بسم الله الرحمن الرحيم

منطقة العاصمة التعليمية

ثانوية حمد عيسى الرجيب

قسم الكيمياء والفيزياء

اجابات كتاب الطالب الصف الثاني عشر

إجابات أسئلة الدرس 1-1

أوّلًا - الشغل يساوي صفرًا حيث لا يوجد أي إزاحة.

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

وبما أن اتجاه القوة هو نفس اتجاه الإزاحة تكون

$\cos\theta = \cos 0 = 1$ وعليه يكون مقدار الشغل الناتج:

$W = F \times d = 100 \times 1 = (100)J$.

ثالثًا - الشغل الناتج عن قوّة شدّ النابض يُحسب بالمعادلة:

$$W = \frac{1}{2}k\Delta x^2 = \frac{1}{2}40\,(2 \times 10^{-2})^2 = (8 \times 10^{-3})J$$

رابعًا - $W = \frac{1}{2}k\Delta x^2$

$$\Rightarrow k = \frac{2W}{\Delta x^2} = \frac{2 \times 400}{(8 \times 10^{-2})^2} = (1.25 \times 10^5)N/m$$

خامسًا - الشغل اللازم لضغط النابض من $(2)cm$ إلى $(8)cm$

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{1}{2}k\,(x_2^2 - x_1^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times (64 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-4})$$

$$= (0.3)J$$

سادسًا - بين $0 < x < 4$

$$W_1 = \frac{4 \times 3}{2} = (6)J$$

موجب

بين $4 < x < 6$

$$W_2 = \frac{2 \times 3}{2} = (3)J$$

سالب

وبالتالي فإنّ الشغل الكلّي يساوي:

$$W_t = 6 - 3 = (3)J$$

إجابات أسئلة الدرس 1–2

أوّلًا – الشغل الناتج عن محصّلة القوّة الخارجية المؤثّرة في الجسم في فترة زمنية محدّدة يساوي التغيير في طاقته الحركية خلال الفترة نفسها.

ثانيًا – $KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1500)(\frac{72}{3.6})^2$

$= (300000)J$

ثالثًا– $PE_g = mgh = 0.1 \times 10 \times 0.8 = (0.8)J$

رابعًا – (أ) $KE = (0)J$ لأنّ $v = (0)m/s$ (لا تتحرّك)

(ب) $PE_g = mgh = 0.15 \times 10 \times 3 = (4.5)J$

(جـ) $\Delta KE = \Sigma W$

$\frac{1}{2}Mv_f^2 - 0 = Mg\Delta h$

$v_f^2 = 2g\Delta h = 2 \times 10 \times 2$

$v_f = \sqrt{40} = (6.32)m/s$

(د) بغياب الاحتكاك، تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة أي أنّ

$ME = mgh = 0.15 \times 10 \times 3 = (4.5)J$

أو في النقطة المذكورة نكتب الطاقة الميكانيكية:

$ME = \frac{1}{2}mv^2 + mg\Delta h$

$= \frac{1}{2} \times 0.15 \times 40 + 0.15 \times 10 \times 1$

$= 3 + 1.5 = (4.5)J$

(هـ) بما أنّ الطاقة الميكانيكية محفوظة بغياب الاحتكاك، فإنّ الطاقة الحركية لحظة الاصطدام بالأرض تساوي:

$KE = (4.5)J$ حيث أنّ طاقة الوضع على سطح الأرض تساوي $(0)J$.

خامسًا – (أ) $KE = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$

$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(\frac{1}{2}Mr^2)(\frac{v}{r})^2$

$= \frac{v^2}{2}(m + \frac{M}{2})$

(ب) $W = mgh$

(جـ) الشغل الناتج عن وزن البكرة يساوي صفر حيث أنّ وزن البكرة لا يحدث أي إزاحة.

(د) باستخدام قانون الطاقة الحركية:

$\Delta KE = \Sigma W$

$\frac{v^2}{2}(m + \frac{M}{2}) = mgh$

سادسًا — **(أ)** $KE_i = \frac{1}{2} I\omega_i^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 20^2 = (4000)J$

(ب) $KE_f = \frac{1}{2} I\omega_f^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^2 = (1000)J$

إنّ التغيير في الطاقة الحركية يساوي:

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = 1000 - 4000 = (-3000)J$$

والإشارة السالبة تدلّ على خسارة النظام للطاقة.

(جـ) $\Delta KE = \Sigma W$

$$-3000 = W_w + W_N + W_f$$

ولكن W_w و W_N يساويان صفر لأنهما لا يسبّبا أي إزاحة وبالتالي: $W_f = (-3000)J$

أي أنّ مقدار الشغل الناتج يساوي $(3000)J$ والإشارة السالبة تدلّ على أنّ الشغل المبذول من قوة الاحتكاك معاكس للحركة الدورانية لعجلة الدرّاجة.

إجابات أسئلة الدرس 1–3

أوّلًا – الطاقة الكلّية تساوي مجموع الطاقة الميكانيكية والطاقة الداخلية.

$$E = ME + U$$

ثانيًا – الطاقة الميكانكية تساوي مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع لجسم ماكروسكبي، أمّا الطاقة الداخلية فتساوي مجموع الطاقة الحركية الميكروسكوبية وطاقة الوضع الميكروسكوبية.

ثالثًا – **(أ)** $\Delta KE = \Sigma W_{Fex}$

$$\frac{1}{2} m v_A^2 - \frac{1}{2} m v_O^2 = -f\,(OA)$$

$$v_A^2 - v_O^2 = \frac{2}{m} f\,(OA)$$

(ب) بين O وB: باستخدام قانون الطاقة الحركية:

$$\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_O^2 = -mg(\sin\alpha)AB - f\,(OB)$$

$$\frac{1}{2}(1)^2(0.1) - \frac{1}{2}(0.1)\,v_O^2 = -0.1(10)(\sin 30)(1) - 0.5(3)$$

$$v_O = \sqrt{\frac{1.55 + \sin(30)}{0.05}} = (6.4)\text{m/s}$$

رابعًا – **(أ)** بما أنّ السطح AB أملس فإنّ الطاقة الميكانيكية بين B و A محفوظة أي:

$$ME_A = ME_B$$

$$KE_A + PE_{gA} = KE_B + PE_{gB}$$

$$0 + m\,g\,h = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$h = \frac{1}{2}\frac{v_B^2}{g} = (0.8)\text{m}$$

ولكن $h = AB(\sin\alpha)$

$$AB = \frac{h}{\sin\alpha} = \frac{0.8}{0.5} = (1.6)\text{m}$$

(ب) بما أنّ الطاقة الميكانيكية غير محفوظة فإنّ التغيّر في الطاقة الميكانيكية يساوي التغيّر في الطاقة الداخلية وعليه:

$$\Delta ME = -\Delta U = -f.BC$$

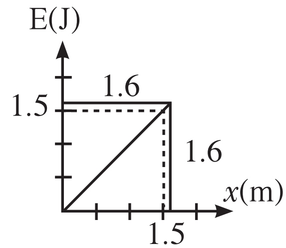
وبالتعويض عن المقادير المعلومة نحصل على:

خامسًا – **(أ)** $ME = KE_0 + PE_0 = \frac{1}{2} mv_0{}^2 = \frac{1}{2}(0.2)(16)$

$= (1.6)J$

(ب) $PE_g = mgh = mgx(\sin\alpha) = 0.2 \times 10 \times (\sin 30)\, x = x$

(جـ)



(د) – عندما تكون السرعة $(1)m/s$، تكون الطاقة الحركية تساوي:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2}(0.2)(1)^2 = (0.1)J$$

وبالتالي فإنّ طاقة الوضع تساوي:

$$PE_g = 1.6 - 0.1 = (1.5)J$$

وبالتالي نستنتج من الرسم البياني أنّ $x = (1.5)m$، ولكنّ الارتفاع يساوي:

$$h = x(\sin \alpha) = 1.5(\sin 30) = (0.75)m$$

سادسًا – **(أ)** (1) يمثّل الطاقة الميكانيكية لأنّها ثابتة بغياب الاحتكاك.

(2) يمثّل طاقة الوضع حيث يكون مقدار الطاقة يساوي صفرًا عند $\theta = 0^\circ$

(3) يمثّل الطاقة الحركية حيث يكون مقدار الطاقة الحركية يساوي قيمة عظمى عند $\theta = 0^\circ$

(ب) – $ME = mgL(1 - \cos 60)$

$$= 0.2 \times 10 \times \left(1 - \frac{1}{2}\right) = (1)J$$

(جـ) $PE_g = mgL(1 - \cos\theta) = 0.2(10)(1)(1 - \cos\theta)$

$$= 2 - 2\cos\theta$$

(د) $KE = 1 - 2 + 2\cos\theta$

$$KE = 2\cos\theta - 1$$

(هـ) إنّ نقطة التقاء المنحنين 2 و3 حيث $\theta = 41.4^\circ$ تمثّل الزاوية

مراجعة الفصل الأوّل

◀ عرّف الشغل المبذول من قوّة على جسم. **(يحدث الشغل بإزاحة جسم في اتّجاه القوّة المؤثِّرة.)**

◀ أذكر العلاقة الرياضية لاحتساب مقدار شغل قوّة منتظِمة تصنع زاوية θ مع خطّ الإزاحة. **(الشغل الناتج عن أيّ قوّة منتظِمة متّجَهة $\vec{F}$ تُسبِّب إزاحة $\overrightarrow{AB}$ تُحسَب بالعلاقة:**

$W = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos\theta$.)

◀ ماذا يساوي الشغل الناتج عن قوّة متغيِّرة؟ **(الشغل الناتج عن قوّة متغيِّرة يساوي المساحة تحت المنحنى القوّة – الإزاحة.)**

◀ عرّف الطاقة. **(الطاقة هي القابلية على إنجاز شغل.)**

◀ قارن بين الطاقة الحركية والطاقة الكامنة. **(الطاقة الحركية هي الشغل الذي يُنجِزه الجسم بسبب حركته أمّا الطاقة الكامنة فهي طاقة يختزنها الجسم وتسمح له أن ينجز شغلًا للتخلّص منها.)**

◀ قارن بين الطاقة الميكانيكية لنظام ماكروسكوبي والطاقة الداخلية.
(الطاقة الميكانيكية وتُسمّى أيضًا الطاقة الميكانيكية الماكروسكوبية ME_{macro} وهي مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة للجسم الماكروسكوبي، أمّا الطاقة الداخلية فتساوي مجموع الطاقة الحركية الميكروسكوبية المكوِّنة لجسيمات النظام، والطاقة الكامنة الميكروسكوبية الناتجة عن مختلف التأثيرات بين جسيمات النظام.)

◀ أذكر نصّ قانون الطاقة الحركية. **(قانون الطاقة الحركية: إنّ الشغل الناتج عن محصَّلة القوّة الخارجية المؤثِّرة في الجسم في فترة زمنية محدَّدة يساوي التغيّر في طاقته الحركية خلال الفترة نفسها.)**

◀ عرّف الطاقة الكلّية للنظام. **(إنّ الطاقة الكلّية E لنظام هي مجموع الطاقة الداخلية U والطاقة الميكانيكية ME.)**

◀ أذكر نصّ قانون حفظ (بقاء) الطاقة. **(ينصّ قانون حفظ (بقاء) الطاقة على التالي: «الطاقة لا تفنى ولا تُخلَق من عدم، ويُمكِن للطاقة داخل أيّ نظام معزول أن تتحوّل من شكل إلى آخر، فالطاقة الكلّية للنظام ثابتة لا تتغيّر».)**

◀ استنتج العلاقة بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع للنظام عندما

إجابات أسئلة الفصل

تحقق من فهمك

1. موجبة
2. $(-98)\text{J}$
3. تتغيّر أثناء تغيّر حالة النظام
4. تتناقص على طول المسار
5. يُنجَز شغل عندما تؤثّر قوّة في جسم فتحدث إزاحة باتّجاه القوّة أو باتّجاه أحد مركّباتها.
6. الشغل الناتج عن قوّة الجاذبية الأرضية يساوي صفرًا لأنّ قوّة الجاذبية عمودية على الإزاحة.
7. الشغل لا يعتمد على المسار بين نقطتين.
8. عند غياب الاحتكاك أو أيّ تفاعل كيميائي أو نووي في نظام معزول مُغلَق تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة.
9. عندما يكون النظام مغلقًا ولا يكون هنالك أيّ تبادل للطاقة بين النظام والمحيط.

تحقق من مهارتك

1. **(أ)** $\text{ME} = \text{mgL}\,(1 - \cos 60)$

$$= 0.1\,(10)\,(0.4)\left[1 - \frac{1}{2}\right] = (0.2)\text{J}$$

(ب) عند مرور الكتلة بالنقطة G_0، تكون طاقة الوضع التثاقلية تساوي $\text{PE}_g = (0)\text{J}$، وبغياب الاحتكاك تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة وبالتالي: $\text{ME}_i = \text{ME}_f$

$$0.2 = \frac{1}{2}\text{mv}^2 \Rightarrow 0.4 = 0.1\,\text{v}^2 \Rightarrow \text{v} = (2)\text{m/s}$$

(جـ) لنسمّي الزاوية θ حيث تتساوى الطاقة الحركية وطاقة الوضع التثاقلية. بما أنّ الطاقة الميكانيكية محفوظة بغياب الاحتكاك، نكتب:

$$\text{ME}_0 = \text{ME}_t$$

$\text{ME} = \text{KE} + \text{PE}_g$ ولكن عند الزاوية θ تتساوى طاقة الوضع التثاقلية والطاقة الحركية أي:

$$\text{ME} = 2\text{PE}_g = 2\,\text{mgL}(1 - \cos\theta)$$

$$0.2 = 2(0.1)(10)(0.4)[1 - \cos\theta]$$

$$\Rightarrow 1 - \cos\theta = \frac{0.2}{0.8}$$

$$\cos\theta = 1 - \frac{1}{\ } = \frac{3}{\ }$$

(ب) بتطبيق قانون الطاقة الحركية:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = mg\Delta y - f\Delta y$$

$$0 - \frac{1}{2}(10)(200) = 10 \times 10 \times 1 - f(1)$$

$$-1000 - 100 = -f$$

$$f = (1100)N$$

3. بتطبيق قانون الطاقة الحركية:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{4}mv_i^2 = F\Delta x - f\Delta x$$

$$\frac{1}{2}(0.5)(60)^2 - 0 = F(100) - 93(100)$$

$$F = (102)N$$

4. **(أ)** الطاقة الحركية في الحركة الدورانية تُحسَب بالمعادلة التالية:

$$KE = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}I\omega^2$$

علمًا أنّ $\omega = 2\pi f = 2\pi(20) = (40\pi)rad/s$

وبالتعويض عن المقادير المعلومة:

$$KE = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 10 \times 1 \times 40^2\,\pi^2 = (39478)J$$

(ب) عندما تقلّ السرعة إلى النصف تصبح:

$$\omega_2 = (20\pi)rad/s$$

وبالتالي تصبح الطاقة الحركية:

$$KE_2 = \frac{1}{2}I\,\omega_2^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 10 \times 1 \times 20^2\,\pi^2 = (9870)J$$

أمّا الطاقة الحرارية التي يطلقها القرص نتيجة انخفاض سرعته الدورانية فتساوي:

$$E = 9870 - 39478 = (-29608)J$$

إنّ مقدار الطاقة الحرارية يساوي $(29608)J$ والإشارة السالبة تدلّ على أنّ النظام أطلق طاقة حرارية إلى خارجه.

5. **(أ)** النظام في حالة سكون يعني أنّ الطاقة الحركية

إجابات أسئلة الدرس 2–1

أوّلًا – كمّية الحركة لكتلة نقطية هي كمّية فيزيائية مُتّجَهة تساوي حاصل ضرب الكتلة m والسرعة المُتّجَهة $\vec{v}$.

ثانيًا – الدفع كمّية فيزيائية مُتّجَهة تساوي حاصل ضرب القوّة في زمن تأثيرها ولها اتّجاه القوّة نفسه.

ثالثًا – **(أ)** انطلاقًا من معادلة القانون الثاني لنيوتن: $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

وبالتعويض عن العجلة $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ في المعادلة نحصل على:

$$\Sigma\vec{F} = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$$

(ب)— انطلاقا من معادلة القانون الثاني لنيوتن: $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

وبالتعويض عن العجلة $\vec{a} = \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ في المعادلة نحصل على:

$$\Sigma\vec{F} = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow \Sigma\vec{F}\Delta t = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

$$\Sigma\vec{F}\Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$

$$\Sigma\vec{F} \,.\, \Delta t = \vec{P}_f - \vec{P}_i$$

رابعًا —(أ) $\vec{I} = \Delta\vec{P} = \vec{F}\Delta t$

بالتعويض عن المقادير المعلومة نجد أنّ:

$$\Delta P = 100 \times 0.01 = (1)\text{kg.m/s}$$

(ب) $\Delta\vec{P} = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$

وباعتماد اتجاه القوة على أنه الاتجاه الموجب وبالتعويض عن $v_i = (0)\text{m/s}$ لأنّ الجسم انطلق من سكون وبالتعويض عن المقادير المعلومة الأخرى نحصل على:

$$1 = 0.1(v_f - 0) \Rightarrow v_f = (10)\text{m/s}$$

خامسًا —(أ) باستعمال المعادلة $\vec{I} = \vec{F}\Delta t$ ، وبالتعويض عن المقادير المعلومة نحصل على:

$$I = 30000 \times 4 = (120000)\text{N.s}$$

(ب) $I = \Delta P$ أي أنّ التغيّر في مقدار كمّية الحركة يساوي $(120000)\text{kg.m/s}$.

(جـ) أنّ التغيّر في مقدار كمّية الحركة يمكن تمثيله بالمعادلة التالية:

$$\Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{v}_0 = m\Delta\vec{v}$$

$$\Delta\vec{v} = \frac{\Delta\vec{P}}{m}$$

بالتعويض عن المقادير العددية المعلومة نحصل على:

$$\Rightarrow \Delta v = \frac{120000}{950} = (126.3)\text{m/s}$$

سادسًا — إن التغيّر في كمّية الحركة نتيجة الاصطدام يُحسَب على الشكل التالي: $\Delta\vec{P} = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i) = \vec{F}\Delta t$

وبالتعويض عن المقادير المعلومة:

إجابات مراجعة الدرس 2–2

أوّلًا – ينصّ قانون حفظ (بقاء) كمّية الحركة على أنّ كمّية حركة النظام، في غياب القوى الخارجية المؤثِّرة تبقى ثابتة، منتظِمة ولا تتغيّر.

ثانيًا – التصادم المرن هو أحد أنواع التصادمات حيث تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة أي أنّ الطاقة الحركية للكتلتين قبل التصادم تساوي الطاقة الحركية بعد التصادم.

ثالثًا – تتشابه التصادمات اللّامرنة واللّامرنة كلّيًّا بعدم حفظ (بقاء) الطاقة الحركية للنظام، حيث تتحوّل كمّية من الطاقة الحركية للنظام إلى حرارة، أو تؤدّي إلى تشوّهات في شكل النظام. ولكن في التصادمات اللّامرنة، ترتدّ الأجسام المتصادمة بعد اصطدامها بعيدًا عن بعضها البعض بسرعات مختلِفة عن سرعتها قبل التصادم. أمّا في التصادم اللّامرن كلّيًّا، فتلتحم الأجسام المتصادِمة لتصبح جسمًا واحدًا تساوي كتلته مجموع الكتلتين، ويتحرّك بسرعة واحدة.

رابعًا – **(أ)** باستخدام قانون حفظ (بقاء) كمّية الحركة حيث إنّ النظام معزول، وبتطبيق قانون حفظ (بقاء) الطاقة الحركية خلال التصادمات المرنة، وبما أنّ الجسم الثاني قبل التصادم ساكنًا، نكتب معادلات السرعة بعد التصادم.

$$\vec{v'}_1 = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} \vec{v}_1$$

$$\vec{v'}_2 = \frac{[(2m_1)]}{(m_1 + m_2)} \vec{v}_1$$

وبالتعويض عن المقادير المعلومة نجد أنّ:

$$\vec{v'}_1 = (-0.8\,\vec{i})\ m/s$$

$$\vec{v'}_2 = (1.2\,\vec{i})\ m/s$$

(ب) المسافة التي تقطعها الكتلة m_1 بالاتّجاه السالب للمحور الأفقي $x'x$ تساوي:

$$x_1 = v_1't = 0.8(2.5) = (2)m$$

المسافة التي تقطعها الكتلة m_2 بالاتّجاه الموجب للمحور

خامسًا – باستخدام قانون حفظ (بقاء) كمّية الحركة حيث إنّ النظام معزول نكتب:

$$\vec{P}_0 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$$

وبإسقاط المعادلة على المحور الأفقي نحصل على:

$$\vec{P}_{0x} = \vec{P}_{x1} + \vec{P}_{x2}$$

$$(1).....m_1v_1 = m_1v'_1 \cos 50 + m_2v'_2\cos 40$$

وبإسقاط المعادلة على المحور الرأسي نحصل على:

$$0 = m_1v'_1 \sin 50 - m_2v'_2\sin 40$$

$$m_1v'_1 \sin 50 = m_2v'_2\sin 40$$

$$\Rightarrow v'_2 = \frac{m_1v'_1 \sin 50}{m_2 \sin 40}$$

$$\Rightarrow v'_2 = \frac{0.2 \sin 50}{0.15 \sin 40} v'_1$$

$$\Rightarrow v'_2 = (1.589)v'_1$$

وبالتعويض عن v'_2 في المعادلة (1) نحصل على:

$$0.2(1) = 0.2\cos 50\ v'_1 + 0.15\cos 40(1.589)\ v'_1$$

$$\Rightarrow 0.2 = 0.311\ v'_1$$

$$\Rightarrow v'_1 = (0.64)m/s$$

وبالتالي تساوي: $v'_2 = (1.02)m.s$

سادسًا —(أ) باستخدام قانون حفظ (بقاء) كمّية الحركة حيث إنّ النظام معزول نكتب:

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

وبما أنّ اتّجاه حركة السمكة الصغيرة قبل ابتلاعها هو نفس اتّجاه حركة السمكة الكبيرة بعد ابتلاعها للسمكة الصغيرة نكتب:

$$5 \times 1 + 0 = (5 + 1)v \Rightarrow v = \left(\frac{5}{6}\right)m/s$$

(ب) في حال تحرّك السمكة الصغيرة باتّجاه السمكة الكبيرة نحصل على:

$$5 \times 1 + 1(-4) = (5 + 1)\ v \Rightarrow v = \left(\frac{1}{6}\right)m/s$$

سابعًا — (أ) إنّ الطاقة الميكانيكية للنظام محفوظة في غياب الاحتكاك وبالتالي:

$$mgL(1 - \cos 60) = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\frac{gL}{2} = \frac{v_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{gL} = (\sqrt{10})m/s$$

$$\vec{v}_2 = -\sqrt{10}\ \vec{i}$$

(ب) بما أنّ الكرة الأولى (m_1) ساكنة، يمكننا أن نجد سرعة الكرتين بعد التصادم باستخدام المعادلات:

$$\vec{v'}_1 = \frac{2m_2}{m_1 + m_2}\vec{v}_2$$

$$\vec{v'}_2 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\vec{v}_2$$

وبالتالي $\vec{v'}_1 = \frac{-2(400)(\sqrt{10}\ \vec{i})}{600} = (-4.21\,\vec{i})m/s$

$$\vec{v'}_2 = -\frac{(400 - 200)}{600}\sqrt{10}\ \vec{i}$$

$$v'_2 = (-1.05)m/s$$

(جـ) بعد التصادم، تتحوّل طاقة الكرة الحركية إلى طاقة وضع تثاقلية وبالتالي:

$$\frac{1}{2}m_1v'^2_1 = m_1gL(1 - \cos\alpha_1)$$

$$\frac{1}{2}(0.2)(4.21)^2 = 0.2 \times 10(1)(1 - \cos\alpha_1)$$

$$\cos\alpha_1 = 1 - 0.88 \Rightarrow \cos\alpha_1 = 0.12 \qquad \alpha_1 = 83^\circ$$

$$h_1 = 1 - \cos\alpha_1 = 1 - \cos(83) = (0.88)\,m$$

$$v_f^2 = 2gh \Rightarrow v_f = \sqrt{2 \times 10 \times 0.1} = \sqrt{2} = (1.41)\text{m/s}$$

بتطبيق قانون حفظ (بقاء) كمّية الحركة حيث إنّ النظام معزول نحصل على:

$$\vec{P}_i = \vec{P}_f \Rightarrow m\vec{v}_i + 0 = (m + M)\ \vec{v}_f$$

$$\Rightarrow \vec{v}_i = \frac{m + M}{m}\ \vec{v}_f$$

$$\Rightarrow \vec{v}_1 = \frac{5.02}{0.02}\ 1.41\ \vec{i} = (353.91\,\vec{i})\text{m/s}$$

(ب) الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم تساوي:

$$KE_1 = \frac{1}{2}mv_1^{\,2} + \frac{1}{2}Mv_1^{\,2}$$

$$= \frac{1}{2}(20 \times 10^{-3})\ (354)^2 = (1253.16)\text{J}$$

الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم تساوي:

$$KE_f = \frac{1}{2}(5.02)(1.41)^2 = (5.02)\text{J}$$

$$KE_i \neq KE_f$$

وبالتالي فإنّ التصادم غير مرن فهو تصادم لامرن كلّيًّا حيث التحم الجسمان ليشكّلا جسمًا واحدًا.

إجابات أسئلة الفصل

تحقق من فهمك

1. متوسّط القوّة
2. كمّية الحركة
3. تغيّر في الاتّجاه على المسار
4. نتيجة التفاعل بين مكوّنات النظام

تحقق من معلوماتك

1. إنّ الأجسام التي لها كمّية الحركة نفسها يجب أن يكون لها الاتّجاه ومقدار السرعة نفسهما.
2. الدفعات المطّاطية تزيد من فترة التصادم ممّا يقلّل من تأثير القوّة.
3. عند غياب تأثير القوى الخارجية تكون كمّية الحركة محفوظة.

تحقق من مهارتك

1. (أ) إن القوّة المؤثّرة في السيارة هي وزن السيارة، وردّ فعل الطريق وقوّة المكابح وبالتالي إنّ محصلة القوى هي:

$$\Sigma\vec{F} = \vec{W} + \vec{N} + \vec{f} = \vec{f}$$

وبما أنّ محصَّلة القوى الخارجية لا تساوي صفرًا فإنّ كمّية الحركة للسيارة غير محفوظة.

(ب) باستخدام المعادلة $\Sigma\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

وبالتعويض عن المقادير المعلومة نحصل على:

$$\vec{f} = \frac{m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)}{\Delta t} = \frac{1500(0 - 33.33)\vec{i}}{8}$$

$$= (-6250\vec{i})N$$

2. $KE = \frac{1}{2}mv^2 = (150)J$

$P = mv = (30)kg.m/s$ وبالتعويض عن mv في معادلة الطاقة الحركية نحصل على:

$$\frac{1}{2}(30)v = 150$$

$$v = \frac{300}{30} = (10)m/s$$

وبالتعويض عن v في معادلة كمّية الحركة نحصل على:

4. (أ) بما أنّ محصّلة القوى الخارجية المؤثِّرة في النظام تساوي صفرًا، فإنّ كمّية الحركة محفوظة، أي أنّ:

كمّية الحركة قبل = كمّية الحركة بعد $\vec{P}_i = \vec{P}_f$

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}$$

وبإسقاط المعادلة في اتّجاه الحركة نحصل على:

$$0 + 40(3.33) = 100v$$

$$v = (1.33)\text{m/s } (= (4.8)\text{km/h})$$

(ب) الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم:

$$KE_i = m_1v_1^{\ 2} + \frac{1}{2}m_2v_2^{\ 2} = 0 + \frac{1}{2}(40)(3.33)^2$$
$$= (221.77)\text{J}$$

الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم:

$$KE_f = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2}(100)(1.33)^2$$
$$= (88.44)\text{J}$$

(ج) الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم لا تساوي الطاقة الحركية بعد التصادم، وهذا يعني أنّ التصادم لامرن بل هو لامرن كلّيًّا لالتحام الجسمين في جسم واحد.

5. (أ) بغياب الاحتكاك، تكون الطاقة الميكانيكية للنظام (كرة، خيط، أرض) محفوظة وبالتالي:

$$ME_i = ME_f$$

$$mgL + 0 = \frac{1}{2}mv_1^{\ 2}$$

$$v_1 = \sqrt{2gl} = \sqrt{20} = (4.47)\text{m/s}$$

(ب) باستخدام معادلات التصادم في حالة كان أحد الأجسام قبل التصادم ساكنًا:

$$\vec{v'}_1 = \frac{[(m_1 - m_2)]}{[(m_1 + m_2)]}\vec{v}_1 = -\left(\frac{2.5}{7.5}\right)4.47\,\vec{i}$$
$$= \left(-1.49\,\vec{i}\right)\text{m/s}$$

$$\vec{v'}_2 = \frac{[(2m_1)]}{[(m_1 + m_2)]}\vec{v}_1 = \left(\frac{5}{7.5}\right)4.47\,\vec{i}$$
$$= (2.98\,\vec{i})\text{m/s}$$

6. (أ) في خلال الفترة بين $t = (0)\text{s}$ و $t = (4)\text{s}$

وباستخدام قانون كمّية الحركة: $\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{P}$

(جـ) الدفع الكلّي: $I = 16 - 8 + 4 = (12)\text{kg.m/s}$

$$\vec{I} = \Delta\vec{P} = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

$$12 = 2(v_f - 0)$$

$$v_f = (6)\text{m/s}$$

(د) الطاقة الحركية: $KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2)(6)^2$

$$= (36)\text{J}$$

إجابات أسئلة الدرس 3–1

أوّلًا – اتّجاه القوّة مُتعامَد مع ذراعها .

ثانيًا – باستخدام معادلة عزم القوّة ، نجد أنّ مقدار العزم يساوي:

$$\tau = F\, d \sin 45 = 100 \times 0.2 \sin 45 = (14.14)\text{N.m}$$

أمّا اتّجاهها فهو سالب .

ثالثًا – بما أنّ النظام في حالة اتّزان دوراني ، فإنّ محصّلة العزوم تساوي صفرًا:

أي أنّ المجموع الجبري للعزوم باتّجاه عقارب الساعة = المجموع الجبري للعزوم بعكس اتّجاه عقارب الساعة

$$\Sigma\tau_{C.W} = \Sigma\tau_{A.C.W}$$

$$10 \times 0.5 = m \times 10 \times 0.25$$

$$m = \frac{5}{2.5} = (2)\text{kg}$$

رابعًا – باستخدام معادلة عزم القوّة نجد أنّ مقدار العزم يساوي:

$$\tau = F\, d \sin\theta \qquad F = \frac{40}{0.25 \times \sin 60} = (184.75)\text{N}$$

خامسًا – **(أ)** إنّ جميع القوى عمودية على ذراع القوّة وبالتالي:

عزم وزن الولد يُحسَب بالمعادلة:

$$\tau_b = W_b \times d = 600 \times 1.5 = (900)\text{N.m}$$

بالاتّجاه السالب .

عزم وزن البنت يُحسَب بالمعادلة:

$$\tau_g = W_g \times d = 300 \times 3 = (900)\text{N.m}$$

بالاتّجاه الموجب .

إنّ محصّلة العزمين على النظام يساوي صفرًا ، وهذا يعني أنّ النظام في حالة اتّزان دوراني .

(ب) يكون النظام في حالة اتّزان دوراني عندما تكون محصّلة عزوم القوى عليه تساوي صفرًا ، أي أنّ المجموع الجبري للعزوم باتّجاه عقارب الساعة = المجموع الجبري للعزوم بعكس اتّجاه عقارب الساعة .

$$\Sigma\tau_{C.W} = \Sigma\tau_{AC.W}$$

وبالتعويض عن المقادير المعلومة نجد أنّ

إجابات أسئلة الدرس 3–2

أوّلًا – الكتلة والقصور الذاتي الدوراني هما كمّيتان تقيسان ممانعة الجسم لتغيير حركته. فالكتلة تقيس ممانعة الجسم لتغيير الحركة الخطيّة، بينما يقيس القصور الذاتي الدوراني ممانعة الجسم لتغيير الحركة الدورانية. أمّا وجه الإختلاف فيكمن في أنّ الكتلة ثابتة، بينما القصور الدوراني يتغيّر بتغيّر محور الدوران.

ثانيًا – $I = \frac{1}{2} MR^2$

$= (0.015)\text{kg.m}^2$

$= (1.5 \times 10^{-2})\text{kg.m}^2$

ثالثًا – لا، لأنّ كتلتهما موزَّعة بطريقة مختلفة حول مركز الدوران.

رابعًا – (أ) إنّ القصور الذاتي الدوراني للنظام حول محور الدوران (Δ) المار في أحد أطرافها يساوي $I_1 = Im_1 + Im_2 + I_{rad}$ بما أنّ الكتلة الأولى موجودة على محور الدوران فإنّ القصور الذاتي الدوراني للكتلة يساوي صفر. وبما أنّ العصا مهملة الكتلة فإنّ قصورها الدوراني أيضًا يساوي صفر. وبالتالي فإنّ القصور الذاتي الدوراني للنظام يساوي:

$I_1 = Im_2 = md^2 = 0.3 \times (0.65)^2 = (0.13)\ \text{kg.m}^2$

(ب) عندما تدور العصا حول مركز كتلتها فإنّ القصور الذاتي الدوراني للنظام يساوي: $I_2 = Im_1 + Im_2$ ولكن الكتلتين متساويتين فبالتالي: $I_2 = 2mr^2$

$I_2 = 2 \times 0.3 \times \left(\frac{0.65}{2}\right)^2 = (0.063)\ \text{kg.m}^2$

(جـ) $I_{CM} < I_1$

إجابات الدرس 3–3

أوّلًا – عندما يدور الجسم بسرعة زاوية ثابتة، هذا يعني أنّ العجلة الزاوية تساوي $\theta'' = (0)\text{rad/s}^2$.

وباستخدام القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية $\Sigma\tau = I\theta''$، نجد أنّ: $\Sigma\tau = 0$. وبالتالي نستنتج أنّ عندما يدور الجسم بسرعة زاوية ثابتة، تكون محصّلة العزوم تساوي صفرًا.

ثانيًا – باستخدام القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية $\Sigma\tau = I\theta''$، نجد أنّ:

$$F \times r = I \times \theta''$$

$$6 \times \frac{1.5}{2} = mr^2 \times \theta''$$

$$4.5 = 4\left(\frac{1.5}{2}\right)^2 \times \theta''$$

$$\theta'' = \frac{4.5}{2.25} = (2)\text{rad/s}^2$$

وبما أنّ الحركة دورانية بعجلة مُنتظِمة نجد أنّ:

$$\theta = \frac{1}{2}\theta'' t^2 + \omega_0 t + \theta_0$$

$$\frac{1}{2}(2)(5)^2 = (25)\text{rad}$$

أمّا عدد الدورات فيساوي:

$$N = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{25}{2 \times (3.14)} = (3.9)\ \text{دورة}$$

ثالثًا – باستخدام قانون حفظ (بقاء) الطاقة الميكانيكية:

$$ME_i = ME_f$$

$$\frac{1}{2}m_i v_i^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + PE_{gi} = m\,g\,h_f$$

$$\frac{1}{2}m_i R^2\omega^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}mR^2\right)\omega^2 = m\,g\,h_f$$

$$R^2\omega^2\left[\frac{1}{2} + \frac{1}{5}\right] = gh_f$$

$$h_f = (2.52)\text{m}$$

رابعًا — (أ) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن للحركة الخطّية على كل من m_1 و m_2، نحصل على:

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$

$$m_1.g.\sin\theta'' - T_1 = m_2.a$$

$$20 - T_1 = 4a \Rightarrow T_1 = 20 - 4a$$

$$-m.g.\sin 30 + T_2 = m_2.a$$

$$-30\left(\frac{1}{2}\right) + T_2 = 3a \Rightarrow T_2 = 3a + 15$$

وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية على البكرة، نحصل على:

$$\vec{T}_1 r - \vec{T}_2 r = I \times \frac{\vec{a}}{r}$$

$$(20 - 4a) - 3a - 15 = \frac{0.5a}{(0.6)^2}$$

$$5 - 7a = 1.388a$$

$$5 = 8.388a$$

$$a = \frac{5}{8.38} = (0.6)\text{m/s}^2$$

(ب) $T_1 = 20 - 4(0.6) = (17.6)\text{N}$

$$T_2 = 3(0.6) + 15 = (16.8)\text{N}$$

خامسًا — (أ) باستخدام قانون نيوتن للحركة الدورانية على الوعاء نجد أنّ:

$$\Sigma\vec{\tau} = I\,\vec{\theta}'' \qquad \vec{F} \times r = I \times \vec{\theta}''$$

وبالتعويض عن القيم العددية المعلومة نحصل على:

$$T \times r = I \times \theta''$$

$$mg - T = ma \Rightarrow T = mg - ma$$

$$(mg - ma)r = I \times \frac{a}{r} = \left(\frac{1}{2}Mr^2\right) \times \frac{a}{r}$$

$$mg - ma = \frac{M}{2} \times a$$

$$mg = a\left(\frac{M}{2} + m\right)$$

$$a = \frac{mg}{m + \frac{M}{2}} = \frac{30}{5.5} = (5.45)\text{m/s}^2$$

(ب) إنّ سقوط الوعاء هو سقوط حركة خطّية منتظِمة العجلة

إجابات أسئلة الدرس 3–4

أوّلًا – بما أنّ كمّية الحركة الزاوية محفوظة، فإنّ كمّية الحركة الزاوية الابتدائية تساوي كمّية الحركة الزاوية النهائية:

$$L_i = L_f \qquad I_i\omega_i = I_f\omega_f$$

ولكن $I_f = \frac{1}{2} I_i$، وبالتعويض عن المقادير المعلومة نجد أنّ:

$$I_i\omega_i = \frac{1}{2} I_i\omega_f$$

أي أنّ $\omega_f = 2\,\omega_i$

ثانيًا – عندما يتشقلب لاعب الجمباز، يقوم بتقليل مقدار القصور الذاتي الدوراني، حيث تقلّ المسافة بين الكتلة ومحور الدوران، فتزيد سرعته الزاوية.

ثالثًا – إنّ محصّلة عزوم القوى المؤثّرة في النظام تساوي صفرًا

أي $\frac{dL}{dt} = 0$

أي أنّ كمّية الحركة الزاوية محفوظة:

$$L_i = L_f$$

$$I_i\omega_i = I_f\omega_f$$

$$\omega_f = \frac{I_i\,\omega_i}{I_f}$$

ولكن $I_i = \left(\frac{1}{2} M + m\right)R^2$

$$= (145)(3)^2$$

$$= (1305)kg.m^2$$

$$I_f = \frac{1}{2} MR^2 + mr^2$$

$$= \frac{1}{2}(200)(3)^2 + 45 \times 1.5^2$$

$$= (1001.25)kg.m^2$$

$$\omega_f = \frac{1305 \times 4}{1001.25} = (5.21)rad/s$$

رابعًا – بتطبيق قانون حفظ (بقاء) كمّية الحركة الزاوية:

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

$$I_1\frac{2\pi}{} = I_2\frac{2\pi}{}$$

خامسًا — بما أنّ محصّلة عزوم القوى المؤثّرة في النظام تساوي صفرًا $(\Sigma\tau = 0)$ فإنّ كمّية الحركة الزاوية محفوظة أي:

$$L_i = L_f$$

$$I_i\omega_i = I_f\omega_f$$

ولكن $I_i = \frac{1}{3}ML^2$

$$I_f = \frac{1}{3}ML^2 + mL^2$$

وبالتعويض عن I_i وI_f، نحصل على:

$$\omega_f = \frac{I_i\omega_i}{I_f} = \frac{\frac{1}{3}ML^2\omega_i}{\frac{1}{3}ML^2 + mL^2}$$

$$\omega_f = \frac{M\omega_i}{M + 3m}$$

إجابات أسئلة الفصل

تحقق من مهاراتك

.1 (أ) $L_1 = I\omega_1 = 4 \times 10^{-3} \times 5 = (2 \times 10^{-2})kg.m^2/s$

$L_2 = I\omega_2 = 4 \times 10^{-3} \times (-8) = (-3.2 \times 10^{-2})kg.m^2/s$

(ب) كمّية الحركة الزاوية للنظام تساوي مجموع كمّية الحركة الزاوية للكتلتين أي:

$$L = L_1 + L_2$$

$$= 2 \times 10^{-2} - 3.2 \times 15^2$$

$$= (-1.2 \times 10^{-2})kg.m^2/s$$

.2 (أ) باعتبار الكرة كتلة نقطية، إنّ قصورها الدوراني $I = mr^2$، بالتالي، كمّية الحركة الزاوية:

$$L = I\omega = mr^2 \times \frac{v}{r} = mrv = 5 \times 4 \times 3$$

$$= (60)\ kg.m^2/s$$

(ب) عند مضاعفة السرعة $v' = 2v$، ومضاعفة طول الحبل $r' = 2r$

نحصل على:

$$L' = 4L = 4 \times 60 = (240)kg.m^2/s$$

.3 باستخدام قانون حفظ (بقاء) كمّية الحركة الزاوية نجد أنَّ:

$$L_i = L_f$$

$$I_i\omega_i = I_f\omega_f$$

ولكن $I_f = \frac{I_i}{10}$ وبالتالي

$$I_i\omega_i = \frac{I_i}{10}\omega_f$$

$$\omega_f = 10\omega_i$$

أي تصبح السرعة الزاوية عشر مرّات ما كانت عليه.

.4 (أ) $\tau = 50 \times 0.2 = (10)N.m$

(ب) $\tau = 50 \times 0.5 = (25)N.m$

5. $\tau = F \times d = 60 \times 10 \times 0.3 = (180)\text{N.m}$

6. (أ) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية، نجد أنّ:

$$\Sigma\tau = I\theta'' \Rightarrow I = \frac{\Sigma\tau}{\theta''}$$

ولكن، بما أنّ الحركة الدورانية مُنتظِمة العجلة، فإنّ العجلة، الزاوية تساوي:

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\theta'' t^2$$

$$2\theta = \theta'' t^2$$

$$\theta'' = \frac{2\theta}{t^2} = \frac{2 \times 100}{4} = (50)\text{rad/s}^2$$

وبالتعويض على المقادير المعلومة، نجد أنّ القصور الذاتي الدوراني I يساوي:

$$I = \frac{\Sigma\tau}{\theta''} = \frac{50}{50} = (1)\text{kg.m}^2$$

(ب) بما أنّ عزم الاحتكاك هو الوحيد المؤثِّر في دوران الجسم، وبتطبيق قانون نيوتن نكتب:

$$\Sigma\tau = I\theta'' \Rightarrow \tau_f = I\theta''$$

تساوي السرعة ω التي وصل إليها الجسم بعد (2)s:

$$\omega = \theta'' t = 50(2) = (100)\text{rad/s}$$

أمّا بعد تطبيق قوّة الاحتكاك، نستنتج أنّ حركة الجسم هي حركة مُعجّلة بعجلة سالبة تُحسَب بالعلاقة:

$$\theta'' = \frac{\omega_f \times \omega_i}{t}$$

$$\theta'' = \frac{0 - 100}{80} = (-1.25)\text{rad/s}^2$$

والإشارة السالبة تدلّ على تباطؤ الجسم، وبالتالي فإنّ مقدار عزم قوّة الاحتكاك يساوي:

$$\tau = I\theta'' = (1)(-1.25) = (-1.25)\text{N.m}$$

أما الاتّجاه فهو بعكس اتّجاه الدوران.