إجابات جميع الأسئلة الواردة في كتاب الفيزياء

للصف الثاني عشر- الفصل الدراسي الأول

الطبعة الأولى2023م

الوحدة الأولى: الزخم الخطي والتصادمات Linear Momentum and Collisions

الإجابات

الصفحة 7

أتأمَّل الصورة:

يعتمد عمل الصاروخ على قانون حفظ الزخم الخطي. ولكي أصف حركة المكوك الفضائي والصاروخ يلزمني معرفة الزخم الخطي لهما، كما يلزم معرفة القانون الثاني لنيوتن بدلالة تغير الزخم الخطي ($\sum F = \frac{dp}{dt}$)؛ لأن كتلة الصاروخ متغيرة.

الصفحة 9

تجربة استهلالية: الزخم الخطّي.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. يتحرك الكوب البلاستيكي مسافة أكبر عند اصطدام الكرة الزجاجية به مقارنة بالمسافة التي يتحركها عند اصطدام كرة التنس به؛ حيث كتلة الكرة الزجاجية أكبر، فيكون الزخم الخطي للكرة الزجاجية عند التصادم مع الكوب أكبر، فتدفع الكوب بقوة أكبر، ما يؤدي إلى حركته مسافة أكبر.

2. يتحرك الكوب البلاستيكي مسافة أكبر بزيادة الارتفاع الرأسي الذي أُفلتت الكرة الزجاجية منه؛ حيث أنّ مقدار سرعة الكرة قبل تصادمها مع الكوب يزداد بزيادة الارتفاع الرأسي، فيزداد زخمها الخطي، فتدفع الكوب بقوة أكبر ما يؤدي إلى حركته مسافة أكبر.

3. مقدار سرعة الكرة المتحركة لحظة اصطدامها بالكوب وكتلتها، إذ أن زيادة أي منهما تؤدي إلى زيادة الزخم الخطي للكرة، فتزداد قوة دفع الكرة للكوب، فيتحرك مسافة أكبر.

الصفحة 10

أتحقّق:

الزخَم الخطيّ لجسم هو ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته الخطّية المتجهة $(\boldsymbol{v})$، رمزه $\boldsymbol{p}$. وهو كميةٌ متجهة، له اتّجاه السرعة نفسه.

الصفحة 11

أُفكّر.

الإجابة: نعم؛ إذا كان مقدار سرعة السيارة يساوي أربعة أضعاف مقدار سرعة الشاحنة.

أتحقّق:

القوّة المُحصّلة المؤثّرة في جسمٍ تساوي المعدّل الزمني لتغيُّر زخَمه الخطيّ؛ $(\sum \boldsymbol{F} = \frac{d\boldsymbol{p}}{dt})$.

الصفحة 12

أتحقّق:

بحسب مبرهنةَ (الزخَم الخطيّ– الدفع) فإن: "دفعُ قوة محصّلةٍ مُؤثّرةٍ في جسمٍ يساوي التغيُّر في زخَمه الخطيّ".

الصفحة 15

تمرين.

أ. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع، مع مراعاة أن مقدار سرعة الكرة عند قمة مسارها يساوي صفرًا، فيكون زخمها الابتدائي صفرًا.

$$\mathrm{I} = \Delta p = p_{\mathrm{f}} - p_{\mathrm{i}}$$
$$\mathrm{I} = mv_{\mathrm{f}} - mv_{\mathrm{i}}$$
$$= 0.060 \times 55 - 0 = 3.3 \ \mathrm{kg.m/s}$$
$$\mathbf{I} = 3.3 \ \mathrm{kg.m/s}, +x$$

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{3.3}{4.0 \times 10^{-3}} = 825 \ \mathrm{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F} = 825 \ \mathrm{N}, +x$$

الصفحة 16

أُفكِّر.

يُمكنُ عدُّ نظام بأنه معزول عندما تكون القوى الخارجية المؤثّرةَ فيه، مثل قوّة الاحتكاك مثلًا، صغيرةً مُقارنةً بالقوى التي تؤثّر بها مكوّنات النظام في بعضها (مثل قوى الفعل ورد الفعل بين كرتين عند تصادمهما).

الصفحة 17

أُفكِّر.

يكون اتّجاه الدفع باتّجاه تغيُّر الزخَم الخطيّ، وهو اتّجاه القوّة المُحصّلة نفسُه.

الصفحة 18

التجربة 1: حفظُ الزّخَمِ الخطيّ.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. ستختلف الإجابات بحسب مقدار قوة الدفع المؤثرة في العربة A (مقدار سرعتها الابتدائية)، وكتلتي العربتين.

2. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة ومقدار كتلتها.

3. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة ومقدار كتلتها.

4. يكون الزخم الخطي الكلي للعربتين في كل حالة محفوظًا؛ أي أنّ الزخم الخطي الكلي الابتدائي لنظام العربتين في كل محاولة يساوي الزخم الخطي الكلي النهائي لهما.

5. إجابة محتملة: نعم، تطابقت نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم الخطي للمحاولتين، وأستنتج أنّ الزخم الخطي يكون دائمًا محفوظًا في التصادمات للأنظمة المعزولة.

إجابة محتملة: لا، لم تتطابق نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم، نتيجة وجود أخطاء ارتكبتها في أثناء تنفيذ التجربة، ويجب إعادة تنفيذ التجربة بدقة مراعيًا تجنّب الوقوع في الأخطاء.

6. مصادر الخطأ المحتملة: قياس الكتلة، وجود ميلان في المدرج الهوائي، قياس طول كل من البطاقتين، وجود قوة احتكاك كبيرة بالنسبة لقوى التلامس (الفعل ورد الفعل) المتبادلة، خطأ في إجراء الحسابات، التقريب، عدم استخدام النظام الدولي للوحدات (تعويض طول البطاقة بوحدة cm مثلًا)، ....

الصفحة 20

أتحقّق:

ينصُّ قانون حفظ الزخَم الخطيّ على أنّهُ: "عندما يتفاعلُ جسمانِ أو أكثر في نظامٍ معزولٍ، يبقى الزخَم الخطيُّ الكليُّ للنظام ثابتًا". كما يُمكن التعبير عنه بأنّ: الزخَم الخطيّ الكليَّ لنظامٍ معزولٍ قبل التصادُم مباشرةً يساوي الزخَم الخطيَّ الكليَّ للنظام بعد التصادُم مباشرةً.

الصفحة 21

مراجعة الدرس

1. الزخم الخطي لجسم يساوي ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته الخطّية المتجهة $(\boldsymbol{v})$، رمزه $\boldsymbol{p}$، وهو كمية متجهة.

دفع قوة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي، $\mathbf{I} = \Delta \boldsymbol{p}$.

.2

$$\mathrm{N.s} = \frac{\mathrm{kg.m}}{\mathrm{s}^2} \times \mathrm{s} = \mathrm{kg.m/s}$$

3. يكون الزخم الخطي محفوظًا للنظام المعزول، وهو نظام تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفرًا. وعندما تكون القوى الخارجية المؤثرة في النظام صغيرة جدًّا مقارنة بالقوى الداخلية المتبادلة بين أجزاء النظام بحيث يمكن إهمالها، يمكن التعامل مع النظام على أنه معزول.

4. يُؤدي تشوّه الحزام المطاطي إلى زيادة الزمن المستغرق لتوقف السيارة (زمن التصادم)، ولأن $\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ فإنّ مقدار القوة المؤثرة في السيارة والركّاب نتيجة التصادم سيقل بزيادة زمن التصادم.

5. أطبّقُ قانون حفظ الزخَم الخطيّ على نظام الصندوقين، مع مراعاة أن $m_2 = 2m_1$.

$$\sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{f}}$$

$$\boldsymbol{p}_{1\mathrm{i}} + \boldsymbol{p}_{2\mathrm{i}} = \boldsymbol{p}_{1\mathrm{f}} + \boldsymbol{p}_{2\mathrm{f}}$$

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

$$m_1 v_{1\mathrm{f}} = -m_2 v_{2\mathrm{f}}$$

الإشارة السالبة تدل على أن اتجاه حركة الصندوق الأول عكس الثاني.

$$m_1 v_{1\mathrm{f}} = -2m_1 v_{2\mathrm{f}} \quad \rightarrow v_{1\mathrm{f}} = -2v_{2\mathrm{f}}$$

ونسبة مقدار سرعة الجسم الأول إلى مقدار سرعة الجسم الثاني نعبر عنها بالعلاقة الآتية:

$$\frac{v_{1\mathrm{f}}}{v_{2\mathrm{f}}} = 2$$

6. ترتد البندقية في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة نتيجة حفظ الزخم الخطي، ما يجعلها تصطدم بالكتف. وعند تثبيت البندقية بالكتف بإحكام يكون زخم الارتداد لكتلة الجندي وكتلة البندقية معًا، مسبّبًا

سرعة ارتداد مقدارها أقل بكثير من سرعة ارتداد البندقية منفردة؛ لأن كتلة الجندي والبندقية معًا أكبر بكثير من كتلة البندقية.

7. بحسب قانون حفظ الزخم الخطي، عندما تندفع الغازات من المركبة الفضائية في اتّجاه معيّن فإنّ المركبة الفضائية تندفع بالاتجاه المعاكس، وبتغيير مقدار سرعة اندفاع الغازات واتّجاه اندفاعها يتم تغيير مقدار سرعة المركبة الفضائية واتجاهها حركتها.

الصفحة 25

أتحقّق:

نوع التصادم / وجه المقارنة	المرن	غير المرن	عديم المرونة
حفظ الزخم الخطي	**محفوظ**	**محفوظ**	**محفوظ**
حفظ الطاقة الحركية	**محفوظة**	**غير محفوظة**	**غير محفوظة**
التحام الأجسام بعد التصادم	**لا يوجد التحام**	**لا يوجد التحام**	**يوجد التحام**

أفكِّر.

الإجابة: أن يكون الزخم الخطي الابتدائي للجسم الأول مساويًا في المقدار للزخم الخطي الابتدائي للجسم الثاني، ومعاكسًا له في الاتجاه؛ أي أنّ الزخم الخطي الابتدائي للنظام يساوي صفرًا.

أتحقّق:

عندما يتحرّكُ جسمان قبل التصادُم على امتداد الخط المستقيم نفسِه، ويتصادمان رأسًا برأس Head on collision، بحيثُ تبقى حركتيهما بعد التصادُم على المسار المستقيم نفسه.

الصفحة 30

تمرين.

.1

$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

$$= \left(\frac{0.030 + 0.97}{0.030}\right)\sqrt{2 \times 10 \times 0.45} = 100 \text{ m/s}$$

.2

أ. توضح هذه اللعبة قانون حفظ الزخم الخطي، فالكرات متراصة لا يوجد فراغ بينها يسمح بحركتها، وبتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي بين كل كرتين متجاورتين ينتقل الزخم الخطي من كرة إلى أُخرى حتى يصل الكرة التي على الجانب الآخر فتقفز في الهواء.

ب. بما أن الكرات متماثلة والتصادم مرن سيقفز كرتان من الجانب الآخر كي يتحقق قانون حفظ الزخم الخطي، وقانون حفظ الطاقة الحركية.

الصفحة 31

مراجعة الدرس

1. نوعا التصادم: تصادم مرن، وتصادم غير مرن.

الفرق بينهما: في التصادم المرن تكون الطاقة الحركية محفوظة للأجسام المتصادمة، والأجسام لا تلتحم بعد التصادم.

في التصادم غير المرن لا تكون الطاقة الحركية محفوظة للأجسام المتصادمة، وقد تلتحم الأجسام معًا بعد التصادم حيث يسمّى عندها تصادم عديم المرونة.

2. لا، التصادم غير مرن؛ إذ يُبدّد جزء من الطاقة الحركية الكلية في تهشيم هيكل السيارتين مثلًا، ويُبدّد جزء بسيط على شكل طاقة صوتية، إضافة إلى أشكال أُخرى من الطاقة.

3. أ. الزخم الخطي للنظام المكوّن من الجسمين يكون محفوظًا، وليس لكل جسم على حدة.

ب. التصادم مرن، لذا فإن الطاقة الحركية للنظام المكوّن من الجسمين تكون محفوظة، وليس لكل جسم على حدة.

4. أُطبق قانون حفظ الزخم الخطي على النظام المكوّن من الكرتين.

$$\sum \boldsymbol{p}_{\text{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\text{f}}$$
$$m_{\text{A}}v_{\text{Ai}} + m_{\text{B}}v_{\text{Bi}} = (m_{\text{A}} + m_{\text{B}})\, v_{\text{f}}$$
$$2 \times v_{\text{Ai}} + m_{\text{B}} \times 0 = (2 + m_{\text{B}})v_{\text{f}}$$

أعوّض: $v_{\text{f}} = \frac{1}{4}v_{\text{Ai}}$.

$$2 \times v_{\text{Ai}} = (2 + m_{\text{B}})\frac{1}{4}v_{\text{Ai}}$$
$$m_{\text{B}} = 6 \text{ kg}$$

5. أحسب التغير في الطاقة الحركية للكرتين كما يأتي:

$$\Delta KE = KE_{\mathrm{f}} - KE_{\mathrm{i}}$$

$$= \frac{1}{2} m{v_{\mathrm{Af}}}^{2} + \frac{1}{2} m{v_{\mathrm{Bf}}}^{2} - \left[\frac{1}{2} m{v_{\mathrm{Ai}}}^{2} + \frac{1}{2} m{v_{\mathrm{Bi}}}^{2}\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times m \times v^{2} + \frac{1}{2} \times m \times (v+1.2)^{2} - \frac{1}{2} \times m \times (v+1.2)^{2} - \frac{1}{2} \times m \times v^{2} = 0$$

إذًا التصادم مرن.

6. أ. الزخم الخطي محفوظ قبل التصادم وبعده مباشرة. فيكون التغيّر في الزخم الخطي للنظام صفرًا، وهذا يعني أنّ مقداري التغيّر في الزخم الخطي للسيارة والشاحنة متساويان.

ب. السرعتان الابتدائيتان للشاحنة والسيارة متساويتان في المقدار، وسرعتهما النهائية هي نفسها لأنهما التحمتا معًا، لذا فإن التغير في الطاقة الحركية يعتمد على الكتلة فقط، وبما أن كتلة الشاحنة أكبر فإن التغير في طاقتها الحركية أكبر.

الصفحات 33 - 36

مراجعة الوحدة

.1

1. د
2. أ
3. ج
4. د
5. ب
6. أ
7. ج
8. ج
9. ب
10. د
11. ج

12. ب
13. ج
14. د
15. ج

.2

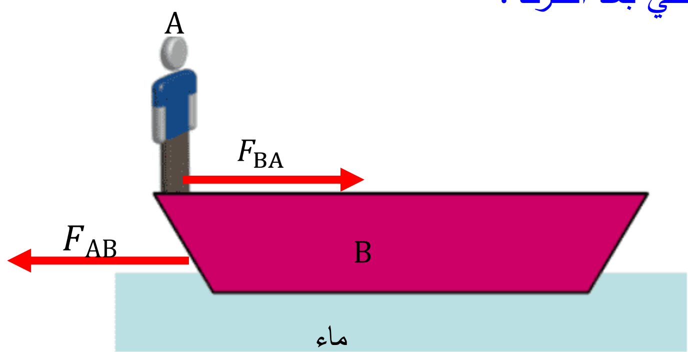
أ. قبل رمي الحقيبة الزخم الخطي الابتدائي للنظام (نرجس-الحقيبة-الزلاجة) يساوي صفرًا لأن النظام ساكن. نتيجة لحفظ الزخم الخطي للنظام، فإن الزخم الخطي للحقيبة عند قذفها يساوي الزخم الخطي لنرجس والزلاجة في المقدار، ويعاكسه في الاتجاه. لذلك تتحرك نرجس والزلاجة بعكس اتجاه حركة الحقيبة.

ب. العشب أو الرمل يتشوهان أثناء الاصطدام، بحيث يزداد زمن اصطدام الطفل. وباستخدام العلاقة $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ، ولأنّ مقدار التغيّر في الزخم الخطّي ثابت، فإنّ مقدار القوة المؤثرة يقل بزيادة Δt.

.3

أ. عندما يبدأ الصياد بالحركة نحو مقدمة القارب، فإن كل من الصياد والقارب يؤثر في الآخر بقوة، ووفقا للقانون الثالث لنيوتن فإن هاتين القوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه. وبإهمال قوى الاحتكاك بين القارب وسطح الماء، سوف يتحرك القارب باتجاه القوة المؤثرة فيه؛ أي بعكس اتجاه حركة الصياد.

ب. بإهمال قوى الاحتكاك بين القارب والماء يمكن التعامل مع النظام المكوّن من القارب والصياد على أنه نظام معزول، فيكون الزخم الخطي للنظام محفوظ؛ أي أن مجموع الزخم الخطي لهما قبل بدء الحركة يساوي مجموع الزخم الخطي بعد الحركة.



4. لهما الطاقة الحركية نفسها:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2=\frac{1}{2}m_2v_2^2 \Rightarrow p_1v_1=p_2v_2$$

لذلك يمتلكان مقدار الزخم الخطي نفسه فقط إذا تساوت سرعتاهما في المقدار وتساوت كتلتاهما أيضا.

5. كلام غيث غير صحيح علميًّا؛ لأن التشوّه في هيكل السيارة عند تعرّضها لحادث يُساهم في تناقص سرعتها تدريجيًّا، وبالتالي زيادة زمن التصادم، ممّا يُقلّل من مقدار القوة المؤثرة في السائق والركاب.

6.

أ. أختار الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$ (الشرق)، وأحسب التغير في الزخم الخطي للسيارة كما يأتي:

$$\Delta p = p_\mathrm{f} - p_\mathrm{i} = mv_\mathrm{f} - mv_\mathrm{i} = m(v_\mathrm{f} - v_\mathrm{i})$$

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

$$= -2.025 \times 10^4\ \mathrm{kg.m/s}$$

التغير في الزخم الخطي سالب، إذ يكون باتجاه محور $-x$؛ باتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الجدار في السيارة.

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F=\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{-2.025 \times 10^4}{0.115}=-1.761 \times 10^5\ \mathrm{N}$$

7.

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

أُطبّق قانون حفظ الزخم الخطي، وبما أن السيارتان التحمتا معا فهو تصادم عديم المرونة.

$$\sum p_\mathrm{i} = \sum p_\mathrm{f}$$

$$p_\mathrm{Ai} + p_\mathrm{Bi} = p_\mathrm{f}$$

$$m_\mathrm{A}v_\mathrm{Ai} + m_\mathrm{B}v_\mathrm{Bi} = (m_\mathrm{A}+m_\mathrm{B})v_\mathrm{f}$$

$$1.1 \times 10^3 \times 6.4 + 1.2 \times 10^3 \times 0 = (1.1 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3)v_\mathrm{f}$$

$$v_\mathrm{f}=\frac{7.04 \times 10^3}{2.3 \times 10^3}=3.06\ \mathrm{m/s} \approx 3.1\ \mathrm{m/s}$$

$$\boldsymbol{v}_\mathrm{f} = 3.1\ \mathrm{m/s}, +x$$

السرعة المتجهة النهائية للسيارتين موجبة، وهذا يعني أن اتجاه سرعتهما باتجاه محور $+x$، أي بنفس اتجاه حركة السيارة (A) قبل التصادم.

ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A) هو $(\mathbf{I}_{BA})$ ويساوي التغير في الزخم الخطي للسيارة (A). أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحسابه.

$$
\begin{aligned}
\mathrm{I}_{BA} &= \Delta p_A = p_{Af} - p_{Ai} \\
&= m_A(v_{Af} - v_{Ai}) = 1.1 \times 10^3 \times (3.1 - 6.4) \\
&= -3.63 \times 10^3\ \mathrm{kg.m/s}
\end{aligned}
$$

$$\mathbf{I}_{BA} = 3.63 \times 10^3\ \mathrm{kg.m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في السيارة (A) باتجاه محور $-x$.

8. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه حركة الجزء B، وأفترض أنه باتجاه المحور $+x$. $\longrightarrow +x$

أ. أطبّق قانون حفظ الزخم الخطي، مع ملاحظة أن مجموع الزخم الخطي لجزأي الجسم يساوي صفرًا قبل انفصال الجزء B.

$$
\begin{aligned}
&\sum p_i = \sum p_f \\
&p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf} \\
&m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \\
&0 = 8.0 \times 10^2 \times v_{Af} + 1.5 \times 10^3 \times 10.0 \\
&v_{Af} = \frac{-1.5 \times 10^4}{8.0 \times 10^2} \\
&\quad = -18.75\ \mathrm{m/s}
\end{aligned}
$$

$$\boldsymbol{v}_{Af} = 18.75\ \mathrm{m/s}, -x$$

بما أنّ السرعة النهائية للجزء A سالبة، فهذا يعني أنّ اتجاه حركته بعكس اتجاه حركة الجزء B.

ب. الدفع الذي يؤثر به الجزء B في الجزء A هو $(\mathbf{I}_{BA})$. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحسابه.

$$
\begin{aligned}
\mathrm{I}_{BA} &= \Delta p_A = p_{Af} - p_{Ai} \\
&= m_A(v_{Af} - v_{Ai})
\end{aligned}
$$

$$= 8.0 \times 10^2 \times (-18.75 - 0)$$

$$= -1.5 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$$

$$\mathbf{I}_{BA} = 1.5 \times 10^4 \text{ kg.m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في الجزء A بعكس اتجاه حركة الجزء B.

9.

أ.

$$F\,\Delta t = \mathrm{I} = \Delta p$$
$$\Delta p = 1 \times 10^3 \times 0.01 = 10 \text{ N.s}$$

ب. باعتبار اتجاه تأثير القوة المحصلة هو الاتجاه الموجب، والجسم انطلق من السكون.

$$\Delta p = m\,(v_f - v_i)$$
$$10 = 10\,(v_f - 0)$$
$$v_f = 1 \text{ m/s}$$

10.

أ. أستخدم قانون حفظ الزخم الخطيّ.

$$\sum p_i = \sum p_f$$

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

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

$$6.9\, m_B = 1.792$$

$$m_B = 0.26 \text{ kg}$$

ب. من القانون الثالث لنيوتن: $\boldsymbol{F}_{AB} = -\boldsymbol{F}_{BA}$، وبضرب الطرفي في زمن التصادم الذي يكون متساويًا لكلا الجسمين، أجد أنّ:

$$\boldsymbol{F}_{AB}\,\Delta t = -\boldsymbol{F}_{BA}\,\Delta t$$

$$\mathbf{I}_{AB} = -\mathbf{I}_{BA}$$

$$\Delta \boldsymbol{p}_B = -\Delta \boldsymbol{p}_A$$

$$\Delta \boldsymbol{p}_A + \Delta \boldsymbol{p}_B = 0$$

وهذا يعني أنّ الزخم الخطي محفوظ في التصادم، حيث يكون التغير في الزخم الخطي للجسم (A) مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الاتجاه للتغير في الزخم الخطي للجسم (B) (التغير في الزخم الخطي للنظام المكون من الجسمين يساوي صفر).

ج. أحسب التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$= \frac{1}{2} m_A v_{Af}{}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}{}^2 - \left[\frac{1}{2} m_A v_{Ai}{}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}{}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.28 \times (1.9)^2 + \frac{1}{2} \times 0.26 \times (3.7)^2 - \frac{1}{2} \times 0.28 \times (4.5)^2 - \frac{1}{2} \times 0.26 \times (3.2)^2$$

$$= 2.2851 - 4.1662 = -1.8811 \text{ J}$$

بما أنّ الطاقة الحركية غير محفوظة فإنّ التصادم غير مرن.

.11

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه الشرق، باتجاه محور $+x$.

أستخدم قانون حفظ الزخم الخطي. الرمز A للسهم والرمز B للهدف.

$$\sum \boldsymbol{p}_i = \sum \boldsymbol{p}_f$$

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

$$0.20 \times -15 + 0 = (0.20 + 5.8) v_f$$

$$v_f = -0.50 \text{ m/s}$$

$$\boldsymbol{v}_f = 0.50 \text{ m/s}, -x$$

ب.

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$= \frac{1}{2}(m_A + m_B) v_f{}^2 - \left[\frac{1}{2} m_A v_{Ai}{}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}{}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times (0.20 + 5.8) \times (0.50)^2 - \left[\frac{1}{2} \times 0.20 \times (15)^2 + 0\right]$$

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

.12

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه الشرق (باتجاه محور $+x$).

أستخدم قانون حفظ الزخم. الرمز A للكرة الأولى والرمز B للكرة الثانية.

$$\sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{f}}$$
$$m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bi}} = m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Af}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bf}}$$
$$1.5 \times 10^{-2} \times (-0.225) + 3.0 \times 10^{-2} \times 0.180 = 1.5 \times 10^{-2} \times 0.315 + 3.0 \times 10^{-2} \times v_{\mathrm{Bf}}$$
$$-3.375 \times 10^{-3} + 5.4 \times 10^{-3} = 4.725 \times 10^{-3} + 0.030 \times v_{\mathrm{Bf}}$$
$$v_{\mathrm{Bf}} = \frac{2.025 \times 10^{-3} - 4.725 \times 10^{-3}}{0.030} = -\frac{2.7 \times 10^{-3}}{0.030} = -0.09\ \mathrm{m/s}$$
$$\boldsymbol{v}_{\mathrm{Bf}} = 0.09\ \mathrm{m/s}, -x$$

بما أنّ إشارة v_{Bf} سالبة، فإن اتجاه حركة الكرة الثانية يكون غربًا.

ب. أحسب التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = KE_{\mathrm{f}} - KE_{\mathrm{i}}$$
$$= \frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Af}}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bf}}^2 - \left[\frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bi}}^2\right]$$
$$= \frac{1}{2} \times [1.5 \times 10^{-2} \times (0.315)^2 + 3.0 \times 10^{-2} \times (0.09)^2] - \frac{1}{2} \times [1.5 \times 10^{-2} \times (0.225)^2 + 3.0 \times 10^{-2} \times (0.180)^2]$$
$$= 8.6569 \times 10^{-4} - 8.6569 \times 10^{-4} = 0$$

بما أنّ الطاقة الحركية محفوظة فإنّ التصادم مرن.

.13

أ. مقدار القيمة العظمى للقوة المحصّلة التي يؤثر بها المضرب في الكرة، ويساوي $(16 \times 10^3\ \mathrm{N})$.

ب. مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال فترة تأثير القوة المحصلة فيها يساوي المساحة المحصورة بين منحنى (القوة – الزمن) ومحور الزمن، ويساوي مساحة المثلث الموضح في الشكل. وأحسب مقداره كما يأتي:

$$\mathrm{I} = Area = \frac{1}{2} \times (1.2 - 0) \times 10^{-3} \times 16 \times 10^3 = 9.6\ \mathrm{kg.m/s}$$

اتجاه الدفع باتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الكرة.

ج. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية.

$$\mathrm{I} = \Delta p = p_\mathrm{f} - p_\mathrm{i}$$

$$9.6 = mv_\mathrm{f} - 0$$

$$v_\mathrm{f} = \frac{9.6}{145 \times 10^{-3}} = 66.2\ \mathrm{m/s}$$

د. أستخدم القانون الثاني لنيوتن لحساب القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة، كما يأتي:

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

$$= \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}}$$

$$= 8 \times 10^{3}\ \mathrm{N}$$

أو يمكن استخدام العلاقة الآتية لحساب القوة المتوسطة:

$$\mathrm{I} = \sum F\,\Delta t = \bar{F}\Delta t$$

$$\bar{F} = \frac{\mathrm{I}}{\Delta t} = \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}} = 8 \times 10^{3}\ \mathrm{N}$$

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحتان 10- 11

1-

1. ب
2. أ
3. ب
4. د

2-

أ. التغير في الزخم الخطي للكرة ناتج عن تأثير المضرب بقوة فيها. أحسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$\Delta p = p_\mathrm{f} - p_\mathrm{i}$$

$$= mv_\mathrm{f} - mv_\mathrm{i} = m(v_\mathrm{f} - v_\mathrm{i})$$

$$= 0.18 \times (-30.0 - 20.0)$$

$$= -9.0\ \text{kg.m/s}$$

ب. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$\text{I} = \Delta p$$
$$\text{I} = -9.0\ \text{kg.m/s}$$
$$\mathbf{I} = 9.0\ \text{kg.m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في الكرة في اتجاه محور $-x$، في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيها من المضرب.

ج. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-9.0}{0.60}$$
$$= -15\ \text{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F} = 15\ \text{N}, -x$$

3– نعم يتغيّر؛ لأنّ الزخم الخطي كمية متجهة فهو يعتمد على السرعة المتجهة، وبما أن اتجاه السرعة يتغير باستمرار في أثناء حركة السيارة في المسار الدائري فإن زخمها الخطي يتغير.

4– مقدار الزخم الخطيّ الابتدائي $(p_{\text{i}} = m_{\text{i}} v)$، وعند مضاعفة الكتلة مرتين فإنّ مقدار زخمها الخطيّ يصبح:

$$p_{\text{f}} = m_{\text{f}}\, v = 2 m_{\text{i}} v = 2 p_{\text{i}} = 2 \times 12 = 24\ \text{kg.m/s}$$

أي يتضاعف زخمها الخطيّ مرّتين.

5–

أ. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع الذي يؤثر به الحاجز في السيارة، مع مراعاة أنّ الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$\text{I} = \Delta p = p_{\text{f}} - p_{\text{i}}$$
$$= m v_{\text{f}} - m v_{\text{i}} = m(v_{\text{f}} - v_{\text{i}})$$
$$= 1.5 \times 10^{3} \times \big(3.0 - (-15)\big)$$

$$= 2.7 \times 10^4 \text{ kg. m/s}$$

$$\mathbf{I} = 2.7 \times 10^4 \text{ kg. m/s}, +x$$

الدفع موجب، حيث يؤثر في السيارة في اتجاه محور $+x$، في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيها من الحاجز.

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2.7 \times 10^4}{0.15}$$

$$= 1.8 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 1.8 \times 10^5 \text{ N}, +x$$

الوحدة الثانية: الحركة الدورانية Rotational Motion

الإجابات

الصفحة 37

أتأمَّل الصورة:

تنطبق قوانين نيوتن على الحركة الدورانية مثلها في ذلك مثل الحركة الخطية، وتخضع حركة هذه العربات لقوانين فيزياء الحركة الدورانية ومبادئها. يتطلب وصف هذه الحركة معرفة العزم المحصل المؤثر فيه لتحديد حالته الحركية، إضافة إلى معرفة الإزاحة الزاوية، السرعة الزاوية والتسارع الزاوي، وغيرها.

الصفحة 39

تجربة استهلالية: الراديان.

إجابات أسئلة: التحليل والاستنتاج

1. ناتج قسمة طول القوس الذي شكّله الخيط على نصف قطر الدائرة يمثّل الزاوية المركزية ومقدارها يساوي 1 rad.

2. يكون قياس الزاوية المركزية (θ) مُساويًا (1 rad) وهو يساوي مقدار الزاوية المقابلة لقوس طوله يساوي نصف قطر الدائرة التي يشكّل القوس جزءًا منها. ويكون قياس الزاوية بوحدة الدرجات مساويًا (57.3°) تقريبًا، حيث: $1\ \text{rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57.3^\circ$.

لتحويل قياس زاوية بين الدرجات Degrees والتقدير الدائري Radians، أستخدم العلاقة:

$$\theta\ (\text{rad}) = \frac{\pi}{180^\circ}\,\theta\ (\text{deg})$$

3. يجب أن تكون النتائج متطابقة. إذا وجد أي اختلاف فيعود إلى أخطاء ارتُكبت في أثناء تنفيذ التجربة.

4. قياس طول الخيط، وقياس مقدار الزاوية بالمنقلة، التقريب، قياس نصف قُطر الدائرة، ....

الصفحة 41

أتحقّق:

العزم مقياس لمقدرة القوّة على إحداث دورانٍ لجسم، وهو كميّةٌ مُتّجهةٌ، رمزه $(\boldsymbol{\tau})$، ويُعرّف رياضيًّا بأنه يساوي ناتج الضرب المتجهي لمتجه القوة $(\boldsymbol{F})$ ومتجه موقع نقطة تأثير القوة $(\boldsymbol{r})$ الذي يبدأ من نقطة على محور الدوران وينتهي عند نقطة تأثير القوة. ويتناسب مقدار العزم طرديًّا مع كلٍّ من مقدار القوة (F) وطول ذراعها $(r\ \sin\theta)$.

الصفحة 42

أتحقّق:

حساب عزم كل قوّةٍ حول محور الدوران على حدة، ثم إيجاد العزم المُحصّل $(\sum\tau)$ المؤثر في الجسم بجمعها مع مراعاة إشارة كلٍّ منها. إذا كان العزم المحصّل موجبًا فإن الجسم يدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، وإذا كان سالبًا فإن الجسم يدور باتجاه حركة عقارب الساعة.

الصفحة 43

تمرين.

الزاوية بين متجه القوة ومتجه موقع نقطة تأثير القوة تساوي (65°)، و $\sin 65^{\circ} = 0.9$.

أستخدم علاقة العزم لحساب عزم قوة العامل.

$$\begin{aligned}\tau &= r\,F\sin\theta\\ &= 1.50\ \times 1.80\ \times 10^{2} \times\ \sin 65^{\circ}\\ &= 245\ \mathrm{N.m}\end{aligned}$$

العزم موجب؛ لأن قوة العامل تعمل على تدوير العربة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة حول محور دورانها.

الصفحة 44

أتحقّق:

عزم الازدواج (τ_{couple}) هو العزم الناتج عن تأثير قوتين متساويتين مقدارًا ومتعاكستين اتجاهًا وخطّي عملهما غير متطابقين. وهو يعتمد على مقدار أي من القوتين المتساويتين، والبُعد العمودي بينهما.

الصفحة 46

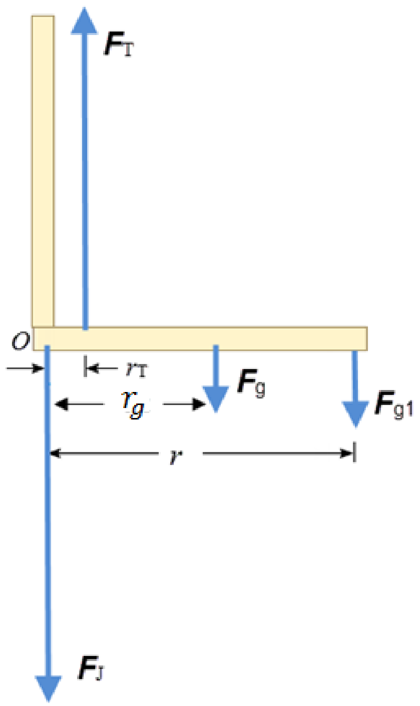
أتحقّق:

الشرط الأول: أن تكونَ القوّة المُحصّلة المؤثّرة فيه تساوي صفرًا ($\sum \boldsymbol{F} = 0$).

الشرط الثاني: أن يكونَ العزم المُحصّل المؤثّر فيه يساوي صفرًا ($\sum \boldsymbol{\tau} = 0$).

الصفحة 47

تمرين.



أ. أرسم الساعد على شكل قضيب كما هو موضح في الشكل. بما أنّ النظام في حالة اتزان سكوني أُطبّق الشرط الثاني للاتزان حول محور عمودي على الصفحة عبر المرفق (النقطة O)؛ لإيجاد مقدار ($\boldsymbol{F}_T$)

$$\sum \tau_O = 0$$

$$F_T\, r_T - F_g\, r_g - F_{g1}\, r = 0$$

$$F_T \times 5.0 \times 10^{-2} - 30.0 \times 15.0 \times 10^{-2} - 40.0 \times 35.0 \times 10^{-2} = 0$$

$$F_T = 370 \text{ N}$$

ب. بما أن النظام في حالة اتزان سكوني، أطبق الشرط الأول للاتزان في اتجاه محور y لإيجاد مقدار القوة ($\boldsymbol{F}_J$).

$$\sum F_y = 0$$

$$F_T - (F_J + F_g + F_{g1}) = 0$$

$$F_J = F_T - F_g - F_{g1}$$

$$= 370 - 30.0 - 40.0$$

$$= 300 \text{ N}$$

الصفحة 48

أُفكِّر.

العزم المحصّل لجسيمات نظام حول مركز كتلته يساوي صفرًا. محور الدوران محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يمر بمركز كتلة النظام الموضح في الشكل (16).

$$\sum \tau_{CM} = 0$$

$$m_A\,(x_{CM} - x_A) - m_B\,(x_B - x_{CM}) = 0$$

$$x_{CM}(m_A + m_B) = m_A\,x_A + m_B\,x_B$$

$$x_{CM} = \frac{m_A x_A + m_B x_B}{m_A + m_B}$$

الصفحة 49

التجربة 1: تحديد مركز الكتلة.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. اتزنت المسطرة المترية عند تعليقها من نقطة في منتصف المسافة بين نهايتيها (مركزها الهندسي)، وهذه النقطة هي مركز كتلة المسطرة (CM)، وأستنتج أنّ الجسم المتماثل المنتظم يقع مركز كتله في مركزه الهندسي.

2. هذه النقطة هي مركز كتلة (CM) قطعة الورق المقوى، وأستنتج أنه لتحديد مركز كتلة جسم غير منتظم يلزمني تعليقه بشكل حر من موقعين على الأقل، فيكون مركز الكتلة عند نقطة تقاطع الخطين حسب ما هو موضح في خطوات الجزء الثاني من التجربة.

3. يقع مركز كتلة جسم منتظم ومتماثل في مركزه الهندسي، أما الجسم غير المتماثل وغير المنتظم (قطعة الورق المقوى، مثلًا) فيكون مركز كتلته أقرب إلى المنطقة ذات الكتلة الأكبر.

4. تكون قطعة الورق المقوّى في حالة اتزان سكوني عند تعليقها، إذ تمثّل هذه النقطة مركز كتلتها، وعند تعليق جسم من مركز كتلته فإنه يكون في حالة اتزان سكوني.

الصفحة 50

أتحقّق:

مركز كتلة الجسم المنتظم والمتماثل يقع في مركزه الهندسي، أما الجسم غير المنتظم وغير المتماثل فيكون مركز كتلته أقرب إلى المنطقة ذات الكتلة الأكبر.

تمرين.

أستخدم العلاقة الآتية لإيجاد الإحداثي (x_{CM}):

$$x_{\mathrm{CM}} = \frac{m_{\mathrm{A}}x_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}}x_{\mathrm{B}}}{m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}}}$$

$$= \frac{4.0 \times 5.0 \times 10^{-2} + 4.0 \times 15.0 \times 10^{-2}}{4.0 + 4.0}$$

$$= 1 \times 10^{-1}\ \mathrm{m} = 10.0\ \mathrm{cm}$$

أُلاحظ أنّ موقع مركز الكتلة في منتصف المسافة بين الكرتين.

الصفحة 51

مراجعة الدرس

1. **العزم** مقياس لمقدرة القوة على إحداث دوران لجسم. و**شرطا اتزان جسم** أن تكون القوة المحصّلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا $(\sum \boldsymbol{F} = 0)$، وأن يكون العزم المحصّل المؤثر فيه يساوي صفرًا $(\sum \boldsymbol{\tau} = 0)$.
2. يكون موقع نقطة تأثير القوة أبعد ما يُمكن عن محور الدوران، ويكون اتجاه القوة عموديًّا على مستوى الباب.
3. يُعرّف مركز الكتلة Centre of mass (CM) لجسم أنّه؛ النقطة التي يُمكن افتراض كتلة الجسم كاملةً مُركّزةً فيها.
4. بما أنّ القوة المحصّلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا فقد تحقق الشرط الأول للاتزان. وحيث أنّ خطوط عمل القوى تمر جميعها في نقطة واحدة (مركز الكتلة) فإنّ العزم المحصّل لها يساوي صفرًا (الشرط الثاني للاتزان)، لذا يكون الجسم متزنًا.

5. عند حدوث عدم تماثل في توزيع كتلة الإطار، نتيجة حدوث تآكل في بعض أجزاء العجل مثلًا، لا ينطبق مركز كتلة الإطار مع مركزه الهندسي الذي يمر فيه محور الدوران، ما يسبب اهتزاز عجل السيارة خصوصا عند السرعات العالية.

ولضمان توزيع منتظم لكتلة الإطار حول محور الدوران (بحيث ينطبق مركز كتلته مع مركزه الهندسي) توضع قطع رصاص على الجزء الفلزّي منه. هذا بدوره يؤدي إلى توقف الإطار عن الاهتزاز خصوصا عند السرعات العالية.

6.

	القوة المحصّلة المؤثرة	السرعة الخطية	التسارع الخطي
الاتزان السكوني	تساوي صفرًا	تساوي صفرًا	يساوي صفرًا
الاتزان الحركي	تساوي صفرًا	ثابتة مقدارًا واتجاهًا	يساوي صفرًا

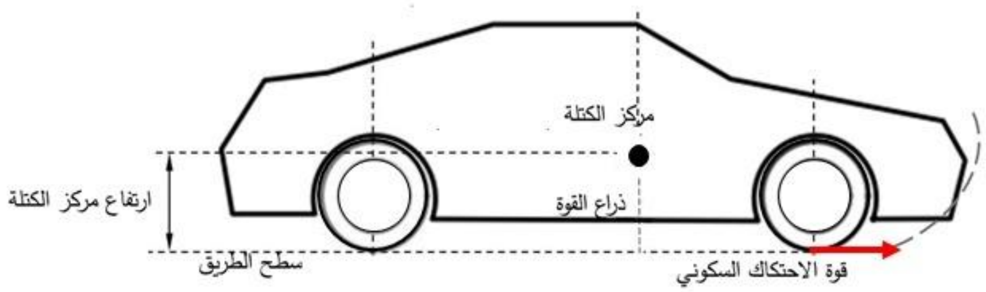
7. وَصْل ماسورة في طرف مفتاح الشد لزيادة طول ذراع القوة، فيزداد العزم المحصّل المؤثر.

جعل القوة التي يؤثر بها أخوها في مفتاح الشد عمودية على المفتاح، فيزداد العزم المحصّل المؤثر.

زيادة مقدار القوة المؤثرة في مفتاح الشد؛ فعلى سبيل المثال يمكن الاستفادة من وزنه بالوقوف على طرف المفتاح بحذر.

8. عزم (ب) > عزم (ج) > عزم (أ).

9. تؤثر قوة الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق بقوة إلى الأمام لتحريك السيارة، ويكون مركز كتلة السيارة عند نقطة في مستوى فوق مستوى سطح الطريق (كما في الشكل)، لذا تتأثر السيارة بعزم محصّل يعمل على تدويرها حول محور عمودي على مستوى الصفحة ويمر بمركز الكتلة بحيث ترتفع مقدمتها.



الصفحة 52

أتحقّق:

الإزاحةُ الزاويّة هي التغيُّر في الموقع الزاويّ $(\Delta\theta = \theta_f - \theta_i)$، وتساوي الزاوية التي يمسحُها نصف قطر المسار الدائريّ الذي يدورُ مع الجسم.

الصفحة 53

أتحقّق:

السرعة الزاويّة المتوسّطة $(\bar{\omega})$ لجسم هي نسبة الإزاحة الزاويّة $(\Delta\theta)$ لذلك الجسم إلى الفترة الزمنية (Δt) التي حدثت خلالها هذه الإزاحة، وتُعطى بالعلاقة الآتية: $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$.

الصفحة 54

أتحقّق:

التسارُع الزاويّ المتوسط هو نسبةُ التغيّر في مقدار السرعة الزاويّة إلى الفترة الزمنية (Δt) اللازمة لحدوث هذا التغيّر، رمزه $(\bar{\alpha})$ ويُقاس بوحدة $(\mathrm{rad/s^2})$: $\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$.

تمرين.

أ. الإطار يدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لذا تكون سرعته الزاوية وإزاحته الزاوية موجبتين.

$$\bar{\omega} = \omega_i = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\Delta\theta = \omega_i\, t_1$$
$$= 2.0 \times 20.0 = 40.0\ \mathrm{rad}$$

ب. السرعة الزاوية والتسارع الزاوي موجبان، لذا يزداد مقدار السرعة الزاوية. وأحسب السرعة الزاوية النهائية كما يأتي:

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t_2$$
$$= 2.0 + 3.5 \times 10.0$$
$$= 37\ \mathrm{rad/s}$$

الصفحة 56

أتحقّق:

عزم القصور الذاتي مقياسٌ لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركيّة الدورانيّة.

الصفحة 57

تمرين.

أ. اللعبة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة فيكون العزم موجبًا، وأستخدم علاقة العزم لحساب مقداره كما يأتي:

$$\sum\tau = F\,r\sin\theta = 250 \times 2.0 \sin 90^{\circ} = 5.0 \times 10^{2}\ \mathrm{N.m}$$

ب. باستخدام الجدول (1) أحسب عزم القصور الذاتي لقرص اللعبة حول محور دورانه.

$$\begin{aligned} \mathrm{I}_{disc} &= \frac{1}{2} m r^{2} \\ &= \frac{1}{2} \times 50.0 \times (2.0)^{2} \\ &= 1.0 \times 10^{2}\ \mathrm{kg.m^{2}} \end{aligned}$$

ثم أحسب مقدار التسارع الزاوي للعبة.

$$\begin{aligned} &\sum\tau = \mathrm{I}\alpha \\ &5.0 \times 10^{2} = 1.0 \times 10^{2} \times \alpha \\ &\alpha = 5.0\ \mathrm{rad/s^{2}} \end{aligned}$$

ج. اللعبة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فتكون سرعتها الزاوية موجبة، وأستخدم المعادلة الآتية لحساب مقدارها.

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_{\mathrm{f}} - \omega_{\mathrm{i}}}{t}$$

$$\omega_{\mathrm{f}} = \omega_{\mathrm{i}} + \alpha t = 0 + 5.0 \times 2.0 = 10.0\ \mathrm{rad/s}$$

د. بداية، أحسب عزم القصور الذاتي للنظام المكوّن من القرص والطفل معًا حول محور دوران اللعبة، باعتبار الطفل جُسيم نقطي على بُعد $(1.5\ \mathrm{m})$ من محور الدوران.

$$\begin{aligned} \mathrm{I} &= \mathrm{I}_{disc} + \mathrm{I}_{child} \\ \mathrm{I} &= 1.0 \times 10^{2} + m_{child}\,(r_{child})^{2} \\ &= 1.0 \times 10^{2} + 20.0 \times (1.5)^{2} \\ &= 145\ \mathrm{kg.m^{2}} \end{aligned}$$

ثم أحسب مقدار التسارع الزاوي للعبة.

$$\sum\tau = I\alpha$$
$$5.0 \times 10^2 = 145 \times \alpha$$
$$\alpha = 3.4\ \mathrm{rad/s^2}$$

الصفحة 58

مراجعة الدرس

1. من الكميات الفيزيائية اللازمة لوصف الحركة الدورانية: العزم، والإزاحة الزاوية، والسرعة الزاوية، والتسارع الزاوي.

عزم القصور الذاتي مقياسٌ لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركيّة الدورانيّة، رمزُه (I).

2. بما أن الإطارات تدور بسرعة زاوية ثابتة فإن تسارعها الزاوي يساوي صفرًا.

3.

أ. بما أن إشارة السرعة الزاوية سالبة فإن الجسم يدور باتجاه حركة عقارب الساعة.

ب. بما أن إشارتي السرعة الزاوية والتسارع الزاوي مختلفتان فإنّ الجسم يتباطأ.

4. لجميع أجزاء الإطار السرعة الزاوية نفسها.

5. يعتمد عزم القصور الذاتي لجسم على كيفية توزيع كتلته حول محور دورانه، وعلى موقع محور الدوران.

6.

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} = \frac{2.6 \times 10^3 - 0}{4.0}$$
$$= 6.5 \times 10^2\ \mathrm{rad/s^2}$$

7. في الحالة الاولى، تبعد كل كرة مسافة $(r_1 = \frac{L}{2})$ عن محور الدوران، وكتلتا الكرتين متساويتان.

أحسب عزم القصور الذاتي كما يأتي:

$$I = m\,{r_1}^2 + m\,{r_1}^2 = 2m\,{r_1}^2 = \frac{mL^2}{2}$$

في الحالة الثانية، يمر محور الدوران في إحدى الكرتين لذا لا تُساهم هذه الكرة في عزم القصور الذاتي؛ لأن $(r = 0)$، بينما تبعد الكرة الثانية مسافة مقدارها (L). وأحسب عزم القصور الذاتي في هذه الحالة كما يأتي:

$$\mathrm{I} = m\,r^2 + 0 = m\,r^2 = m\,L^2$$

يكون عزم القصور الذاتي أكبر عند تدوير القضيب حول أحد طرفيه، وفي هذه الحالة يلزم عزم محصّل أكبر لبدء تدوير النظام.

الصفحة 59

أتحقّق:

تعتمدُ الطاقة الحركية الدورانية لجسمٍ على عزم القصور الذاتي له، وعلى مقدار سرعته الزاويّة، وتُقاس الطاقة الحركية الدورانية بوحدة (J).

الصفحة 60

أُفكِّر.

نعم يتغير مقدار الطاقة الحركية الدورانية، لأنه بتغير موقع محور الدوران يتغير عزم القصور الذاتي للنظام.

تمرين.

$$KE_{\mathrm{R}} = \frac{1}{2}\,\mathrm{I}\omega^2 = \frac{1}{2}\,(\frac{1}{2}mr^2)\omega^2 = \frac{1}{4} \times 2.0 \times (0.50)^2 \times (8.0)^2 = 8.0\ \mathrm{J}$$

الصفحة 61

أتحقّق:

الزخَم الزاويّ يُعرف بأنّه يساوي ناتج ضربِ عزم القصور الذاتي للجسم أو النظام في سرعته الزاويّة. وهو كميّةٌ مُتّجهةٌ، يعتمد على عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية، ووحدة قياسه $(\mathrm{kg.m^2/s})$ حسب النظام الدولي للوحدات.

الصفحة 62

أتحقّق:

العزم المُحصّل المؤثّر في جسمٍ يتحرّك حركةً دورانيّةً حول محورٍ ثابتٍ يُساوي المعدّل الزمنيّ للتغيّر في زخَمه الزاويّ حولَ المحور نفسه، وهذه العلاقة في الحركة الدورانية تناظر العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم و معدّل التغيّر في زخمه الخطي في الحركة الانتقالية.

الصفحة 63

تمرين.

$$\sum \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\mathrm{I}\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\mathrm{I}(\omega_{\mathrm{f}} - \omega_{\mathrm{i}})}{\Delta t}$$

$$\sum \tau = \frac{2 \times 10^{-2}(40 - 20)}{5} = 8 \times 10^{-2}\ \mathrm{N.m}$$

الصفحة 64

أتحقّق:

ينصُّ قانون حفظ الزخَم الزاويّ على أنّ: "الزخَم الزاويّ لنظامٍ معزولٍ يبقى ثابتًا في المقدار والاتّجاه"، إذ يكونُ العزم المحصّل المؤثّر في النظام المعزول صفرًا. أي أنّ الزخَم الزاويّ الابتدائيّ لنظامٍ معزولٍ يُساوي زخَمه الزاويّ النهائيّ.

الصفحة 66

مراجعة الدرس

1. **الزخَم الزاويّ** يُعرف بأنّه يساوي ناتج ضربِ عزم القصور الذاتي للجسم أو النظام في سرعته الزاويّة، وهو كمية متجهة، رمزه (L). وينصّ **قانون حفظ الزخم الزاوي** على أن: "الزخَم الزاويّ لنظامٍ معزولٍ يبقى ثابتًا في المقدار والاتّجاه"، إذ يكونُ العزم المحصّل المؤثّر في النظام المعزول صفرًا. وتعتمد **الطاقة الحركية الدورانية** لجسم يدور حول محور ثابت على عزم قصوره الذاتي ومقدار سرعته الزاوية.

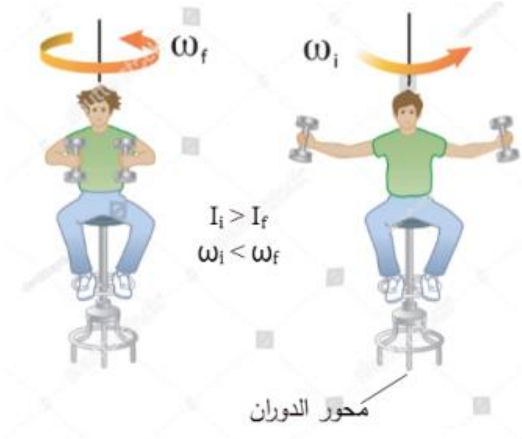
.2

أ. مقدار الزخم الزاوي للأُسطوانة المجوّفة أكبر منه للأسطوانة المصمتة؛ لأن الزخم الزاوي يعتمد على عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية، وهما تدوران بمقدار السرعة الزاوية نفسه، وعزم القصور الذاتي للأسطوانة المجوّفة أكبر منه للأسطوانة المصمتة.

ب. مقدار الطاقة الحركية الدورانية للأُسطوانة المجوّفة أكبر منه للأُسطوانة المصمتة؛ لأن الطاقة الحركية الدورانية تتناسب طرديا مع عزم القصور الذاتي ومع مربع مقدار السرعة الزاوية، وهما تدوران بمقدار السرعة الزاوية نفسه، وعزم القصور الذاتي للأسطوانة المجوّفة أكبر منه للأسطوانة المصمتة.

.3

أ. يؤدي ضمّ الطالب لذراعيه إلى تقليل مقدار عزم القصور الذاتي له حول محور الدوران الرأسي من المقدار (I_i) إلى المقدار (I_f)، لأنه حرّك جزء من كتلته وحرّك الثقلين قريبًا من محور الدوران.



ب. بإهمال قوة الاحتكاك بين الكرسي ومحور الدوران، لا يوجد عزم محصّل مؤثر في النظام الذي يتكون من الطالب والكرسي والثقلين، لذا يكون الزخم الزاوي محفوظًا لهذا النظام حول محور الدوران. أُلاحظ أن عزم القصور الذاتي للطالب في **الشكل (B)** أقل منه في **الشكل (A)**؛ أي أن: $(I_i > I_f)$، لذا يجب أن يكون مقدار سرعته الزاوية النهائية (ω_f) في **الشكل (B)** أكبر مقارنة بمقدار سرعته الزاوية الابتدائية (ω_i).

الصفحات 68 – 72

مراجعة الوحدة

.1

1. أ
2. د
3. ب
4. أ
5. ج
6. أ
7. ب
8. د
9. ب

10. ب

11. ج

12. ب

13. أ

14. ب

15. ج

16. أ

.2

أ. لأن العزم الناتج عن القوة التي يمر خط عملها في محور الدوران يساوي صفرًا؛ حيث أن طول ذراع القوة يساوي صفرًا.

ب. كلّما كان توزيع كتلة الجسم أقرب إلى محور دورانه كان عزم قصوره الذاتي أقل.

3. **الكتلة:** مقياس لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الانتقالية، وهي ثابتة لا تتغير.

عزم القصور الذاتي: مقياس لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الدورانية، وهو يتغير بتغير موقع محور الدوران كما يتغير بتغيير توزيع الكتلة حول محور الدوران.

4. مقدارا السرعة الزاوية لهما متساويان؛ إذ تقطع الفتاتان الزاوية نفسها خلال الفترة الزمنية نفسها.

5. يتناسب مقدار العزم اللازم لتدوير القلم طرديًّا مع عزم القصور الذاتي له. عزم القصور الذاتي للقلم في الشكل (1) هو الأقل، وللقلم في الشكل (2) هو الأكبر؛ لذا يكون مقدار العزم اللازم لتدوير القلم في الشكل (1) هو الأقل، يليه العزم اللازم لتدوير القلم في الشكل (3)، والعزم الأكبر هو اللازم لتدوير القلم في الشكل (2).

6. أثقب ثقبين صغيرين متباعدين عند حافة قطعة البوليسترين، ثم أُعلّقها بخيط من أحدهما رأسيًّا في الهواء، وعند توقّف قطعة البوليسترين عن التأرجح أرسم خطًّا عليها على امتداد طول الخيط. ثم أُعلّق قطعة البوليسترين من الثقب الثاني وأُكرّر ما عملته سابقًا. يقع مركز الكتلة في منتصف المسافة بين سطحي قطعة البوليسترين تحت نقطة تقاطع هذين الخطين.

.7

أ. لتقليل مقدار عزم قصوره الذاتي حيث يقل البعد بين كل من قدميه وذراعيه ومحور دورانه، ممّا يُمكّنه من الدوران بسرعة زاوية أكبر.

ب. تؤثر قوة الجاذبية الأرضية في مركز كتلته لذا يكون العزم المحصّل المؤثر في الغطّاس صفرًا فيبقى زخمه الزاوي محفوظًا (أي لا يتغير زخمه الزاوي).

ج. النقصان في عزم قصوره الذاتي يؤدي إلى زيادة مقدار سرعته الزاوية لأن زخمه الزاوي محفوظًا.

د. بعد ضم قدميه وذراعيه يقل عزم قصوره الذاتي بينما يزداد مقدار سرعته الزاوية بالنسبة نفسها؛ فإذا قلّ مقدار عزم القصور الذاتي إلى النصف يتضاعف مقدار سرعته الزاوية مرّتان، وبما أن الطاقة الحركية الدورانية تتناسب طرديًّا مع كل من عزم القصور الذاتي و مربّع مقدار السرعة الزاوية فإن مقدار طاقته الحركية الزاوية يزداد.

8. العربة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فتكون الإزاحة الزاوية والسرعة الزاوية موجبتين.

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$
$$= \frac{1.5}{3.0} = 0.5 \text{ rad/s}$$

9.

أ.

$$F = \frac{\tau}{r \sin\theta}$$
$$= \frac{50.0}{0.25 \sin 60^\circ} = 230.9 \text{ N} \approx 231 \text{ N}$$

ب. سوف يدور مفتاح الشد باتجاه حركة عقارب الساعة، لذا يكون عزم القوة سالبًا.

10. القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وخطّا عملهما غير متطابقين، لذا فإنهما تشكّلان ازدواجًا يعمل على تدوير القضيب باتجاه حركة عقارب الساعة. وأحسب مقدار الزاوية (θ) كما يأتي:

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

$$\sin\theta = \frac{\tau_{\text{couple}}}{2F\,r} = \frac{130}{2 \times 100 \times 0.75} = 0.866$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.866) = 120^\circ \text{or } 60^\circ$$

حيث $\sin 60^\circ = 0.866 = \sin 120^\circ$، ولأنّ الزاوية منفرجة فيكون مقدارها (120°).

.11

أ.

$$L_\mathrm{i} = \mathrm{I_i}\,\omega_\mathrm{i} = \left(\frac{1}{2}\,M\,r^2 + m\,r^2\right)\omega_\mathrm{i}$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \times (4)^2 + 50 \times (4)^2\right) \times 2$$

$$= 4.8 \times 10^3\ \mathrm{kg.\,m^2/s}$$

ب. النظام معزول، فيكون العزم المحصّل المؤثر فيه صفرًا، ويكون الزخم الزاوي محفوظًا، لذا فإن:

$$L_\mathrm{f} = L_\mathrm{i}$$

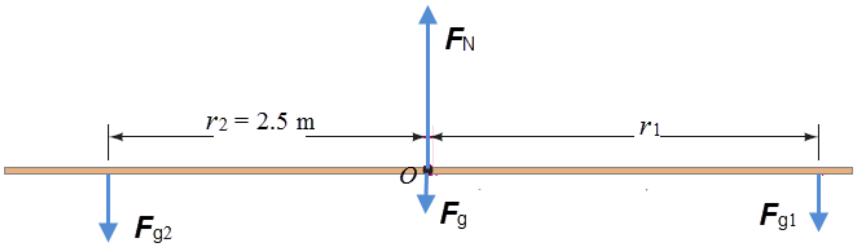
$$\mathrm{I_f}\,\omega_\mathrm{f} = 4.8 \times 10^3$$

$$\omega_\mathrm{f} = \frac{4.8 \times 10^3}{\mathrm{I_f}} = \frac{4.8 \times 10^3}{\left(\frac{1}{2}\,M\,r^2 + m\,\left(\frac{r}{2}\right)^2\right)}$$

$$= \frac{4.8 \times 10^3}{\left(\frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \times (4)^2 + 50 \times (2)^2\right)} = \frac{4.8 \times 10^3}{(1600 + 200)} = 2.67\ \mathrm{rad/s}$$

.12

أ. يتأثر اللوح الخشبي بأربع قوى كما هو موضح في مخطط الجسم الحر.



وبما أنّ النظام متزن فإنني أُطبّق الشرط الأول للاتزان، في اتجاه محور y :

$$\sum F_y = 0$$

$$F_\mathrm{N} - (F_g + F_{g1} + F_{g2}) = 0$$

$$F_\mathrm{N} = F_g + F_{g1} + F_{g2}$$

$$= 150 + 250 + 300$$

$$= 700\ \mathrm{N}$$

ب. لإيجاد الموقع الذي يجب أن تجلس فيه نهى بحيث يكون النظام متزن أُطبّق الشرط الثاني للاتزان.

إذا أخذت محورًا عموديًّا على الصفحة عبر نقطة الارتكاز (O) (مركز كتلة اللوح) كمحور دوران لمعادلة العزم، فإن العزم الناتج عن كلّ من القوة العمودية (F_N) وقوة الجاذبية (F_g) يساوي صفرًا.

$$\sum\tau = 0$$

$$F_{g1}\, r_1 = F_{g2}\, r_2$$

$$250 \times r_1 = 300 \times 2.5$$

$$r_1 = \frac{750}{250} = 3\ \mathrm{m}$$

يجب أن تجلس نهى على بُعد $(3\ \mathrm{m})$ يمين نقطة ارتكاز اللوح الخشبي كي يكون النظام متزنًا.

.13

أ. أُلاحظ أن عزم القصور الذاتي للكرتين (m) يساوي صفرًا؛ لأنهما تقعان على محور الدوران (y).

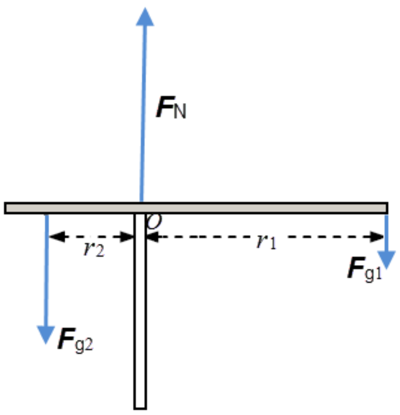
وأحسب عزم القصور الذاتي في هذه الحالة كما يأتي:

$$\begin{aligned} \mathrm{I} &= M\, a^2 + M\, a^2 = 2\, M\, a^2 \\ &= 2 \times 100 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-2})^2 \\ &= 8 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg.m^2} \end{aligned}$$

ب. أحسب الطاقة الحركية الدورانية للنظام كما يأتي:

$$\begin{aligned} KE_R &= \frac{1}{2}\, \mathrm{I}\omega^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} \times (2)^2 = 1.6 \times 10^{-2}\ \mathrm{J} \end{aligned}$$

.14



أ. بإهمال كتلة الرافعة، يتأثر ذراع الرافعة بثلاث قوى هي: وزن الحِمل $(\boldsymbol{F}_{g1})$، ووزن الثقل الموازِن $(\boldsymbol{F}_{g2})$، والقوة العمودية $(\boldsymbol{F}_N)$ المؤثرة في الرافعة عند نقطة الارتكاز (O)، كما هو موضح في الشكل. لإيجاد موقع الثقل الموازِن بحيث يكون النظام متزن أُطبّق الشرط الثاني للاتزان. إذا أخذت محورًا عموديًّا على الصفحة عبر نقطة الارتكاز (O) كمحور دوران لمعادلة العزم، فإن العزم الناتج عن القوة العمودية $(\boldsymbol{F}_N)$ المؤثرة في ذراع الرافعة يساوي صفرًا.

$$\sum\tau = 0$$

$$F_{g1}\, r_1 = F_{g2}\, r_2$$

$$3.0 \times 10^4 \times 6.0 = 1.0 \times 10^5 \times r_2$$

$$r_2 = \frac{18 \times 10^4}{1 \times 10^5}$$
$$= 1.8 \text{ m}$$

يجب أن يكون موقع الثقل الموازِن على بُعد (1.8 m) يسار نقطة الارتكاز (O) كي يكون النظام متزنًا.

ب. موقع الثقل الموازِن عند أبعد نقطة عن نقطة الارتكاز $(r_2 = 3.0 \text{ m})$، ومقدار الثقل (m) هو المجهول. أُطبّق الشرط الثاني للاتزان حول المحور (O).

$$\sum \tau = 0$$

$$F_{g1}\, r_1 = F_{g2}\, r_2$$
$$F_{g1} \times 6.0 = 1.0 \times 10^5 \times 3.0$$
$$F_{g1} = \frac{3.0 \times 10^5}{6.0}$$
$$= 5.0 \times 10^4 \text{ N}$$
$$m_2 = \frac{F_{g1}}{g} = \frac{5.0 \times 10^4}{10} = 5.0 \times 10^3 \text{ kg}$$

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحتان 16 - 17

1-

1. ج

2. ج

3. ب

4. د

5. ب

6. ب

7. ج

2-

$$\tau_{\text{couple}} = 2F\, r \sin\theta$$
$$= 2 \times 3.0 \times 4.0 \times 10^{-2} \sin 90^{\circ} = 0.24\ \text{N.m}$$

3- أفترض أن قوى الاحتكاك مع الجليد مهملة كما هو مُعطى في السؤال، لذا يُمكن التعامل مع النظام على أنه معزول، ويكون الزخم الزاوي محفوظ، و$\left(\mathrm{I_f} = \frac{1}{2}\mathrm{I_i}\right)$، لذا فإن:

$$L_{\mathrm{i}} = L_{\mathrm{f}}$$
$$\mathrm{I_i}\,\omega_{\mathrm{i}} = \mathrm{I_f}\,\omega_{\mathrm{f}}$$
$$\mathrm{I_i}\,\omega_{\mathrm{i}} = \frac{1}{2}\mathrm{I_i}\,\omega_{\mathrm{f}}$$
$$\omega_{\mathrm{f}} = 2\,\omega_{\mathrm{i}}$$

بما أن الزخم الزاوي محفوظ فإن نقصان عزم القصور الذاتي يؤدي إلى زيادة مقدار السرعة الزاوية، حيث $(\mathrm{I}\,\omega = constant)$.

4-

أ. تؤثر في الجسر أربع قوى: $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{A}})$ القوة العمودية المؤثرة في الطرف (A) من الجسر، و$(\boldsymbol{F}_{\mathrm{B}})$ القوة العمودية المؤثرة في الطرف (B) من الجسر، و$(\boldsymbol{F}_{g1})$ وزن الشخص، و$(\boldsymbol{F}_{g})$ وزن الجسر يؤثر في منتصفه عند مركز كتلته كون الجسر منتظم متماثل. وبما أنّ النظام في حالة اتزان سكوني، فإنني أُطبّق الشرط الثاني للاتزان حول محور عمودي على الصفحة عبر الطرف (B) للجسر؛ لأجد مقدار $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{A}})$.

إنّ العزم الناتج عن القوة العمودية $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{B}})$ يساوي صفرًا؛ لأن محور الدوران يمر في نقطة تأثيرها.

$$\sum\tau_{(\mathrm{B})} = 0$$
$$F_{\mathrm{A}}\, r - F_g\, r_{\mathrm{CM}} - F_{g1}\, r_1 = 0$$
$$F_{\mathrm{A}} \times 8.0 = 200 \times 4.0 + 800 \times 6.0$$
$$F_{\mathrm{A}} = 700\ \mathrm{N}$$

ب. النظام في حالة اتزان سكوني، لذا أطبق الشرط الأول للاتزان على الجسر في اتجاه محور y لأجد مقدار القوة $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{B}})$

$$\sum F_y = 0$$
$$F_{\mathrm{A}} + F_{\mathrm{B}} - (F_g + F_{g1}) = 0$$
$$F_{\mathrm{B}} = F_g + F_{g1} - F_{\mathrm{A}}$$
$$F_{\mathrm{B}} = 200 + 800 - 700 = 300\ \mathrm{N}$$

إجابات الوحدة 3: التيار الكهربائي المستمر.

أتأمل ص(73):

سعة بطارية السيارة وقدرة الشاحن.

تجربة استهلالية ص (75): استقصاء العلاقة بين الجهد والتيار بين طرفي مقاومة

التحليل والاستنتاج:

1. ارسم أفضل خط مستقيم يمثل النقاط، وقد تنحرف بعض النقاط عن الخط المستقيم نتيجة بعض أخطاء القياس المتوقعة. وأحصل على ثلاث خطوط مستقيمة مختلفة كلّ منها خاص ببيانات إحدى المقاومات.
2. أحسب ميل الخط المستقيم لبيانات كلّ مقاومة، ثم أحسب مقلوب هذه القيمة الذي يساوي مقدار المقاومة، فأكون قد حصلت على مقادير المقاومات الثلاث.
3. يجب أن تكون المقاومة الفلزية ثابتة (بثبات درجة الحرارة)، ولكلّ مقاومة قيمة مختلفة عن الأخرى. وإذا ظهر في النتائج تغير في قيمة المقاومة الواحدة مع التغير في فرق الجهد، فإن ذلك يكون ناتج عن أخطاء تجريبية أو ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة المقاومة.
4. عند استخدام مواد لا أومية (لا تحقق قانون اوم) فإن النسبة بين الجهد والتيار لن تبقى ثابتة عند تغيير قيم فرق الجهد.

أتحقق ص(78):

في الموصلات الأومية تكون العلاقة بين فرق الجهد والتيار خطية بثبات درجة الحرارة، بينما لا تكون هذه العلاقة خطية في المواد اللاأومية حتى عند ثبات درجة الحرارة.

التجربة 1 ص(79): استنتاج العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية لموصل

التحليل والاستنتاج:

1. أستنتج أنّ العلاقة بين طول الموصل ومقاومته طردية، فعند زيادة طول الموصل حسب القيم المحددة في خطوات التجربة، تزداد المقاومة بالنسب نفسها.
2. أستنتج أنّ العلاقة بين مساحة مقطع الموصل ومقاومته عكسية، فعند زيادة نصف قُطر الموصل تزداد مساحة مقطعه وتقل مقاومته.

3. عندما تتشابه الأسلاك في أبعادها الهندسية (الطول ومساحة المقطع)، فإنّ مقاوماتها تختلف باختلاف نوع مادتها.
4. تعتمد مقاومة الموصل على ثلاثة عوامل: الطول ومساحة المقطع ونوع المادة. فالمقاومة تتناسب طرديًا مع طول الموصل وعكسيًا مع مساحة مقطعه، وتختلف المقاومة باختلاف نوع المادة.
التفسير: زيادة الطول يزيد من طول مسار الشحنات ويزيد من عدد التصادمات، فتزداد المقاومة.
زيادة مساحة المقطع تزيد من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار فتقل المقاومة. أما اختلاف نوع المادة فيغير من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار في وحدة الحجم من الموصل.
5. عند زيادة التيار المار في الموصل تزداد التصادمات بين الإلكترونات الناقلة للتيار وذرات الموصل فترتفع درجة حرارة الموصل، وهذا يزيد من سعة اهتزاز الذرات ما يؤدي إلى زيادة إضافية في التصادمات فيزداد مقدار المقاومة.

أتحقق ص(81):

المقاومة هي ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، وتعتمد على نوع مادة الموصل وأبعاده الهندسية (الطول ومساحة المقطع). بينما المقاومية هي ممانعة عينة من المادة طولها $(1\ \mathrm{m})$ ومساحة مقطعها $(1\ \mathrm{m}^2)$، وهي صفة للمادة تعتمد على نوعها فقط (عند درجة حرارة معينة).

أفكر ص(82):

ينتج التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية من حركة الإلكترونات الحرة، وتبذل البطارية شغلًا على هذه الإلكترونات لنقلها من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل البطارية. أما اتجاه التيار الاصطلاحي فيكون بعكس اتجاه حركة الإلكترونات؛ لأنه يعبّر عن حركة شحنة موجبة افتراضية تبذل البطارية عليها شغلا لنقلها من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية.

أتحقق ص(82):

القوة الدافعة الكهربائية تشبه مضخة الشحنات؛ فالشغل الذي تبذله البطارية تكتسبه الشحنات الموجبة على شكل طاقة وضع كهربائية عند حركتها داخل البطارية من القطب السالب إلى القطب الموجب، ما يؤدي إلى سريان تيار كهربائي عبر الدارة الكهربائية.

أفكر ص(82):

أ) عند توليد القوة الدافعة الكهربائية بين قطبي البطارية تتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية، وتبذل البطارية شغلًا عند تحريك الشحنات الموجبة (الافتراضية) داخلها من قطبها السالب إلى قطبها الموجب يؤدي إلى زيادة طاقة الوضع الكهربائية لهذه الشحنات.

ب) يُستهلك جزء من طاقة البطارية بسبب مقاومتها الداخلية، حيثُ تتحول الطاقة من كهربائية إلى حرارية نتيجة تصادمات الالكترونات مع ذرات مادة المقاومة إضافة إلى تصادمات الإلكترونات بعضها ببعض.

تمرين ص(83):

$$\Delta V_\varepsilon = \varepsilon - Ir = 12 - 0 = 12\ \text{V}$$

مراجعة الدرس الأول ص(84):

1. المقاومة مقياس لممانعة الموصل لسريان تيار كهربائي فيه.
تعتمد مقاومة الموصل على ثلاثة عوامل: طوله ومساحة مقطعه ومقاوميته؛ فالمقاومة تتناسب طرديًا مع طول الموصل وعكسيًا مع مساحة مقطعه، وتختلف المقاومة باختلاف نوع المادة.
2. عندما يكون طول الموصل متر واحد ومساحة مقطعه متر مربع واحد، عندها تكون مقاومة الموصل مساوية للمقاومية الخاصة بمادته.
3.

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{220}{0.8} = 275\ \Omega$$

4. بارتفاع درجة حرارة الموصل تزداد سعة اهتزاز ذراته، فتزداد التصادمات بين الإلكترونات وهذه الذرات وتزداد مقاومة الموصل، نتيجة لذلك يقل التيار الكهربائي فيه، أما فرق الجهد بين طرفيه فلا يتغير لأنه يعتمد على جهد المصدر فقط.
5. وفقا للعلاقة $(\Delta V_\varepsilon = \varepsilon - Ir)$ فإنّ فرق الجهد بين قطبي البطارية يعتمد على مقاومتها الداخلية والتيار المار فيها نتيجة تأثير المقاومة الداخلية. فمثلًا، إذا كانت حركة التيار الاصطلاحي داخل البطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب وزاد مقدار التيار المار في البطارية، فإنّ العلاقة السابقة تبين أنّ فرق الجهد بين قطبي البطارية يقل.
6.

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times 0.09 \times 10^{-6} = 2.83 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$$

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{1.50 \times 10^{-6} \times 83}{2.83 \times 10^{-7}} = 440\ \Omega$$

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{220}{440} = 0.5\ \text{A}$$

7. أ. قبل إغلاق المفتاح، التيار المار في الدارة صفر، فتكون قراءة الفولتميتر $(\Delta V_\varepsilon = \varepsilon = 12)$
وبعد إغلاق المفتاح نطبق العلاقة:

$$\Delta V_\varepsilon = \varepsilon - Ir$$

$$10 = 12 - I \times 0.5 \rightarrow I = \frac{2}{0.5} = 4\text{ A}$$

ب. لحساب مقدار المقاومة (R) نطبق العلاقة:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{10}{4} = 2.5\ \Omega$$

أتحقق ص(88):

في الدارة المبينة في الشكل تتحرك الشحنة الافتراضية الموجبة في الدارة باتجاه التيار الاصطلاحي، أي مع اتجاه حركة عقارب الساعة، وتكمل حركتها داخل البطارية من القطب السالب إلى القطب الموجب. وتحصل على الطاقة من الشغل الذي تبذله عليها البطارية.

تمرين ص(90):

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(240)^2}{20} = 2880\text{ W}$$

مراجعة الدرس الثاني ص(91):

1. القدرة الكهربائية: المعدل الزمني للشغل المبذول، وتقاس بوحدة الواط (watt). ويعرف الواط بأنه قدرة جهاز كهربائي يستهلك طاقة كهربائية بمقدار (1 J) كل ثانية.

2. بما أنّ الموصلين متماثلين في أبعادهما، فإنّ نسبة مقاومتيهما ستكون بنفس نسبة المقاومية بينهما. أي أن: $(R_A = 2R_B)$.

$$P_A = \frac{V^2}{R_A} = \frac{V^2}{2R_B} = \frac{1}{2}\left(\frac{V^2}{R_B}\right) = \frac{1}{2}P_B$$

3. أطبق معادلة الدارة البسيطة لحساب التيار: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{36}{10+2} = 3\text{A}$

أ.

$$E_\varepsilon = P_\varepsilon \Delta t = I\varepsilon \Delta t = 3 \times 36 \times 5\text{ min} \times \frac{60\text{ s}}{1\text{ min}} = 32400\text{ J}$$

ب.

$$E_r = P_r \Delta t = I^2 r \Delta t = 9 \times 2 \times 5\text{ min}\frac{60\text{ s}}{1\text{ min}} = 5400\text{ J}$$

$$E_R = P_R \Delta t = I^2 R \Delta t = 9 \times 10 \times 5\text{ min}\frac{60\text{ s}}{1\text{ min}} = 27000\text{ J}$$

ج. تتحول الطاقة في البطارية من كيميائية إلى كهربائية، وفي المقاومات تتحول من كهربائية إلى حرارية.

4.

أ.

$$E = P\Delta t \ \rightarrow \ \Delta t = \frac{E}{P} = \frac{2.4 \text{ kWh}}{0.12 \text{ kW}} = 20 \text{ h}$$

ب.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{120}{12} = 10 \text{ A}$$

جـ. من الممكن ذلك، لكن الأمر يستغرق مدة زمنية طويلة:

$$P = IV = 1 \times 12 = 12 \text{ W}$$

$$\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{2.4 \text{ kWh}}{0.012 \text{ kW}} = 200 \text{ h}$$

.5

أ. القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (من الشكل) تساوي (8V)

ب.

$$r = \frac{V_r}{I} = \frac{(8-6)}{1.6} = 1.25 \ \Omega$$

ج.

$$R_\text{A} = \frac{V_A}{I} = \frac{(6-4)}{1.6} = 1.25 \ \Omega$$

د.

$$R_\text{B} = \frac{V_\text{B}}{I} = \frac{4}{1.6} = 2.5 \ \Omega$$

أتحقق ص(92):

المقاومة المكافئة تكون أكبر من أي من المقاومات، ومن خصائص هذا التوصيل تجزئة الجهد بين المقاومات، لكن عيبها أنه عند حدوث قطع في مقاومة يتوقف التيار في المقاومات جميعها.

أفكر ص(93):

بافتراض أنّ البطارية مثالية فإنّ إضاءة المصباح الثاني لا تتغيّر، لأنّ مقدار التيار الذي يسري فيه بوجود المصباح الأول وبعد فصله لا يتغيّر؛ حيث لا يتغيّر فرق الجهد (V) بين طرفي المصباح.

الحالة الأولى: المصباحان موصلان على التوازي وافترض مقاومة كل منهما تساوي r. إذن

$$R_{eq} = \frac{r}{2} \rightarrow I_{\text{tot}} = \frac{V}{r/2} = 2\frac{V}{r}$$

والتيار (I) المار في كل مصباح هو نصف التيار الكلي أي أن:

$$I = 0.5\, I_{\text{tot}} = \frac{V}{r}$$

الحالة الثانية: تم فصل أحد المصباحين. يبقى مصباح واحد مقاومته (r) موصول مع فرق الجهد نفسه (V) والتيار عبره يساوي

$$I = \frac{V}{r}$$

كما في الحالة الأولى.

تجربة 2 ص (96): استقصاء قاعدتي توصيل المقاومات / توالي، توازي

1. ربما تظهر بعض الاختلافات بين القيمة المحسوبة والقيمة التجريبية بسبب وجود أخطاء القياس.
2. يكون التحقق العملي عن طريق التوصل بالتجربة والقياس إلى قيمة قريبة جدًا من القيمة المحسوبة باستخدام العلاقة الرياضية.
3. في طريقة التوصيل على التوالي يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة هو جزء من الجهد الكلي، ومجموع هذه الجهود الفرعية يساوي الجهد الكلي.
   في طريقة التوصيل على التوازي، يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي الجهد الكلي.
4. في طريقة التوصيل على التوالي يكون التيار متساويًا في المقاومات جميعها ويساوي التيار الكلي.
   في طريقة التوصيل على التوازي، يكون لكل مقاومة تيار فرعي يتناسب عكسيًّا مع قيمتها، ومجموع هذه التيارات الفرعية يساوي التيار الكلي.

أتحقق ص(97):

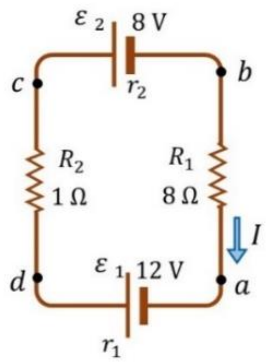
قاعدة كيرشوف الأولى هي تطبيق لمبدأ حفظ الشحنة، فالتيار هو المعدل الزمني لمرور الشحنة في موصل، وعند تطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على نقطة تفرع لمدّة زمنية محددة؛ فإنّ كمية الشحنة الداخلة نحو هذه النقطة تساوي كمية الشحنة الخارجة منها، فلا يمكن أن تتراكم الشحنة عند تلك النقطة.

أتحقق ص(98):

قاعدة كيرشوف الثانية تحقق قانون حفظ الطاقة. فعلى سبيل المثال، عند سريان التيار الكهربائي في عروة واحدة في الدارة الكهربائية، يكون مجموع الطاقة التي تنتجها البطاريات في العروة في فترة زمنية معينة يساوي مجموع الطاقة التي تستهلكها المقاومات في الفترة الزمنية نفسها.

تمرين ص(99):

أفترض اتجاه التيار في الدارة (العروة) مع اتجاه عقارب الساعة، وأفترض اتجاه عبور مكونات الدارة بعكس اتجاه عقارب الساعة، مبتدئًا العبور من النقطة (a) عبر المسار: $a \to b \to c \to d \to a$



$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$+IR_1 + \varepsilon_2 + Ir_2 + IR_2 - \varepsilon_1 + Ir_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 + I(R_1 + r_2 + R_2 + r_1) = 0$$
$$8 - 12 + I(8 + 0.5 + 1 + 0.5) = 0$$
$$-4 + I(10) = 0 \;\to\; I = \frac{4}{10} = 0.4\ \text{A}$$

أستنتج من الإشارة الموجبة أنّ اتجاه التيار بالاتجاه المفترض؛ أي أنّ التيار يسري في الدارة مع اتجاه حركة عقارب الساعة. وهو تمامًا ما تم استنتاجه في حل المثال عندما افترضت اتجاها مختلفا للتيار.

وأستنتج أنني أتوصل إلى اتجاه التيار الحقيقي بغض النظر عن الاتجاه الابتدائي الذي أفترضه لسريان التيار.

تمرين ص(101):

أبدأ الحركة من النقطة (a) نحو النقطة (b).

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_b - V_a$$
$$IR - \varepsilon + Ir = 0 - V_a$$
$$2 \times 3 - 12 + 2 \times 1 = -V_a$$
$$V_a = 4\ \text{V}$$

مراجعة الدرس الثالث ص(102):

1.

أ) تنص قاعدة كيرشوف الأولى أنّ المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفرًا (تحقق مبدأ حفظ الشحنة). وتنص قاعدة كيرشوف الثانية أنّ المجموع الجبري لتغيرات الجهد عبر مكونات مسار مغلق في دارة كهربائية يساوي صفرًا (تحقق مبدأ حفظ الطاقة).

ب)

	التوالي	التوازي
المقاومة المكافئة	المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات.	مقلوب المقاومة المكافئة يساوي مجموع مقلوب المقاومات.
فرق الجهد	فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فروق الجهود الفرعية.	فرق الجهد الكلي يساوي فرق الجهد الفرعي لكل مقاومة.
التيار	التيار الكلي هو نفسه التيار المار في كل مقاومة.	التيار الكلي يساوي مجموع التيارات الفرعية التي تعبر المقاومات.

2. يوصل المصباحان الأماميان في السيارة مع البطارية على التوازي، فيحصل كل مصباح على جهد مساوٍ لجهد البطارية، وعند حدوث تلف في أحدهما يبقى المصباح الآخر يعمل.

3.

$$R_{23} = R_2 + R_3 = 6 + 12 = 18\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{18} = \frac{10}{18}$$

$$R_{eq} = 1.8\ \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{9}{1.8} = 5\ \text{A}$$

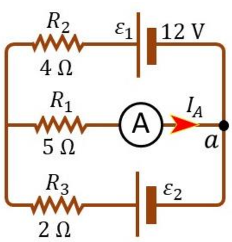
4. أفترض أن التيار (I_1) يسري في العروة العليا باتجاه حركة عقارب الساعة وأتحرك من نقطة التفرع (a) المجاورة للاميتر بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

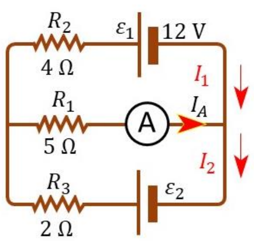
$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a \;\rightarrow\; \Sigma\,\Delta V = 0$$

$$\Sigma\,\Delta V = \varepsilon_1 + I_1 R_2 - I_A R_1 = 0$$

$$12 + I_1(4) - 2(5) = 0$$

$$I_1 = -0.5\ \text{A}$$





الإشارة السالبة تعني أنّ اتجاه التيار عكس المفترض؛ أي عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

أفترض أن التيار (I_2) في العروة السفلى خارج من نقطة التفرع (a)، أي مع اتجاه حركة عقارب الساعة، وعليه فإن

$$I_2 = I_A + I_1 = 2 + (-0.5) = 1.5\ \text{A}$$

إشارة التيار موجبة تعني أن اتجاه I_2 المبين على الرسم صحيح.

ب) أفترض الحركة مع اتجاه حركة عقارب الساعة.

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a \;\rightarrow\; \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$\Sigma\,\Delta V = \varepsilon_2 - I_2R_3 - I_AR_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - 1.5(2) - 2(5) = 0$$
$$\varepsilon_2 = 13\ \text{V}$$

5. يمر التيار عبر المقاومة من نقطة ذات جهد مرتفع عند بدايتها إلى نقطة ذات جهد منخفض عند نهايتها، وعند عبورنا المقاومة باتجاه التيار المار فيها فنحن ننتقل مع التيار من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض، أي أنّ التغير في الجهد الذي نواجهه عند عبور المقاومة (في اتجاه التيار نفسه) يكون سالبًا.

6.

أ) التيار (I_3) الذي يسري في المقاومة (R_3):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \;\rightarrow\; I_3 = I - (I_1 + I_2) = 3 - 2 = 1\ \text{A}$$

ب) فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية $(12\ \text{V})$.

$$R_1 = \frac{\Delta V}{I_1} = \frac{12}{0.5} = 24\ \Omega,\quad R_2 = \frac{12}{1.5} = 8\ \Omega,\quad R_3 = \frac{12}{1} = 12\ \Omega$$

ج) المقاومة المكافئة (توازي):

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{1+3+2}{24}$$
$$R_{eq} = 4\ \Omega$$

7.

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a + IR = V_b \;\rightarrow\; I(6) = V_b - V_a = 15\ \text{V}$$
$$I = \frac{15}{6} = 2.5\ \text{A}$$

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_c \;\rightarrow\; \Sigma\,\Delta V = V_c - V_a = 7\text{ V}$$

$$IR + Ir - \varepsilon = 7$$

$$2.5(6) + 2.5(r) - 9 = 7$$

$$r = \frac{1}{2.5} = 0.4\ \Omega$$

إجابات مراجعة الوحدة 3 ص(104)

السؤال الأول:

1. د
2. أ
3. ب
4. ج
5. أ

السؤال الثاني:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{4} = 55\ \Omega$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow L = \frac{RA}{\rho} = \frac{55(3.14 \times 0.64 \times 10^{-6})}{1.50 \times 10^{-6}} = 73.7\text{ m}$$

السؤال الثالث:

$$P = IV = 1.8 \times 12 = 21.6\text{ W}$$

السؤال الرابع:

أ):

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1500}{220} = 6.82\text{ A}$$

ب)

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{240}{48} = 5\text{ A}$$

السؤال الخامس:

دارة التوالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 3 + 6 = 9\ \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{9} = 1.33\ \text{A}$$

دارة التوازي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6}$$
$$R_{eq} = 2\ \Omega$$
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{2} = 6\ \text{A}$$

السؤال السادس:

أ):

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{240}{30} = 8\ \text{A}$$

ب):

$$P = IV = 8 \times 240 = 1920\ \text{W}$$

ج):

$$E = P\Delta t = 1920 \times 48 \times 60 = 5529600\ \text{J}$$

د):

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{120}{30} = 4\ \text{A}, P = IV = 4 \times 120 = 480\ \text{W}$$
$$E = P\Delta t = 480 \times 48 \times 60 = 1382400\ \text{J}$$

السؤال السابع:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 20 + 30 + 40 = 90\ \Omega$$
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{36}{90} = 0.4\ \text{A}$$
$$V_1 = IR_1 = 0.4 \times 20 = 8\ \text{V},\ V_2 = IR_2 = 0.4 \times 30 = 12\ \text{V}$$
$$V_3 = IR_3 = 0.4 \times 40 = 16\ \text{V}$$

السؤال الثامن:

أ)

$$Q = I\Delta t = 125 \times 30 \times 60 = 225000\ \text{C}$$

ب)

$$V = \frac{P}{I} = \frac{62500}{125} = 500\ \mathrm{V}$$

ج)

$$W = QV = 225000 \times 500$$
$$= 1.125 \times 10^{8}\ \mathrm{J}$$

د)

$$cost = E \times Price = P\Delta t \times Price$$
$$cost = 62.5\ \mathrm{kW} \times 0.5\ \mathrm{h} \times 0.12\ \mathrm{JD/kWh} = 3.75\ \mathrm{JD}$$

السؤال التاسع:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{240} = 4.17\ \mathrm{A}$$
$$R = \frac{V}{I} = \frac{240}{4.17} = 57.6\ \Omega$$
$$R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow \frac{L}{A} = \frac{R}{\rho} = \frac{57.6}{1.50\times10^{-6}}\ \mathrm{m}^{-1}$$

للحصول على مدفأة بهذه القدرة، وعنصر مقاومتها سلك من النيكروم حيث مقاومية النيكروم محددة، يجب أن تكون نسبة طول السلك إلى مساحة مقطعه $\frac{57.6}{1.50\times10^{-6}}\ \mathrm{m}^{-1}$ ، وبمعرفة أي من الكميتين (طول السلك أو مساحة مقطعه) يمكن حساب الكمية الأخرى.

السؤال العاشر:

التوصيل على التوالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 3R\ \Omega$$
$$P_{series} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{144}{3R} = \frac{48}{R}\ \mathrm{W}$$

التوصيل على التوازي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2} = \frac{3}{R} \rightarrow R_{eq} = \frac{1}{3}R\ \Omega$$

$$P_{parallel} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{3}{1} \times \frac{144}{R} = \frac{432}{R}\ \text{W}$$

النسبة بين القدرة المنتجة في الحالتين: $\frac{P_{series}}{P_{parallel}} = \frac{48}{432} = 0.11$

السؤال الحادي عشر:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{5.6 \times 10^{-8} \times 1.5}{4 \times 10^{-6}} = 0.021\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{0.021} = 71.4\ \text{A}$$

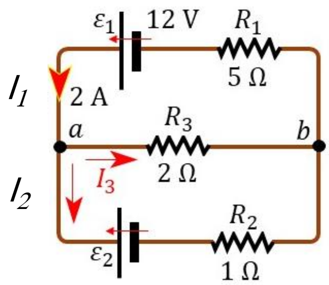
السؤال الثاني عشر:

أ) لحساب التيار المار في المقاومة (R_3)، أفترض التيارات كما في الشكل، وأطبق القاعدة الأولى:

$$I_1 = I_2 + I_3 \ \rightarrow\ 2 = I_2 + I_3$$

أتحرك في العروة العليا باتجاه حركة عقارب الساعة مبتدئًا من النقطة (a)، وأطبق قاعدة كيرشوف الثانية:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-\varepsilon_1 + I_1R_1 + I_3R_3 = 0$$
$$-12 + (2 \times 5) + I_3(2) = 0$$
$$2\,I_3 = 12 - 10 = 2$$
$$I_3 = 1\ \text{A}$$



إشارة التيار الموجبة تعني أن اتجاه التيار الذي افترضه والمبين على الشكل كان صحيحاً.

ب) لإيجاد القوة الدافعة الكهربائية (ε_2) أطبق قاعدة كيرشوف الأولى عند نقطة التفرع a :

$$2 = I_2 + I_3 \ \rightarrow I_2 = 2 - I_3 = 2 - 1 = 1\ \text{A}$$

إشارة التيار الموجبة تعني أن اتجاه التيار الذي افترضه والمبين على الشكل كان صحيحاً.

أتحرك في العروة السفلى من النقطة (a) باتجاه حركة عقارب الساعة:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$-I_3R_3 + I_2R_2 + \varepsilon_2 = 0$$
$$-(1 \times 2) + (1 \times 1) + \varepsilon_2 = 0 \ \rightarrow\ \varepsilon_2 = 1\ \text{V}$$

السؤال الثالث عشر:

$$P = I^2 r \ \rightarrow I^2 = \frac{P}{r} = \frac{2.7}{2.5} = 1.08 \ \rightarrow I = 1.04 \text{ A}$$

$$R_{eq} = \frac{\varepsilon}{I} = \frac{9}{1.04} = 8.65\ \Omega$$

$$R = R_{eq} - r = 8.65 - 2.5 = 6.15\ \Omega$$

السؤال الرابع عشر:

أ) معتمدًا على قراءة الفولتميتر بين النقطتين (b, c)، وهي: $V_b - V_c = 4$ V

سأفترض اتجاه التيارات كما في الشكل، وأتحرك خلال البطارية من (c) إلى (b):

$$V_c + \Delta V = V_b \ \rightarrow \ \Delta V = V_b - V_c = 4$$

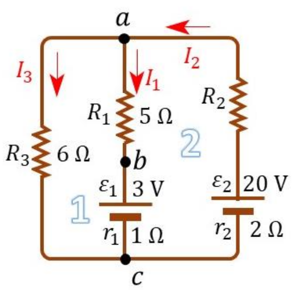
$$\mathcal{E}_1 + I_1 r_1 \ = 4 \ \rightarrow 3 + I_1(1) = 4$$

$$I_1 = 4 - 3 = 1 \text{ A}$$

الإشارة الموجبة تعني أنّ التيار يمر في البطارية بالاتجاه المفترض.

$$I_2 = I_1 + I_3 \ \rightarrow I_2 = 1 + I_3$$

في العروة رقم (1)، سأتحرك من النقطة (a) باتجاه حركة عقارب الساعة:



$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_a$$

$$\Sigma\, \Delta V = V_a - V_a = 0$$

$$-I_1 R_1 - \varepsilon_1 - I_1 r_1 + I_3 R_3 = 0$$

$$-(1 \times 5) - 3 - (1 \times 1) + I_3(6) = 0$$

$$I_3 = \frac{9}{6} = 1.5 \text{ A}$$

$$I_2 = I_1 + I_3 = 1 + 1.5 = 2.5 \text{ A}$$

ب) لإيجاد المقاومة المجهولة، أطبق قاعدة كيرشوف الثانية على العروة الثانية متحركًا باتجاه حركة عقارب الساعة، مبتدئًا من النقطة (a):

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_a$$

$$\Sigma\, \Delta V = V_a - V_a = 0$$

$$I_2 R_2 - \varepsilon_2 + I_2 r_2 + \varepsilon_1 + I_1 r_1 + I_1 R_1 = 0$$

$$2.5(R_2) - 20 + (2.5 \times 2) + 3 + (1 \times 1) + (1 \times 5) = 0$$

$$R_2 = \frac{6}{2.5} = 2.4\ \Omega$$

السؤال الخامس عشر:

$$P_1 = 3\,P_2, V_1 = V_2 = V$$
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1 V}{I_2 V}$$
$$\frac{3P_2}{P_2} = \frac{I_1}{I_2} \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 3$$
$$R_1 = \frac{V}{I_1}, R_2 = \frac{V}{I_2}$$
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{3}$$

السؤال السادس عشر:

عند انعدام التيار في (R_3)، فهذا يعني أنّ فرق الجهد بين النقطتين (c) و(d) يساوي صفرًا. أفترض أن التيار يعبر المقاومة R_2 نحو الأعلى:

$$V_c + \Sigma\,\Delta V = V_d \;\rightarrow\; -\varepsilon_2 + IR_2 = V_d - V_c = 0$$
$$-14 + I(4) = 0$$
$$I = \frac{14}{4} = 3.5\ \mathrm{A}$$

نتعامل مع الدارة وكأنه لا توجد نقاط تفرع، أي أنّ تيار واحد يسري بين النقطتين (a) و (b) لأن التيار بين النقطتين c و d عبر المقاومة R_3 يساوي صفر. أتحرك بدءًا من النقطة (a):

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_b - V_a = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + IR_2 + IR_1$$
$$V_b - V_a = 9 - 14 + (3.5 \times 4) + (3.5 \times 2) = 16\ \mathrm{V}$$

أي أنّ جهد النقطة (b) أعلى من جهد النقطة (a).

السؤال السابع عشر:

$$cost = E \times Price = P\Delta t \times Price$$
$$cost = 2.8\ \mathrm{kW} \times 90\ \mathrm{h} \times 0.15\ \mathrm{JD/kWh} = 37.8\ \mathrm{JD}$$

إجابات أسئلة التفكير/ كراسة الطالب صفحة 28

.1

أ)

$$Q = \frac{W}{V} = \frac{10^9}{5 \times 10^7} = 20\ \mathrm{C}$$

ب)

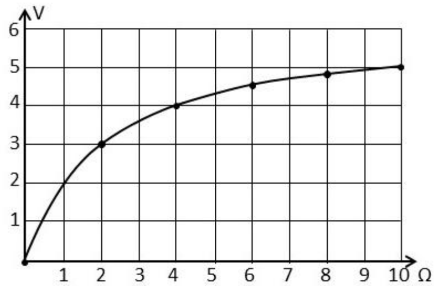
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{20}{0.2} = 100\ \mathrm{A}$$

ج)

$$P = VI = 5 \times 10^7 \times 100 = 5 \times 10^9\ \mathrm{W}$$

.2

أ.



ب. المقاومة الداخلية للبطارية: من النقطة $(4, 4)$:

$$V_R = IR \ \rightarrow \ I = \frac{V_R}{R} = \frac{4}{4} = 1\ \mathrm{A}$$
$$V_\mathcal{E} = \mathcal{E} - Ir$$
$$4 = \mathcal{E} - r \rightarrow \ \mathcal{E} = 4 + r$$

من النقطة $(2, 3)$:

$$V_R = IR \ \rightarrow \ I = \frac{V_R}{R} = \frac{3}{2} = 1.5\ \mathrm{A}$$
$$V_\mathcal{E} = \mathcal{E} - Ir$$
$$3 = \mathcal{E} - 1.5\,r \ \rightarrow \ \mathcal{E} = 3 + 1.5\,r$$

بمساواة المعادلتين:

$$4 + r = 3 + 1.5\,r \ \rightarrow \ r = \frac{1}{0.5} = 2\ \Omega$$

ج.

$$\mathcal{E} = 3 + 1.5\,r = 3 + 3 = 6\ \mathrm{V}$$

3. نستنتج أنّ مقاومة الموصل ليست ثابتة بل تتغير عند تغيّر فرق الجهد بين طرفيه مع ثبات درجة حرارته، ما يعني أن الموصل لا يُحقّق قانون أوم.

إجابات الوحدة 4: المجال المغناطيسي

أتأمل ص(107): كيف يجري تسريع الجُسيمات المشحونة وإكسابُها طاقةً حركيةً كبيرة؟ وكيف يجري التحكُّم في مسارها؟

يجري تسريع الجسيمات باستخدام مجال كهربائي يؤثر فيها بقوة كهربائية باتجاه حركة الجسيمات، ويجري التحكم في مسارها باستخدام مجالات مغناطيسية تؤثر في الجسيمات بقوة باتجاه يتعامد مع اتجاه الحركة.

تجربة استهلالية ص(109): استقصاء تأثير المجال المغناطيسي في شحنة كهربائية متحركة فيه.

1. تنتقل الأشعة المهبطية من القطب السالب في الأنبوب إلى القطب الموجب، وهي غير مرئية لكن تصادمها مع ذرات الغاز داخل الأنبوب يُهيّج الذرات فتصدر عنها أشعة مرئية.
2. زيادة ضغط الغاز داخل الأنبوب، تعني زيادة عدد ذرات الغاز وهذا يزيد عدد تصادمات الأشعة المهبطيّة مع الذرات وتفقد قدرا أكبر من الطاقة، ونتيجة لذلك قد لا تتمكن الأشعة المهبطيّة من الوصول إلى القطب الموجب، لذلك يجب تخفيض الضغط داخل الأنبوب.
3. عند تقريب مغناطيس من مسار أشعة المهبط تنحرف عن مسارها، لأنها جسيمات مشحونة (إلكترونات) فتتأثر بقوة تتعامد مع اتجاه حركتها ومع اتجاه المجال المغناطيسي، وعند تقريب القطب الاخر للمغناطيس، ينعكس اتجاه خطوط المجال المغناطيسي، فينعكس اتجاه القوة المغناطيسية، ويتحول انحراف الأشعة نحو الجهة الأخرى.
4. أحدد اتجاه المجال المغناطيسي معتمدًا على نوع القطب المغناطيسي الذي جرى تقريبه من الأنبوب، وأحدد اتجاه القوة المغناطيسية باتجاه انحراف الأشعة عن مسارها، واستنتج أن اتجاه القوة الذي أحدده عمليا يتفق مع قاعدة اليد اليمنى.

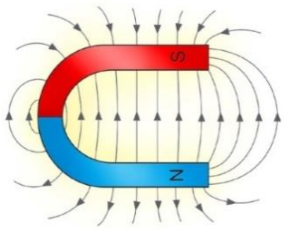
أتحقّقُ ص(110):

القوة المغناطيسية قوة تأثير عن بُعد، حيث يؤثر المجال المغناطيسي في أي قطعة من مادة مغناطيسية وفي المغانط الأخرى دون أن يحدث تلامس بينها.

أتحقّقُ ص(111):

- خطوطٌ وهميّةٌ مُقفَلةٌ تخرجُ من القطب الشماليّ وتدخل القطب الجنوبيّ، وتكملُ مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشماليّ.
- اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند أيّ نقطةٍ على خطّ المجال يكون على امتداد المَماس للخطّ عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأنّ للمجال المغناطيسيّ اتّجاهٌ واحدٌ عند كلِّ نقطة، يُحدّد باتّجاه المَماس لخطّ المجال.
- يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسيّ بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عموديًّا عليها.

تمرين ص(111): أرسم خطوط المجال المغناطيس لمغناطيس على شكل حرف (U). المبين بالرسم.



أفكر ص (113):

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الجسيم، بوضع الإبهام باتجاه الحركة نحو الشرق، والأصابع الأخرى باتجاه المجال المغناطيسي نحو الشمال، فإن ذلك يتطلب وضع باطن الكف نحو الأعلى، وتكون القوة خارجة من باطن الكف نحو الأعلى $(+z)$.

أتحقق ص(114):

تُعطى القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم بالعلاقة: $F_B = qvB\sin\theta$، وحيث أن $(\sin 0 = 0)$، فإن القوة تساوي صفرًا، لا يتأثر الجسيم بقوة مغناطيسية لأن الزاوية بين اتجاه المجال واتجاه الحركة تساوي صفرًا.

أفكر ص(115):

القوة المغناطيسية تؤثر في الجسيم المشحون المتحرك داخل المجال المغناطيسي باتجاه يكون دائمًا عمودي على اتجاه الحركة، فتكون الزاوية بين الإزاحة والقوة $(90°)$ والشغل يساوي صفرًا، بينما عند تأثير القوة الكهربائية في الجسيم المشحون تكون الزاوية بين القوة والإزاحة صفرًا أو $(180°)$، أو أي زاوية أخرى، وبذلك يوجد شغل موجب أو سالب، وتكون قيمة الشغل صفرًا في حال كانت الزاوية $(90°)$ بين القوة الكهربائية والإزاحة.

أتحقق ص(115):

الشحنة النوعية هي ناتج قسمة الشحنة على الكتلة، وحيث أن كتلة البروتون تختلف عن كتلة الإلكترون فإن الشحنة النوعية لهما مختلفة، على الرغم من أن القيم المطلقة لشحنتيهما متساوية.

سؤال الشكل (9) ص (116)

سيتخذ مسارًا دائريًا بحيث ينحرف باتجاه معاكس لاتجاه انحراف الأيونات الموجبة (باتجاه $+y$)

أتحقق ص(117):

يستخدم مطياف الكتلة لقياس كتل الجُسيمات الذريّة لتحديد مكوّنات عيّنةٍ مجهولة، والسنكروترون يستخدم لإنتاج أشعة (موجات) كهرمغناطيسية بأطوال موجية مختلفة لاستخدامها في الأبحاث العلمية.

وظيفة المجال المغناطيسي في مطياف الكتلة تحريك الجسيمات المشحونة في مسارات دائرية، وفي السينكروترون يسبب المجال المغناطيسي إنحراف الجسيمات المشحونة عن مسارها ما يؤدي إلى انبعاث أشعة كهرمغناطيسية.

أتحقّق ص(119):

عندما يسري فيه تيار كهربائي ويكون متجه طول الشريط غير موازٍ لاتجاه خطوط المجال.

تجربة 1 ص(120): استقصاء القوّة المغناطيسيّة المُؤثّرة في موصلٍ يحمل تيّارًا كهربائيًّا.

1. معتمدًا على زيادة قراءة الميزان، أستنتج أن هذه الزيادة ناتجة عن تأثر المغانط بقوة رد فعل نحو الأسفل من السلك، في حين يتأثر السلك بقوة مغناطيسية (فعل) نحو الأعلى من المغانط.
2. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى أستنتج أن القوة المؤثرة في السلك يكون نحو الأعلى، وهذا يتفق مع الاستنتاج السابق من ملاحظة قراءة الميزان.
3. يجب أن يكون منحنى العلاقة خطًا مستقيمًا ميله موجب، لأنه يمثل علاقة خطية طردية.
4. العلاقة بين التيار والقوة المغناطيسية طردية، والميل يساوي حاصل ضرب طول الموصل في مقدار المجال المغناطيسي.

$$F_B = IBL \rightarrow \frac{F_B}{I} = BL$$

أتحقق ص(121):

هو مُتّجه؛ مقدارهُ يساوي طول الموصل واتّجاهه باتّجاه التيار الكهربائيّ الذي يمرّ في الموصل.

أتحقّقُ ص(123):

في الشكل (أ) لا يوجد عزم دوران لأن خطوط عمل القوتين المؤثرتين متطابقة. (ب) اتجاه دوران الحلقة مع اتجاه دوران عقارب الساعة، أما في الشكل (ج) فاتجاه دوران الحلقة يكون باتجاه عكس دوران عقارب الساعة.

مراجعة الدرس الأول ص(126)

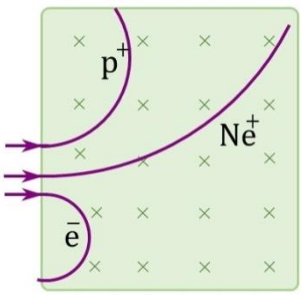
1. المجال المغناطيسي: القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة عندما تتحرك الشحنة بسرعة $(1\ \text{m/s})$ باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي، لحظة مرورها في تلك النقطة. ويقاس بوحدة تسلا (T)، وفق النظام الدولي للوحدات.

   خصائص خطوط المجال المغناطيسي:
   - خطوطٌ وهميّةٌ مُقفَلةٌ تخرجُ من القطب الشماليّ وتدخل القطب الجنوبيّ، وتكملُ مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشماليّ.
   - اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند أيّ نقطةٍ على خطّ المجال يكون على امتداد المَماس للخطّ عند تلك النقطة.
   - لا تتقاطع لأنّ للمجال المغناطيسيّ اتّجاهٌ واحدٌ عند كلِّ نقطة، يُحدّد باتّجاه المَماس لخطّ المجال.
   - يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسيّ بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عموديًّا عليها.

2. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى، مع مراعاة أن شحنة الإلكترون سالبة، يكون اتجاه القوة نحو الأسفل، باتجاه محور $(-y)$. وكلما تغيّر اتجاه سرعة الإلكترون يتغير اتجاه القوة المغناطيسية، لأنها تؤثر باستمرار باتجاه يتعامد مع اتجاهي السرعة والمجال.

3. معتمدًا على العلاقة: $F_B = qvB\sin\theta$، أجد أن القوة المغناطيسية تتناسب طرديًا مع مقدار كل من: الشحنة الكهربائية، سرعتها والمجال المغناطيسي وجيب الزاوية بين اتجاهي السرعة والمجال.

4. الجسيمات الثلاثة متساوية في الشحنة والسرعة، لذلك تتأثر بقوى متساوية، الإلكترون سالب الشحنة فينحرف (حسب اتجاه السرعة والمجال المبين بالرسم) مع اتجاه حركة عقارب الساعة. أما البروتون وأيون الصوديوم فإن شحنتيهما موجبتان، وينحرفان عكس حركة



عقارب الساعة. وحيث أن أيون الصوديوم أكبرها كتلة فيكون لمساره أكبر نصف قطر، كما في الشكل.

.5

- لا يمكن للإلكترون أو أي جسيم مشحون آخر أن يبدأ حركته من السكون بتأثير مجال مغناطيسي، لأن المجال لا يؤثر بقوة في الشحنات الساكنة.
- لا ينحرف النيوترون عندما يتحرك داخل مجال مغناطيسي عموديّ عليه، لأنه غير مشحون، والقوة المغناطيسية لا تؤثر في الأجسام غير المشحونة.

.6

$$F_B = qvB\sin\theta \;\rightarrow\; \sin\theta = \frac{F_B}{qvB}$$

$$\sin\theta = \frac{8.2\times10^{-13}\ \mathrm{N}}{1.6\times10^{-19}\times4\times10^{6}\times1.7} = 0.75$$

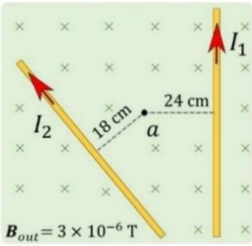
$$\theta = \sin^{-1}(0.75) = 48.6^{\circ}$$

أتحقق ص(128):

تشكل خطوط المجال المغناطيسي حلقات مغلقة حول الموصل وتقع مراكزها على الموصل، وتتباعد الحلقات عن بعضها كلما ابتعدنا عن الموصل، ويمكن تحديد اتجاه المجال عند أي نقطة فيه برسم مماس لخط المجال عند تلك النقطة.

تمرين ص(130):

تؤثر عند النقطة (a) ثلاثة مجالات، من الموصل الأول ومن الموصل الثاني، والمجال الخارجي.



$$B_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times6}{2\pi\times0.24} = 5\times10^{-6}\ \mathrm{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times6}{2\pi\times0.18} = 6.7\times10^{-6}\ \mathrm{T}$$

$$B_3 = 3\times10^{-6}\ \mathrm{T}$$

حيث أن المجال (B_1) خارجًا من الصفحة باتجاه $(+z)$، والمجال (B_2) داخلًا في الصفحة باتجاه $(-z)$، المجال (B_3) داخلًا في الصفحة باتجاه $(-z)$، فإن المحصلة:

$$B = B_1 - B_2 - B_3 = 5\times10^{-6} - 6.7\times10^{-6} - 3\times10^{-6} = -4.7\times10^{-6}\ \mathrm{T}$$

اتجاه المجال المحصل عند هذه النقطة باتجاه $(-z)$ أي داخلًا في الصفحة.

أتحقق ص(132):

عندما تكون حلقات الملف اللولبي متراصة، وطوله أكبر بكثير من قطره، فإن المجال المغناطيسي داخله وبعيدًا عن طرفيه يكون منتظمًا.

أُفكّر ص(133):

معتمدًا على العلاقة الرياضية لمجال الملف اللولبي:

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{l}$$

فإنّ مضاعفة عدد اللفات (N) يضاعف المجال المغناطيسي، ومضاعفة طول الملف (l) يقلل المجال المغناطيسي إلى النصف، مضاعفة عدد اللفات وطول الملف معًا يبقى المجال المغناطيسي ثابتًا.

تمرين ص(133):

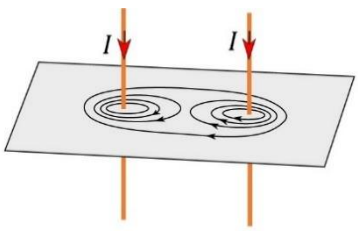
$$B = \frac{\mu_\circ IN}{l}$$

$$N = \frac{Bl}{\mu_\circ I} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 3\pi \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1.5} = 100$$

تجربة 2 ص(134): استقصاء القوة المغناطيسية التي يؤثر بها موصل مستقيم يحمل تيارًا في موصل آخر موازٍ له ويحمل تيارًا كهربائيًا.

1. عند توصيل النقطتين (a) و (b) معًا مع القطب الموجب، وتوصيل النقطتين (c) و (d) معًا مع القطب السالب، يسري تياران في شريطي الألمنيوم من الأسفل إلى الأعلى، أي في الاتجاه نفسه.
   عند توصيل النقطتين (c) و (d) معًا. ثم توصيل النقطة (a) مع القطب الموجب، وتوصيل النقطة (b) مع القطب السالب، يسري تياران متعاكسان في شريطي الألمنيوم.
2. في الحالة الأولى (تياران بنفس الاتجاه) تجاذب شريطا الألمنيوم. وفي الحالة الثانية (تياران متعاكسان) تنافر شريطا الألمنيوم.
3. يجب أن تتطبق النتيجة العملية مع الاستنتاج النظري لاتجاه القوى المغناطيسية.
4. عندما يكون التياران بنفس الاتجاه يتجاذب الشريطان، وعندما يكون اتجاها التيارين فيهما متعاكسين يتنافر الشريطان. وبمعرفة مقدار التيار والعوامل الأخرى يمكن حساب مقدار القوة المغناطيسية.

أفكر ص(137)



القوة التي تؤثر في الموصل الأيمن يكون اتجاهها باتجاه $(-x)$، والقوة التي تؤثر في الموصل الأيسر تكون باتجاه $(+x)$.

الوحدة 4/ إجابات مراجعة الدرس الثاني ص(138)

1. **الفكرة الرئيسة:**

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{IdL\sin\theta}{r^2}$$

يعتمد مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من موصل يحمل تيارًا كهربائيًا على: النفاذية المغناطيسية للوسط، مقدار التيار، طول المقطع المؤثر من الموصل، جيب الزاوية بين متجه طول المقطع ومتجه بعد النقطة، المسافة بين النقطة والمقطع.

2. ينشأ في الحيز المحيط بإلكترون متحرك مجالان كهربائي ومغناطيسي.
3. عندما ينعدم المجال المحصل بين السلكين، يكون المجالان متساويان مقدارًا ومتعاكسان اتجاهًا.

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} \rightarrow \frac{I_1}{r_1} = \frac{3\,I_1}{r_2} \rightarrow \frac{1}{r_1} = \frac{3}{r_2}$$

$$r_2 = 3r_1\,, \qquad r_2 + r_1 = 30\text{ cm}$$

$$r_1 = 7.5\text{ cm}, r_2 = 22.5\text{ cm}$$

وتقع النقطة بين الموصلين وعلى الخط العمودي الواصل بينهما.

4.

للملف الدائري:

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R}$$

للملف اللولبي:

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{l}$$

اعتمادا على العلاقتين الخاصتين بالملف الدائري والملف اللولبي، فإن العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد

اللفات، نصف قطر الملف. والعوامل في الملف اللولبي، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد اللفات، طول الملف.

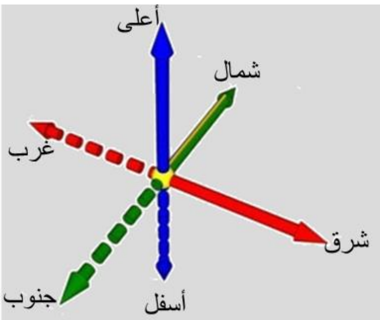
.5

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.4 \times 100}{2 \times 0.08} = 3.14 \times 10^{-4}\ \mathrm{T}$$

.6

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 2.5} = 4 \times 10^{-6}\ \mathrm{T}$$

بالاعتماد على الاتجاهات المبينة في الشكل المجاور، وبما أن اتجاه التيار من الشمال إلى الجنوب، والنقطة تقع إلى الشرق من الموصل، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أن اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة يكون إلى الأعلى.



إجابات مراجعة الوحدة 4 ص(140)

السؤال الأول:

1. ب
2. أ
3. د
4. د
5. ب
6. د

السؤال الثاني:

عندما يدخل الجسيم المشحون مجالًا مغناطيسيًا بسرعة لا ينطبق اتجاهها على اتجاه المجال، فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية فينحرف مساره، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن الجسيم الذي انحرف باتجاه $(-y)$ كانت شحنته موجبة، أما الذي انحرف باتجاه $(+y)$ فإن شحنته سالبة.

السؤال الثالث:

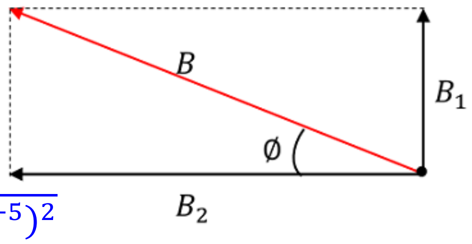
أ) القوة المؤثرة في وحدة الأطوال، وهي تجاذب، أي باتجاه السلك الثاني.

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12 \times 40}{2\pi \times 0.1} = 9.6 \times 10^{-4}\ \text{N/m}$$

ب)

$$B_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2\pi \times 0.06} = 4 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 0.08} = 10 \times 10^{-5}\ \text{T}$$



$$B = \sqrt{{B_1}^2 + {B_1}^2} = \sqrt{(4 \times 10^{-5})^2 + (10 \times 10^{-5})^2}$$

$$B = 10.8 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

B_1 باتجاه محور $(+y)$، B_2 باتجاه محور $(-x)$، المجال المحصل B يصنع زاوية ϕ مع محور $(-x)$، حيث:

$$\phi = tan^{-1}\left(\frac{4}{10}\right) = 0.4 \ \rightarrow\ \phi = 22\ ^\circ$$

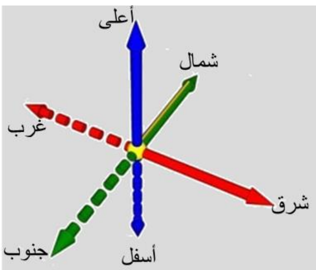
السؤال الرابع:

أ) المجال تحت الخط بمسافة $(1.5\ \text{m})$، ويكون اتجاهه نحو الشمال:

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 90}{2\pi \times 1.5} = 1.2 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

ب) المجال على سطح الأرض ويكون باتجاه الشمال أيضًا:

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 90}{2\pi \times 10} = 1.8 \times 10^{-6}\ \text{T}$$



السؤال الخامس:

$$B = \frac{\mu_{\circ} I N}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8 \times 400}{0.6} = 6.7 \times 10^{-3}\ \mathrm{T}$$

السؤال السادس:

لإيجاد سرعة الأيون بدلالة نصف قطر المسار الدائري:

$$v = \frac{n \times 2\pi r}{t} = \frac{5 \times 2\pi r}{1.5 \times 10^{-3}} = 20944\, r\ \mathrm{m/s}$$

$$F_B = F_C \;\rightarrow\; qvB\sin\theta = \frac{mv^2}{r} \;\rightarrow\; qB = \frac{mv}{r}$$

$$qB = \frac{m(20944)r}{r} = m(20944)$$

$$m = \frac{qB}{20944} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-2}}{20944} = 3.8 \times 10^{-25}\ \mathrm{kg}$$

السؤال السابع:

أضع الجسيم المشحون في حالة سكون، فإذا بدأ بالتسارع من السكون، فالمجال يكون كهربائيًا. وإذا بقي ساكنا فالمجال مغناطيسي لأن المجال المغناطيسي لا يؤثر في الجسيمات المشحونة الساكنة.

السؤال الثامن:

التيار يساوي كمية الشحنة التي تعبر نقطة محددة في مدار الإلكترون مقسومة على المدة الزمنية:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.46 \times 10^{-16}} = 1.1 \times 10^{-3}\ \mathrm{A}$$

$$B = \frac{\mu_{\circ} I N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.1 \times 10^{-3} \times 1}{2 \times 5.3 \times 10^{-11}} = 13\ \mathrm{T}$$

السؤال التاسع:

القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك:

$$\frac{F_B}{L} = IB\sin\theta = 8 \times 0.15 \times 1 \times \sin 37 = 1.2 \times 0.6 = 0.72\ \text{N/m}$$

اتجاه القوة عمودي على الصفحة والى الداخل $(-z)$

السؤال العاشر:

غير مطلوب؛ تم حذف السؤال من الكتاب.

السؤال الحادي عشر:

أ) لحساب أقل قيمة للمجال المغناطيسي الذي يجعل الشد في السلكين الرأسيين يساوي صفرًا:

$$2T + F_B - F_W = 0$$

حيث T الشد في كل سلك. عندما $T = 0$ فإن:

$$F_W = F_B \ \rightarrow \ mg = IBL \ \rightarrow 0.06 \times 9.8 = 5 \times 0.45\ B$$

$$B = 0.26\ \text{T}$$

ب) عندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي، ينعكس اتجاه القوة المغناطيسية، فيصبح مجموع الشد $(2T)$ في السلكين العموديين مساويا لمجموع الوزن والقوة المغناطيسية:

$$2T = F_W + F_B = 2F_W = 2 \times 0.06 \times 9.8 = 1.18\ \text{N}$$

السؤال الثاني عشر:

القوة المتبادلة بين وحدة الاطوال للسلكين في السيارة:

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_\circ I\, I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 300 \times 300}{2\pi \times 0.04} = 0.45\ \text{N/m}$$

وهي قوة تنافر لأن التياران في السلكين يكونان باتجاهين متعاكسين

السؤال الثالث عشر:

حسب اتجاه الانحراف، فإن الجسيمين (a) و (b) موجبا الشحنة، والجسيم (c) متعادل، والجسيم (d) سالب الشحنة. واعتمادًا على نصف قطر المسار؛ حيث $(r = \frac{mv}{qB})$ فإن الترتيب التصاعدي للجسيمات حسب كتلها:

$$m_d < m_a < m_b$$

السؤال الرابع عشر:

المجال في مركز الملف الدائري:

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 80}{2 \times 0.1} = 2.5 \times 10^{-3}\ \text{T}$$

السؤال الخامس عشر:

$$F_B = F_C \rightarrow qvB\sin\theta = \frac{mv^2}{r} \rightarrow qB = \frac{mv}{r}$$

$$v = \frac{qBr}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.7 \times 0.12}{1.67 \times 10^{-27}} = 8 \times 10^6\ \text{m/s}$$

السؤال السادس عشر:

أ) المجال المغناطيسي الناتج عن السلك عند النقطة (a) يكون باتجاه $(-z)$:

$$B_1 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.25} = 3.2 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

المجال المغناطيسي المحصل (B_{tot}) عند النقطة (a) هو

$$B_{\text{tot}} = B + B_1 = 2 \times 10^{-6} + 3.2 \times 10^{-6} = 5.2 \times 10^{-6}$$

باتجاه $(-z)$.

ب) القوة المغناطيسية المؤثرة في 1m من الموصل المستقيم:

$$F_B = IBL\sin\theta = 4 \times 2 \times 10^{-6} \times 1 \times 1 = 8 \times 10^{-6}\ \text{N}$$

ج) القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في الجسيم المشحون:

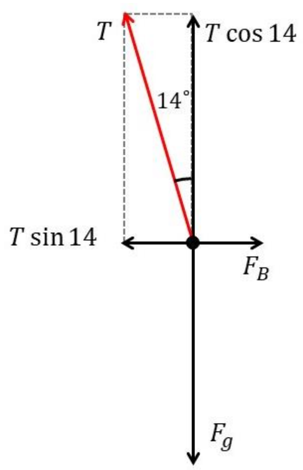
$$F = qvB\sin\theta = 2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^4 \times 5.2 \times 10^{-6} \times 1 = 6.24 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

باتجاه $(+x)$

إجابات أسئلة التفكير / كراسة الطالب :

.1

برسم مخطط الجسم الحرّ للسلك أجد أنّ:



$$F_g = T\cos\theta\ , \qquad F_B = T\sin\theta$$

$$F_g = T\cos 14^\circ\ , \qquad F_B = T\sin 14^\circ$$

$$\frac{F_B}{F_g} = \tan 14^\circ$$

$$F_B = (0.25)F_g = 0.25 \times 0.05 \times 10 = 0.125\ \text{N}$$

مقدار المجال المغناطيسي:

$$F_B = IBL\sin 90^\circ$$

$$0.125 = 10 \times 0.05\, B$$

$$B = \frac{0.125}{0.5} = 0.25\ \text{T}$$

.2

أ) بتطبيق قاعدة اليد اليمنى، وحيث أن اتجاه حركة الجسيم $(+x)$ واتجاه المجال المغناطيسي $(+z)$ واتجاه الانحراف نحو $(-y)$ فإن نوع الشحنة هو موجبة.

ب) تسارع الجسيم داخل المجال المغناطيسي:

$$F_B = \frac{mv^2}{r} \rightarrow a = \frac{F_B}{m} = \frac{v^2}{r} = \frac{(5.9 \times 10^7)^2}{0.1} = 3.48 \times 10^{16}\ \text{m/s}^2$$

ج) مقدار نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br} = \frac{5.9 \times 10^7}{16 \times 0.1} = 3.69 \times 10^7\ \text{C/kg}$$

د) اتجاه المجال الكهربائي: بما أن الجسيم موجب الشحنة فهو يتسارع باتجاه المجال الكهربائي، أي أن اتجاه المجال مع محور $(+x)$.

.3 **الأشعة الكونية**: إن الجسيمات (A) التي تتجه نحو الأرض من منطقة القطب يكون اتجاهها موازيًا لخطوط المجال المغناطيسي للأرض فلا يؤثر فيها بقوة مغناطيسية ولا تنحرف فتصل إلى الأرض. أما الجسيمات (B) القادمة نحو الأرض باتجاه عمودي على خط الاستواء تكون عمودية على خط المجال المغناطيسي فتنحرف أفقيًا بشكل موازي لسطح الأرض ولا تصل إليها.