظام

11. ينزلق متزلج كتلته (40 kg) على الجليد بسرعة مقدارها (2 m/s) اصطدم بزلجة ثابتة كتلتها (10 kg) على الجليد. وواصل المتزلج انزلاقه مع الزلجة في نفس اتجاه حركته الأصلي، ما مقدار السرعة المشتركة لهما بعد التصادم مباشرة بوحدة (m/s)؟

(أ) 0.4 (ب) 0.8 (ج) 1.6 (د) 3.2

الحل: المعطيات: $m_1 = 40 \text{ kg}$, $V_{1i} = 2 \text{ m/s}$, $m_2 = 10 \text{ kg}$, $V_{2i} = 0$

الإجابة (ج) $\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow 40(2) + 0 = (40 + 10) V_f \rightarrow V_f = \frac{80}{50} = 1.6 \text{ m/s}$

12. يقف متزلج كتلته (45 kg) على الجليد في حالة سكون، رمى إليه صديقة كرة كتلتها (5 kg)، فانزلقا معاً إلى الورا بسرعة مقدارها (0.5 m/s)، ما مقدار سرعة الكرة قبل أن يمسكها المتزلج مباشرة بوحدة (m/s)؟

(أ) 2.5 (ب) 3 (ج) 4 (د) 5

الحل: المعطيات: $m_1 = 45 \text{ kg}$, $V_{1i} = 0$, $m_2 = 5 \text{ kg}$, $V_f = 0.5 \text{ m/s}$

الإجابة (د) $\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow 5 V_{1i} + 0 = (45 + 5) 0.5 \rightarrow V_{1i} = \frac{25}{5} = 5 \text{ m/s}$

13. ما فرق الزخم الخطي بوحدة (kg.m/s)، بين شخص كتلته (50 kg) يجري بسرعة مقدارها (3 m/s)، وشاحنة كتلتها (3000 kg) تتحرك بسرعة مقدارها (1 m/s)؟

أ) 1275 ب) 2550 ج) 2850 د) 2950
الحل: $P_{شاحنة} = mV = 3000 (1) = 3000 \text{ kg.m/s}$, $P_{شخص} = mV = 50 (3) = 150 \text{ kg.m/s}$
الإجابة (ج) $\Delta P = 3000 - 150 = 2850 \text{ kg.m/s}$ الفرق بينهما

14. أثرت قوة مقدارها (16 N) في حجر بدفع مقدارها (0.8 kg.m/s) مسببة حركة الحجر على الأرض بسرعة مقدارها (0.8 m/s). ما كتلة الحجر بوحدة الكيلو غرام؟

أ) 0.2 ب) 0.8 ج) 1 د) 1.6
المعطيات: $I = 0.8 \text{ kg.m/s}$, $F = 16 \text{ N}$, $V_i = 0$, $V_f = 0.8 \text{ m/s}$
الحل: $I = m \Delta V \rightarrow 0.8 = m (0.8 - 0) \rightarrow m = 1 \text{ kg}$ الإجابة (ج)

15. كرة مصممة نصف قطرها (10 cm) وكتلتها (1 kg) والقصور الدوراني لها ($I = \frac{2}{5} mr^2$)، فكم تساوي سرعتها الزاوية بوحدة rad/s عندما يبلغ زخمها الزاوي ($L = 5 \times 10^{-2} \text{ Kg.m}^2.\text{rad/s}$) حول محور مار من مركزها؟

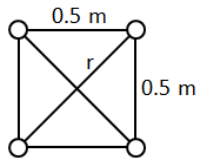
أ) 25 ب) 12.5 ج) 2 د) 2×10^{-2}
المعطيات: $R = 0.1 \text{ m}$, $m = 1 \text{ kg}$, $L = 5 \times 10^{-2} \text{ Kg.m}^2/\text{s}$
الحل: $L = I \omega \rightarrow 5 \times 10^{-2} = \frac{2}{5} (1)(0.1)^2 \omega \rightarrow \omega = 12.5 \text{ rad/s}$ الإجابة (ب)

16. يدور إطار قصوره الدوراني (I) بسرعة زاوية (ω_1)، عندما يوصل بمحور دورانه إطار آخر 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) $\omega_1 = 4 \omega_2$
المعطيات: $I_1 = I$, $I_2 = 3 I$
الحل: $\Sigma \vec{L}_i = \Sigma \vec{L}_f \rightarrow I \omega_1 + 0 = (I + 3 I) \omega_2 \rightarrow I \omega_1 = 4 I \omega_2 \rightarrow \omega_1 = 4 \omega_2$ الإجابة (د)

17. ما القصور الدوراني بوحدة (kg.m^2) لأربع كتل متماثلة قيمة الواحدة منها (5 kg) موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه (0.5 m) بالنسبة لمحور عمودي عليه في مركزه؟

أ) 0.125 ب) 1.25 ج) 2.5 د) 1
الحل: نجد البعد r أولاً: $(\frac{\text{القطر}}{2})^2 = (\frac{1}{2})^2 + (\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{\text{القطر}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow r = \frac{1}{2\sqrt{2}}$
الإجابة (ج) $I = \Sigma mr^2 = 4 \times 5 \times (\frac{1}{2\sqrt{2}})^2 = 20 \times \frac{1}{8} \rightarrow I = 2.5 \text{ Kg.m}^2$



18. مسطرة طولها (50 cm) وكتلتها (0.2 kg) ما الزخم الزاوي للمسطرة عندما تدور بسرعة زاوية ($\omega = 3 \text{ rad/s}$) حول محور عمودي عند الطرف (استعن بالجدول 1)؟

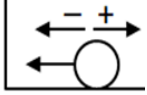
أ) 0.25 ب) 0.05 ج) 0.75 د) 1
الحل: الإجابة (ب) $L = I \omega$, $I = \frac{1}{3} M L^2$, $L = 0.5 \text{ m}$, $m = 0.2 \text{ kg}$, $L = \frac{1}{3} (0.2)(0.5)^2 (3) = 0.05 \text{ kg.m}^2/\text{s}$

19. جسمان A, B لهما القصور الدوراني نفسه، إذا كان زخم A الزاوي مثلي زخم B الزاوي فإن:

أ) $K_A = 2 K_B$ ب) $K_A = 4 K_B$ ج) $K_A = \frac{1}{2} K_B$ د) $K_A = \frac{1}{4} K_B$
الحل: المعطيات: $I_A = I_B$, $L_A = 2 L_B$: $K = \frac{1}{2} I \omega^2 \rightarrow I K = \frac{1}{2} I^2 \omega^2 \rightarrow I K = \frac{1}{2} L^2 \rightarrow L = \sqrt{2 I K}$
هذه العلاقة تستخدم فقط لحل أسئلة ضع دائرة ويمنع استخدامها في الأسئلة المقالية (حينها يجب أن تشتق من البداية). الإجابة (ب) $L_A = 2 L_B \rightarrow \sqrt{2 I_A K_A} = 2 \sqrt{2 I_B K_B} \rightarrow 2 I K_A = 4 (2 I K_B) \rightarrow K_A = 4 K_B$

20. جسمان (A, B) فإذا كان ($I_B = 2 I_A$) وكان ($K_B = 8 K_A$) فكم يساوي الزخم الزاوي (L_B)؟

أ) $2 L_A$ ب) $4 L_A$ ج) $8 L_A$ د) $16 L_A$
الحل: المعطيات: $I_B = 2 I_A$, $K_B = 8 K_A$ ، بالاستناد إلى العلاقة التي تم التوصل إليها في الفرع 19
الإجابة (ب) $K = \frac{L^2}{2 I} \rightarrow K_B = 8 K_A \rightarrow \frac{L_B^2}{2 I_B} = 8 \frac{L_A^2}{2 I_A} \rightarrow \frac{L_B^2}{2 I_A} = \frac{8 L_A^2}{I_A} \rightarrow L_B^2 = 16 L_A^2 \rightarrow L_B = 4 L_A$



س2: اصطدمت كتلة مقدارها 50 g تسير بسرعة 5 m/s بجدار، وارتدت عنه بطاقة حركية تعادل ربع طاقتها الحركية الابتدائية وعلى الخط نفسه. احسب كلا من:

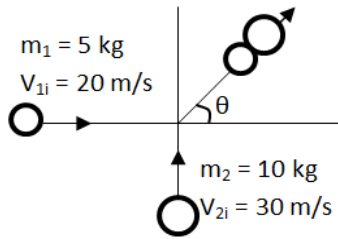
1- الدفع المؤثر على الكرة. 2- متوسط قوة دفع الجدار للكرة إذا كان زمن التصادم 0.02 s

الحل: المعطيات: $m = \frac{50}{1000} = 0.05 \text{ kg}$, $V_i = 5 \text{ m/s}$ (-X) نحو, $K_f = \frac{1}{4} K_i$, $\Delta t = 0.02 \text{ s}$

$$K_f = \frac{1}{4} K_i \rightarrow \frac{1}{2} m V_f^2 = \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} m V_i^2 \right) \rightarrow V_f^2 = \frac{1}{4} V_i^2 \rightarrow V_f = \frac{1}{2} V_i \rightarrow V_f = \frac{1}{2} (5) = 2.5 \text{ m/s (+X) نحو}$$

$$1) I = \Delta P = m \Delta V = 0.05 (2.5 - (-5)) = 0.375 \text{ N.s (+X) نحو}$$

$$2) I = F_{ave} \Delta t \rightarrow F_{ave} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{0.375}{0.02} = 18.75 \text{ N (+X) نحو}$$



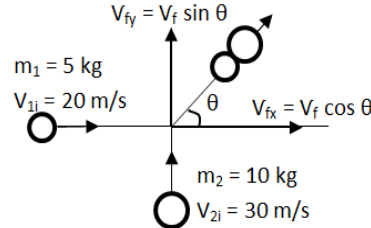
س3: جسم كتلته 5 kg يتحرك في خط مستقيم أفقي سرعته 20 m/s على سطح أملس، فإذا اصطدم به عمودياً جسم آخر كتلته 10 kg بسرعة 30 m/s والتصق الجسمان وسارا معاً بالسرعة نفسها. فما هي سرعة الجسمين الملتصقين بعد التصادم مباشرة.

الحل: المعطيات موضحة على الرسم

$$\text{الزخم محفوظ} \quad \Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow \sqrt{P_{1i}^2 + P_{2i}^2} = (m_1 + m_2) V_f$$

$$\sqrt{(5 \times 20)^2 + (10 \times 30)^2} = (5 + 10) V_f \rightarrow 316.2 = 15 V_f \rightarrow V_f = 21.08 \text{ m/s}$$

$$\Sigma P_{ix} = \Sigma P_{fx} \rightarrow 5 \times 20 = 15 \times 21.08 \times \cos \theta \rightarrow \theta = \cos^{-1} \left(\frac{100}{15 \times 21.08} \right) \rightarrow \theta = 71.56^\circ \text{ لإيجاد } \theta$$



طريقة أخرى للحل: نحلل السرعة النهائية إلى مركباتها السينية والصادية:

$$\Sigma P_{ix} = \Sigma P_{fx} \rightarrow m_1 V_{1i} = (m_1 + m_2) V_{fx}$$

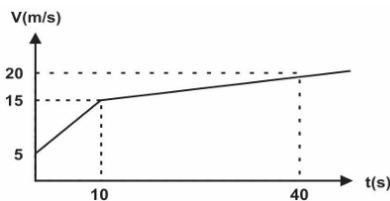
$$5(20) = (5 + 10) V_f \cos \theta \rightarrow 100 = 15 V_f \cos \theta \dots (1)$$

$$\Sigma P_{iy} = \Sigma P_{fy} \rightarrow m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2) V_{fy}$$

$$10(30) = (5 + 10) V_f \sin \theta \rightarrow 300 = 15 V_f \sin \theta \dots (2)$$

$$\frac{300}{100} = \frac{15 V_f \sin \theta}{15 V_f \cos \theta} \rightarrow \tan \theta = 3 \quad \text{بقسمة المعادلة (2) على المعادلة (1):}$$

$$V_f = 21.08 \text{ m/s} \quad \theta = 71.56^\circ \leftarrow \text{بتعويض } \theta \text{ بإحدى المعادلتين:}$$



س4: الشكل المقابل يمثل العلاقة البيانية بين السرعة والزمن لحركة جسم كتلته 2 kg احسب كلا من:

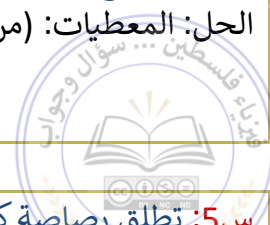
1- الدفع المؤثر على الجسم خلال 40 s

2- قوة الدفع خلال 10 s

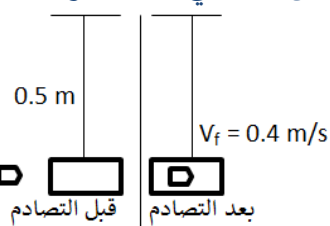
الحل: المعطيات: (من الرسم البياني) $m = 2 \text{ kg}$, $V_i = 5 \text{ m/s}$, $V_{t=10s} = 15 \text{ m/s}$, $V_{t=40s} = 20 \text{ m/s}$

$$1) I = \Delta P = m \Delta V = 2 (20 - 5) = 30 \text{ N.s}$$

$$2) I = F \Delta t = m \Delta V \rightarrow 2(15 - 5) = F (10) \rightarrow F = 2 \text{ N.}$$



س5: تطلق رصاصة كتلتها 8 g في اتجاه أفقي وتنغرز في جسم خشبي كتلته 9 kg معلق رأسياً في خيط طوله 50 cm فتتحرك الجسمان معاً بسرعة 0.4 m/s، ما السرعة الابتدائية للرصاصة.

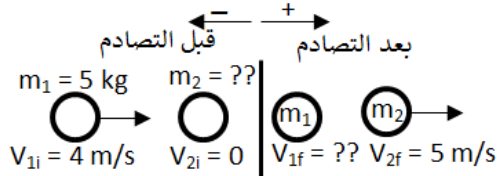


الحل: المعطيات: $m_1 = \frac{8}{1000} = 0.008 \text{ kg}$, $m_2 = 9 \text{ kg}$, $L = 0.5 \text{ m}$, $V_f = 0.4 \text{ m/s}$

$$\text{الزخم محفوظ:} \quad \Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2) V_f$$

$$0.008 V_{1i} + 0 = (0.008 + 9) 0.4 \rightarrow V_{1i} = \frac{9.008 \times 0.4}{0.008} = 450.4 \text{ m/s.}$$

س6: جسم كتلته 2 kg يتحرك بسرعة 4 m/s باتجاه المحور السيني الموجب تصادم تصادماً مرناً مع جسم آخر ساكن، وبعد التصادم تحرك الجسم الثاني بسرعة 5 m/s بالاتجاه السيني الموجب. احسب كلاً من:



1- كتلة الجسم الثاني 2- سرعة الجسم الأول بعد التصادم مباشرة.
الحل: المعطيات موضحة على الرسم:

الزخم محفوظ:

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$$

$$2(4) + 0 = 2 V_{1f} + m_2 (5) \rightarrow 8 = 2 V_{1f} + 5 m_2 \dots\dots(1)$$

$$V_{12i} = - (V_{12f}) \rightarrow V_{1i} - V_{2i} = - (V_{1f} - V_{2f})$$

التصادم مرن وفي بعد واحد:

$$4 - 0 = - (V_{1f} - 5) \rightarrow 4 = - V_{1f} + 5 \rightarrow V_{1f} = 1 \text{ m/s (+X) نحو}$$

$$8 = 2 V_{1f} + 5 m_2 \rightarrow 8 = 2(1) + 5 m_2 \rightarrow m_2 = \frac{6}{5} = 1.2 \text{ kg. بالتعويض في المعادلة الأولى:}$$

س7: أرسى الصيادان محمد وأحمد زورق الصيد فإذا تحرك محمد الذي كتلته (80 kg) إلى الأمام بسرعة (4 m/s) عند مغادرة الزورق، فما مقدار واتجاه سرعة الزورق وأحمد إذا كانت كتلتها معاً تساوي (150 kg)؟

الحل: المعطيات: (في حالة سكون) $V_{1i} = V_{2i} = 0$ ، $m_2 = m_{\text{أحمد}} = 150 \text{ kg}$ ، $V_{1f} = V_{\text{محمد}} = 4 \text{ m/s}$ ، $m_1 = m_{\text{محمد}} = 80 \text{ kg}$

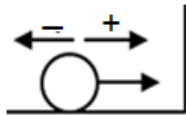
$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow 0 = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f} \rightarrow 0 = 80(4) + 150 V_{2f}$$

الزخم محفوظ:

$$V_{2f} = \frac{-320}{150} = -2.13 \text{ m/s السالب يعني أن الزورق وأحمد تحركا بعكس اتجاه محمد}$$



س8: إذا تحرك جزيء نيتروجين كتلته ($4.7 \times 10^{-26} \text{ kg}$) بسرعة (550 m/s) واصطدم بجدار الإناء الذي يحويه مرتدّاً إلى الورا بمقدار السرعة نفسها. احسب ما يأتي:



أ- ما الدفع الذي أثر به الجزيء في الجدار؟

ب- إذا حدث (1.5×10^{23}) تصادم كل ثانية، فما متوسط القوة المؤثرة في الجدار؟

الحل: المعطيات: $m = 4.7 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ، $V_i = 550 \text{ m/s}$ ، $V_f = -550 \text{ m/s}$

$$\text{عدد التصادمات} = 1.5 \times 10^{23} / \text{s}$$

$$1) \text{ I (الجدار على الجزيء) } = - \text{ I (الجزيء على الجدار)}$$

$$\text{I (الجدار على الجزيء) } = \Delta P_{\text{جزيء}} = m \Delta V = 4.7 \times 10^{-26} (-550 - 550) = -5.17 \times 10^{-23} \text{ N.s}$$

$$\text{I (الجزيء على الجدار) } = - (-5.17 \times 10^{-23}) = 5.17 \times 10^{-23} \text{ N.s}$$

الجزيء الواحد يسبب دفعاً مقداره ($5.17 \times 10^{-23} \text{ N.s}$) ← الدفع الكلي يساوي عدد التصادمات في

$$\text{دفع الجزيء الواحد} = F \cdot \Delta t = \text{عدد التصادمات} \times \text{جزيء I}$$

$$F = \frac{5.17 \times 10^{-23} \times 1.5 \times 10^{23}}{1} = 7.755 \text{ N} : \Delta t = 1 \text{ s} \leftarrow \text{مُعطى بالسؤال عدد التصادمات للثانية الواحدة}$$

س9: تتسارع سيارة سباق كتلتها (845 kg) من السكون إلى (72 km/h) خلال (0.9 s).

أ- ما التغير في زخم السيارة؟ ب- ما متوسط القوة المؤثرة في السيارة؟

الحل: المعطيات: $m = 845 \text{ kg}$ ، $V_i = 0$ ، $V_f = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{72 \times 1000}{3600} = 20 \text{ m/s}$ ، $\Delta t = 0.9 \text{ s}$

$$\Delta P = m \Delta V = 845 (20 - 0) = 16900 \text{ kg.m/s (أ)}$$

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{16900}{0.9} = 18777.8 \text{ N (ب)}$$

س10: يركب أحمد الذي كتلته (42 kg) لوح تزلج كتلته (2 kg)، ويتحركان بسرعة (1.2 m/s) فإذا قفز أحمد

عن اللوح، وتوقف لوح التزلج تماماً في مكانه، فما مقدار سرعة قفزه؟ وما اتجاهه؟

الحل: المعطيات: $m_1 = 42 \text{ kg}$ ، $m_2 = 2 \text{ kg}$ ، $V_i = 1.2 \text{ m/s}$

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow (m_1 + m_2) V_i = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$$

الزخم محفوظ:

$$(42 + 2) 1.2 = 42 V_{1f} + 0 \rightarrow V_{1f} = \frac{44 \times 1.2}{42} \rightarrow V_{1f} = 1.257 \text{ m/s بنفس اتجاه الحركة قبل القفز}$$

س11: يقف متزلجان أحدهما مقابل الآخر، ويتدافعان بالأيدي، فإذا كانت كتلة الأول (90 kg) وكتلة الثاني (60 kg). أجب عن الأسئلة الآتية: أ- جد النسبة بين سرعتي المتزلجين في اللحظة التي أفلتا فيها أيديهما. ب- أي المتزلجين سرعته أكبر؟ ج- أي المتزلجين دفع بقوة أكبر؟

الحل: المعطيات: $m_1 = 90 \text{ kg}$, $m_2 = 60 \text{ kg}$, $V_{1i} = V_{2i} = 0$

أ) الزخم محفوظ: $\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f \rightarrow 0 = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f} \rightarrow 0 = 90 V_{1f} + 60 V_{2f}$

$V_{2f} = \frac{-90}{60} V_{1f} \rightarrow \frac{V_{2f}}{V_{1f}} = \frac{-3}{2} \rightarrow \left| \frac{V_{2f}}{V_{1f}} \right| = \frac{3}{2}$

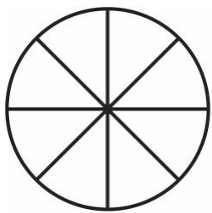
ب) سرعة المتزلج تتناسب عكسياً مع الكتلة عند ثبات الزخم، بذلك يكون المتزلج الثاني أسرع.

أو من خلال النسبة $\left| \frac{V_{2f}}{V_{1f}} \right| = \frac{3}{2}$ نجد أن سرعة المتزلج الثاني أكبر.

ج) الزخم محفوظ أي أن: $\Delta P_1 = -\Delta P_2$ إذا $I_{21} = -I_{12}$ بالتالي تكون قوة الدفع متساوية بين المتزلجين.

توضيح: زمن الدفع لكلا المتزلجين متساوٍ، لذلك: $F_1 \Delta t = -F_2 \Delta t \rightarrow F_1 = -F_2$

بالتالي القوة المتبادلة بين المتزلجين متساوية مقداراً ومتعاكسة في الاتجاه.



س12: عجلة الدراجة الهوائية الموضحة في الشكل المجاور، طول قطرها (60 cm) وكتلة محيطها (1 kg) وكتلة كل قطر فيها (0.4 kg) وتدور بسرعة زاوية ($\omega = 1 \text{ rev/s}$). احسب كلاً من: - القصور الدوراني. - الزخم الزاوي. - طاقة الحركة الدورانية لها إذا كانت تدور حول محور عمودي عليه عند مركزها.

الحل: المعطيات: محور الدوران يمر في مركز العجلة وعمودياً على مستواها

$m_{\text{عجل (طوق)}} = m_1 = 1 \text{ kg}$, $m_{\text{قطر (السلك)}} = m_2 = 0.4 \text{ kg}$, $r = \frac{60}{2} \text{ cm} = \frac{30}{100} = 0.3 \text{ m}$, $L = 2r = 0.6 \text{ m}$

$I_1 = I_{\text{طوق}} = MR^2$, $I_2 = I_{\text{السلك عند المركز}} = \frac{1}{12} ML^2$, $\omega = 1 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{s}} = 2\pi \text{ rad/s}$

1) $I = I_1 + I_2 = m_1 r^2 + 4 \left(\frac{1}{12} m_2 L^2 \right) = 1 (0.3)^2 + 4 \times \frac{1}{12} \times 0.4 \times (0.6)^2 = 0.138 \text{ Kg.m}^2$

2) $L = I \omega = 0.138 \times 2\pi = 0.867 \text{ Kg.m}^2/\text{s}$ 3) $K = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} (0.138) (2\pi)^2 = 2.72 \text{ J}$.

س13: يقف رجل على منصة تدور بسرعة زاوية (1 rev/s) حاملاً في يديه الممدودتين كتلتين متماثلتين، ثم يضم يديه لصدره ليتناقص قصوره الدوراني من (6 kg.m^2) إلى (2 kg.m^2). احسب ما يأتي: أ- سرعته الزاوية بعد ضم يديه. ب- التغير في طاقته الحركية.

الحل: المعطيات: $\omega = 1 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{s}} = 2\pi \text{ rad/s}$, $I_i = 6 \text{ kg.m}^2$, $I_f = 2 \text{ kg.m}^2$

1) $L_i = L_f \rightarrow I_i \omega_i = I_f \omega_f \rightarrow 6 (2\pi) = 2 \omega_f \rightarrow \omega_f = 6\pi \text{ rad/s}$ الزخم الزاوي محفوظ:

2) $K_i = \frac{1}{2} I_i \omega_i^2 = \frac{1}{2} (6) (2\pi)^2 = 118.2 \text{ J}$, $K_f = \frac{1}{2} I_f \omega_f^2 = \frac{1}{2} (2) (6\pi)^2 = 355 \text{ J}$

$\Delta K = K_f - K_i = 355 - 118.2 = 236.7 \text{ J}$.

س14: مسطرة طولها (1 m) وكتلتها (0.3 kg)، تؤثر عليها قوة عمودية (5 N) عند أحد أطرافها، فإذا دارت في مستوى أفقي حول محور عمودي يمر من مركزها (O) مرة وحول محور عمودي يمر بطرفها الآخر (P) مرة ثانية، كما هو موضح في الشكل المجاور احسب التسارع الزاوي عند كل محور من محاور الدوران.



الحل: المعطيات: $L = 1 \text{ m}$, $m = 0.3 \text{ kg}$, $F = 5 \text{ N}$, $I_{\text{مسطرة عند المركز}} = \frac{1}{12} ML^2$, $I_{\text{مسطرة عند طرفها}} = \frac{1}{3} ML^2$

الحالة الأولى: الدوران في مستوى أفقي حول محور عمودي يمر في O ينعدم عزم الوزن في هذه الحالة (لأنه مواز لمحور الدوران). $\tau_{\text{net}} = I \alpha \rightarrow r \times F = I \alpha$

$\rightarrow \frac{1}{2} (5) \sin 90 = \frac{1}{12} ML^2 (\alpha) \rightarrow 2.5 = \frac{1}{12} (0.3) (1)^2 \alpha \rightarrow \alpha = 100 \text{ rad/s}^2$

الحالة الثانية: أيضاً الدوران في مستوى أفقي حول محور عمودي يمر في O ينعدم عزم الوزن في هذه الحالة (لأنه مواز لمحور الدوران). $\tau_{\text{net}} = I \alpha \rightarrow r \times F = I \alpha$

$\rightarrow L (5) \sin 90 = \frac{1}{3} ML^2 (\alpha) \rightarrow 5 = \frac{1}{3} (0.3) (1)^2 \alpha \rightarrow \alpha = 50 \text{ rad/s}^2$

س15: يدور قرصان مختلفان في نصف القطر (r_1, r_2) منفصلان حول محور واحد بسرعتين زاويتين (ω_1, ω_2) وقصورهما الدوراني (I_1, I_2) على الترتيب، يُدفعان بقوتين (F_1, F_2) حتى يلتصقا فيصبا جسماً واحداً على محور الدوران نفسه. ما السرعة الزاوية التي سيدور بها القرصان معاً؟
الحل: القوتان المؤثرتان (F_1, F_2) موازيتان للمحور لذلك لا يوجد لهما عزم دوراني وبالتالي فإن الزخم الزاوي محفوظ: $\Sigma \vec{L}_i = \Sigma \vec{L}_f$

على فرض أن السرعة الزاوية للقرصين بنفس الاتجاه (وفي حال كانا متعاكسين يُراعى اتجاه كل منهما):

$$I_1 \omega_{1i} + I_2 \omega_{2i} = (I_1 + I_2) \omega_f \rightarrow \omega_f = \frac{I_1 \omega_{1i} + I_2 \omega_{2i}}{(I_1 + I_2)}$$

قوانين الوحدة الأولى

وحدة القياس	القانون	الكمية الفيزيائية
kg.m/s	$P = \sqrt{2mK}, P = mV$	الزخم الخطي P
N.s Kg.m/s	$I = \Sigma F \Delta t, I = \Delta P$ المساحة أسفل منحى (F, t)	الدفع I
N	$F = \frac{m(V_f - V_i)}{\Delta t}, F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$	القوة المتوسطة F
J	$K = \frac{P^2}{2m}, K = \frac{1}{2} m V^2$	الطاقة الحركية K
J	$\Delta K = \Sigma K_f - \Sigma K_i$	التغير في الطاقة الحركية نتيجة التصادم
	$\text{نسبة الطاقة} = \frac{ \Sigma K_f - \Sigma K_i }{\Sigma K_i}$	نسبة الطاقة الحركية الضائعة نتيجة التصادم
	$\text{النسبة المئوية للطاقة} = \frac{ \Sigma K_f - \Sigma K_i }{\Sigma K_i} \times 100 \%$	النسبة المئوية للطاقة الضائعة بسبب التصادم
rad/s	$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{V}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	السرعة الزاوية ω
rad/s ²	$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{a_t}{r} = \frac{\Sigma \tau}{I}$	التسارع الزاوي α
kg.m ²	$I, I_{\text{نقطي}} = \Sigma m_i r_i^2$ الأبعاد حسب الجدول في الكتاب	القصور الدوراني I
N.m Kg.m ² /s ²	$\tau_{\text{net}} = r F \sin \theta = I \alpha = \frac{\Delta L}{\Delta t}$	قانون نيوتن الثاني في الحركة الدورانية τ_{net}
Kg.m ² /s	$L = I \omega = r \times P = \sqrt{2IK}$	الزخم الزاوي L
J	$K = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{L^2}{2I}$	الطاقة الحركية الدورانية K

تعريفات الوحدة الأولى

الزخم الخطي: كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته وتكون باتجاه السرعة ويقاس بوحدة kg.m/s.

الدفع: كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب متوسط القوة في زمن تأثيرها، واتجاهها باتجاه القوة ووحدة N.s.

متوسط قوة الدفع: القوة الثابتة التي إذا أثرت في الجسم خلال نفس الفترة الزمنية التي تؤثر فيه القوة المتغيرة أكسبته نفس الكمية من الدفع.

نظرية الدفع - الزخم: الدفع الذي تحدثه القوة المحصلة في الجسم خلال فترة زمنية ما يساوي التغير في زخم الجسم خلال تلك الفترة.

القوة (قانون نيوتن الثاني): المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي للجسم.

النظام المغلق: مجموعة الأجسام التي تبقى كتلتها ثابتة خلال أي عملية تبادل قوى.

النظام المعزول: النظام الذي تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفراً (لا يؤثر شغل خارجي على النظام).

قانون حفظ الزخم الخطي: إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة في مجموعة من الأجسام بينها تأثير متبادل في نظام مغلق تساوي صفراً، فإن مجموع زخم هذه الأجسام يبقى ثابتاً مقداراً واتجاهاً.

التصادم: تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل متحرك، وتؤثر خلاله الأجسام المتصادمة بعضها في بعض بقوة خلال فترة زمنية قصيرة نسبياً.

التصادم في بعد واحد: هو التصادم الذي تتحرك فيه الأجسام المتصادمة على نفس المحور قبل التصادم وبعده.

التصادم في بعدين: هو التصادم الذي تتحرك فيه الأجسام المتصادمة في مستوى معين وليس على محور واحد سواء قبل التصادم أو بعده.

التصادم المرن: تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل متحرك، بحيث يتحرك كل منهما بشكل مفرد قبل التصادم وبعده، ويتحقق فيه قانونا حفظ الزخم وحفظ الطاقة الحركية.

التصادم غير المرن: تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل متحرك، ويتحقق فيه قانون حفظ الزخم ويكون هناك خسارة بالطاقة الحركية.

التصادم عديم المرونة: هو تصادم غير مرن يلتصق فيه الجسمان معا ويتحركان كجسم واحد بعد التصادم ويكون الزخم الخطي محفوظاً والطاقة الحركية المفقودة كبيرة.

البندول القذفي البسيط: هو عبارة عن قطعة خشبية معلقة رأسياً بحبلين متساويين في الطول متوازيين غير مرنين، يستخدم لحساب سرعة الرصاصة، وكتلة القطعة الخشبية فيه أكبر بكثير من كتلة الرصاصة.

السرعة النسبية: مقدار سرعة جسم بالنسبة لجسم آخر.

عزم الدوران: الأثر الدوراني للقوة المؤثرة على جسم قابل للدوران حول محور.

القصور الدوراني: مقاومة الجسم لعزم القوة التي تحاول تغيير حالة حركة الجسم الدورانية.

قانون نيوتن الثاني للحركة الدورانية: يتناسب التسارع الزاوي لجسم يتحرك دورانياً حول محور طردياً مع محصلة العزوم المؤثرة عليه وعكسياً مع قصوره الدوراني بالنسبة لمحور الدوران نفسه.

الزخم الزاوي: كمية فيزيائية متجهة تعبر عن حاصل ضرب القصور الدوراني في السرعة الزاوية ويكون باتجاه السرعة الزاوية.

قانون حفظ الزخم الزاوي: الزخم الزاوي لجسم أو مجموعة من الأجسام ثابت ما لم تؤثر عليها عزوم دوران خارجية.

تعليقات الوحدة الأولى

- * إيقاف شاحنة تتحرك بسرعة معينة أصعب من إيقاف سيارة تتحرك بنفس السرعة.
- لأن الشاحنة كتلتها أكبر فيكون زخمها أكبر عند ثبات السرعة وهذا يعني أنها تحتاج إلى دفع أكبر لإيقافها وبالتالي قوة أكبر.
- * يمكن الحصول على قيم دفع متساوية من قوى ثابتة وغير متساوية.
- وذلك بتغيير زمن تأثير القوى فيكون الدفع الناشئ عن قوة كبيرة مؤثرة في زمن قصير مساوٍ للدفع الناشئ عن قوة صغيرة مؤثرة في زمن طويل.
- * تكون مواشير بنادق الصيد طويلة.
- لزيادة زمن تأثير قوة الدفع على الرصاصة فيزداد الدفع على الرصاصة مما يؤدي لتغير كبير في الزخم فتخرج بسرعة كبيرة ويزداد مداها الأفقي.
- * يلجأ حارس المرمى لضرب كرة القدم بمشط قدمه لقطع مسافة أكبر.
- لزيادة زمن تأثير قوة الدفع على الكرة فيزداد الدفع على الكرة مما يؤدي لتغير كبير في الزخم فتنتطلق بسرعة كبيرة ويزداد مداها الأفقي.





* يلجأ سائق السيارة إلى الضغط على الفرامل لفترات زمنية متتالية حتى تتوقف السيارة.

لزيادة زمن تأثير القوة فتقل القوة المؤثرة على السيارة حيث يقل زخمها بالتدريج إلى أن تتوقف حسب العلاقة $(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$

* يصمم الحذاء الرياضي بحيث يكون نعله مزودا بوسائد امتصاص.

لزيادة زمن تأثير القوة (زمن التلامس) فتقل القوة المؤثرة على قدم اللاعب حسب العلاقة $(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$

* تزويد المركبات الحديثة بوسادات هوائية والتي تندفع منفتحة لحماية الركاب عند وقوع تصادم. تعمل الوسائد الهوائية على زيادة زمن التصادم بين الراكب وأجزاء المركبة مما يقلل من القوة المؤثرة عليه فيقل زخمه بالتدريج إلى أن يتوقف حسب العلاقة $(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$

* تنكسر بيضة نيئة إذا سقطت من ارتفاع ما باتجاه أرض صلبة من الاسمنت بينما لا تنكسر البيضة نفسها إذا وقعت على أرض من الرمل الناعم.

عندما تسقط على الأرض الصلبة يكون زمن التصادم صغير جدا فتكون القوة المؤثرة في البيضة كبيرة جدا

فتنكسر. اما على الرمل يكون زمن التصادم كبير فتكون القوة صغيرة فلا تنكسر حسب العلاقة $(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$

* ضربة الملاكم السريعة ذات أثر على الخصم أكبر من الضربة البطيئة.

لأن زمن تأثير الضربة السريعة قصير فتكون القوة كبيرة، وبالتالي يكون الأثر على الخصم أكبر منه للضربة

البطيئة حسب نظرية الدفع الزخم $(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$

* عندما يقفز شخص من مكان مرتفع فإنه يثني ركبتيه لحظة ملاصقة قدميه للأرض. لزيادة زمن التصادم مع

الأرض فتقل القوة المؤثرة عليه وبالتالي يقل زخمه بالتدريج إلى أن يتوقف حسب العلاقة $(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$

* توضع أكياس من الرمل بمحاذاة خنادق الجنود في الاماكن المعرضة للقصف.

عندما تنغرز القذيفة بالرمل تتعرض للقوة لفترة زمنية طويلة فيزداد الدفع عليها مما يقلل من زخمها بشكل كبير

فتقل سرعتها حسب العلاقة $(I = \Delta p = F \cdot \Delta t)$

* سرعة ارتداد المدفع أقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة.

بحسب العلاقة $P = m V$ تتناسب سرعة ارتداد المدفع عكسيا مع كتلته، وحيث أن كتلة المدفع أكبر بكثير من

كتلة القذيفة فهذا يعني أن سرعة ارتداده أقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة حسب قانون حفظ الزخم.

$$\vec{\Sigma P_i} = \vec{\Sigma P_f} \rightarrow 0 = m_1 V_1 - m_2 V_2 \rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{V_{2f}}{V_{1f}} (m_2 \gg m_1 \text{ then } V_{2f} \ll V_{1f})$$

* تصنف التصادمات حسب مبدأ حفظ الطاقة الحركية وليس حسب مبدأ حفظ الزخم.

لأن الزخم الخطي محفوظ في جميع أنواع التصادمات بينما الطاقة الحركية تكون محفوظة فقط في التصادم المرن.

* تكون الطاقة الحركية للجسمين المتصادمين قبل التصادم أكبر منها بعد التصادم غير المرن.

لأن الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة حيث يفقد جزءاً منها على شكل صوت أو حرارة أو شرارة أو تشوه في شكل الأجسام.

* ارتداد كرة المطاط بارتفاع أقل من الارتفاع الذي تسقط منه دائما.

تصادم كرة المطاط بالأرض غير مرن يؤدي الى نقصان طاقتها الحركية وهذه الطاقة تبذل شغلا في تشوه كرة المطاط أو على شكل صوت أو حرارة فتقل السرعة التي ترتد بها الكرة فيقل الارتفاع الذي ترتد به.

* هناك فقد كبير للطاقة الحركية في التصادم عديم المرونة. لأن جزء كبير من الطاقة الحركية يفقد في تشوه

الأجسام المتصادمة اثناء التحامها بالإضافة للصوت والحرارة الناتجة عن التصادم

* إذا سقطت كرة من الطين على ارضية صلبة فإنها لا ترتد بشكل ملحوظ.

تصادم كرة الطين بالأرض تصادم غير مرن ينتج عنه فقدان كبير لطاقتها الحركية وهذه الطاقة تبذل شغلا في تشوه كرة الطين أو على شكل صوت أو حرارة بالتالي تقل السرعة التي ترتد بها الكرة بمقدار كبير ولا ترتد بشكل ملحوظ.

* لا تبذل القوة المركزية شغلا. لأن اتجاه القوة المركزية يُعتمد اتجاه حركة الجسم فيكون الشغل منعدما

حسب العلاقة: $(W = Fd \cos 90 = 0)$

- * دفع باب من مقبضه أسهل من دفعه عند المنتصف.
لأنه كلما زاد ذراع القوة زاد عزمها مما يعمل على دوران الباب بسهولة أكبر.
- * الشغل والعزم لهما نفس وحدة القياس إلا أن هاتين الكميتين مختلفتين عن بعضهما.
لأن الشغل كمية قياسية ناتجة عن ضرب نقطي لمتجهي القوة والازاحة بينما العزم كمية متجهة ناتجة عن ضرب تقاطعي لمتجهي الموضع والقوة.
- * صعوبة ادارة عجلة ساكنة. لأن القصور الدوراني لها يمانع تغيير حالتها الحركية الدورانية.
- * القصور الدوراني لأسطوانة ذات قطر كبير يكون أكبر من أخرى لها نفس الكتلة وبقطر أصغر.
لأن القصور الدوراني يتناسب طرديا مع مربع نصف القطر، فعندما تتوزع الكتلة بعيدا عن محور الدوران يكون القصور الدوراني للجسم أكبر.
- * يقوم الغطاس عند القفز بثني جسمه وضم صدره الى ركبتيه وعندما يقترب من الماء يقوم بفرد جسمه.
الزخم الزاوي للجسم محفوظ وعندما يضم صدره الى ركبتيه يقل قصوره الدوراني فتزداد سرعته الزاوية فيصنع دورات أكثر، ثم يقوم بفرد جسمه ليغوص في الماء عموديا بشكل أسهل.
- * ازدياد السرعة الزاوية لراقص على الجليد عندما يضم يديه إلى صدره. الزخم الزاوي للجسم محفوظ وعندما يضم يديه الى صدره يقل قصوره الدوراني فتزداد سرعته الزاوية حسب العلاقة $(L = I \omega)$
- * يثبت دولاب معدني قطره كبير وكتلته كبيره نسبيا على جذع بعض الآلات.
لزيادة قصوره الدوراني وبالتالي نقل السرعة الزاوية حيث يمكن التحكم في تشغيل الآلات وإيقافها.

أهم المقارنات في الوحدة الأولى:

مقارنة بين أنواع التصادم (مرن، غير مرن، عديم المرونة):

وجه المقارنة	التصادم المرن	التصادم غير المرن	التصادم عديم المرونة
حفظ الزخم	محفوظ	محفوظ	محفوظ
حفظ الطاقة الحركية	محفوظة	غير محفوظة	غير محفوظة
سلوك الأجسام بعد التصادم	تنفصل بعد التصادم	قد تنفصل بعد التصادم وقد يلتحمان معا	يلتحمان معا
الطاقة الضائعة	$ \Delta K = 0$	$ \Delta K \neq 0$	$ \Delta K \neq 0$
نسبة الطاقة الضائعة	$\frac{ \Delta K }{\sum K_i} = 0$	$\frac{ \Delta K }{\sum K_i} \neq 0$	$\frac{ \Delta K }{\sum K_i} \neq 0$
طاقة التصادم بعد الحركة طاقة التصادم قبل الحركة	1	أقل من 1	أقل من 1
طاقة التصادم قبل الحركة طاقة التصادم بعد الحركة	1	أكبر من 1	أكبر من 1
التغير في طاقة الحركة	$\Delta K = 0$	$\Delta K \neq 0$	$\Delta K \neq 0$
السرعة النسبية	$V_{12i} = -V_{12f}$	$V_{12i} \neq -V_{12f}$	$V_{12i} \neq -V_{12f}$ $V_{12f} = 0$
أمثلة	التصادمات بين الجزيئات الذرية	تصادم سيارتين	البندول القذفي

مقارنة أنواع الحركة (الانتقالية، الدورانية):

وجه المقارنة	الحركة الانتقالية	الحركة الدورانية
سبب التحريك	محصلة القوى $F_{\text{net}} = ma$	محصلة العزوم $\tau_{\text{net}} = I\alpha$
دليل التحريك	تغير موضع الجسم	تغير موضع الجسم الزاوي (الدوران)
ممانعة التحريك	الكتلة	القصور الدوراني
التغير والثبات	تبقى الكتلة ثابتة	يتغير القصور بتغير محور الدوران

مقارنة قوانين حفظ الزخم (حفظ الزخم الخطي، حفظ الزخم الزاوي):

وجه المقارنة	قانون حفظ الزخم الخطي	قانون حفظ الزخم الزاوي
نص القانون	إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة في مجموعة من الاجسام بينها تأثير متبادل في نظام مغلق تساوي صفرا، فإن مجموع زخم هذه الأجسام يبقى ثابتا مقدارا واتجاها	الزخم الزاوي لجسم أو مجموعة من الأجسام يبقى ثابتا ما لم تؤثر عليها عزوم دورانية خارجية
العلاقة الرياضية	$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f$	$\Sigma \vec{L}_i = \Sigma \vec{L}_f$
شروط حفظ الزخم	1. النظام معزول / محصلة القوى الخارجية على الأجسام صفرا 2. النظام مغلق / تبقى كتلة النظام ثابتة	1. أن تكون محصلة العزوم المؤثرة على الجسم أو المنظومة تساوي صفرا. 2. أن يبقى محور الدوران ثابتا من دون تغيير.

مقارنة الزخم (الزخم الخطي، الزخم الزاوي):

وجه المقارنة	الزخم الخطي	الزخم الزاوي
التعريف	كمية فيزيائية متجهة يعبر عنها رياضيا بحاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته الخطية ويكون اتجاهها باتجاه السرعة الخطية	كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل الضرب التقاطعي لمتجه الموضع للجسم بالنسبة لنقطة اسناد في زخمه الخطي ويرمز له بالرمز (L) لجسم يدور حول محور: حاصل ضرب القصور الدوراني في السرعة الزاوية.
نوع الكمية	متجهة	متجهة
العلاقة الرياضية	$\vec{P} = m \vec{V}$	$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ $\vec{L} = I \vec{\omega}$ (خاص بالحركة الدورانية)
وحدة القياس	Kg.m/s	kg.m ² /s
العوامل التي تعتمد عليها	كتلة الجسم وسرعته ويتناسب طرديا مع كل منهما	متجه الموضع والزخم الخطي وجيب الزاوية المحصورة بينهما ويتناسب مع جميعها طرديا

وجه المقارنة	الزخم الخطي	الزخم الزاوي
		يعتمد على القصور الدوراني والسرعة الزاوية ويتناسب معهما طرديا في الحركة الدورانية

مقارنة التغير في الزخم (الخطي، الزاوي):

وجه المقارنة	التغير في الزخم الخطي	التغير في الزخم الزاوي
القانون	$\Delta P = m \Delta V = F \cdot \Delta t$	$\Delta L = I \Delta \omega = \tau \cdot \Delta t$
العوامل التي يعتمد عليها	محصلة القوة زمن تأثير القوة	محصلة العزم زمن تأثير محصلة العزم
الاتجاه	نفس اتجاه القوة	نفس اتجاه العزم



لتحميل المزيد من موقع المكتبة الفلسطينية الشاملة

<http://www.sh-pal.com>

تابعنا على صفحة الفيس بوك: www.facebook.com/shamela.pal

تابعنا على قنوات التلجرام: www.sh-pal.com/p/blog-page_42.html

أقسام موقع المكتبة الفلسطينية الشاملة:

الصف الأول: www.sh-pal.com/p/blog-page_24.html

الصف الثاني: www.sh-pal.com/p/blog-page_46.html

الصف الثالث: www.sh-pal.com/p/blog-page_98.html

الصف الرابع: www.sh-pal.com/p/blog-page_72.html

الصف الخامس: www.sh-pal.com/p/blog-page_80.html

الصف السادس: www.sh-pal.com/p/blog-page_13.html

الصف السابع: www.sh-pal.com/p/blog-page_66.html

الصف الثامن: www.sh-pal.com/p/blog-page_35.html

الصف التاسع: www.sh-pal.com/p/blog-page_78.html

الصف العاشر: www.sh-pal.com/p/blog-page_11.html

الصف الحادي عشر: www.sh-pal.com/p/blog-page_37.html

الصف الثاني عشر: www.sh-pal.com/p/blog-page_33.html

ملازم للمتقدمين للوظائف: www.sh-pal.com/p/blog-page_89.html

شارك معنا: www.sh-pal.com/p/blog-page_40.html

اتصل بنا: www.sh-pal.com/p/blog-page_9.html