ملحق إجابات أسئلة كتاب الفيزياء وكتاب الأنشطة

للصف الثاني عشر – الفصل الدراسي الأول

2025

الوحدة الأولى: الزخم الخطي والتصادمات

الصفحة 7

أتأمَّل الصورة:

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

الصفحة 9

تجربة استهلالية: تأثير كتلة الجسم وسرعته في التصادمات.

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 أن كتلة الكرة الزجاجية أكبر، فيكون زخم الكرة الزجاجية عند تصادمها مع الكوب أكبر، فتدفع الكوب مسافة أكبر.
2. عند هبوط الكرة الزجاجية من ارتفاع كبير واصطدامها بالكوب البلاستيكي، فإنها تحركه مسافة أكبر مقارنة بالمسافة التي يتحركها عند هبوط الكرة من ارتفاع قليل؛ حيث أن زيادة الارتفاع تزيد طاقة الوضع فتزداد سرعة الكرة وزخمها.
3. المسافة التي يتحركها الكوب تعتمد على سرعته، أي على زخمه الخطي، وهذا الزخم يكتسبه نتيجة التصادم مع الكرة ؛ أي يعتمد على كتلة الكرة وسرعتها.

الدرس الأول: الزخم الخطي والدفع

الصفحة 10

أتحقّق:

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

الصفحة 11

أُفكّر:

نعم؛ إذا كان مقدار سرعة السيارة يساوي عشرة أضعاف مقدار سرعة الشاحنة.

أتحقّق:

القوّة المُحصّلة المؤثّرة في جسمٍ تساوي المعدّل الزمني لتغيُّر زخَمه الخطيّ.

الصفحة 12

أتحقّق:

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

الصفحة 15

تمرين:

أ. تستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع، مع مراعاة أن مقدار السرعة الابتدائية للكرة عند أقصى ارتفاع يساوي صفرًا، حيث يكون زخمها الابتدائي صفرًا.

$$I = \Delta p = p_f - p_i$$
$$I = mv_f - mv_i$$
$$= 0.060 \times 55 - 0 = 3.3\ \mathrm{kg.m/s}$$
$$\mathbf{I} = 3.3\ \mathrm{kg.m/s}, +x$$

ب. بتطبيق 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

أتحقّق:

يُعدّ النظام معزولًا عندما تكون القوى الخارجية المؤثّرة فيه، مثل قوّة الاحتكاك، صغيرةً مُقارنةً بالقوّة التي تؤثّر بها مكوّنات النظام في بعضها (القوى الداخليّة في النظام؛ قوى الفعل ورد الفعل).

الصفحة 17

أتحقّق:

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

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 18

التجربة 1: حفظُ الزّخَمِ الخطيّ.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. ستختلف الإجابات بحسب مقدار قوة الدفع المؤثرة في العربة A (والذي يؤثر في مقدار سرعتها الابتدائية)، وكتلتي العربتين.
2. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة وكتلتها.
3. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة وكتلتها.
4. يكون الزخم الخطي الكلي للعربتين محفوظًا؛ أي أن الزخم الخطي الكلي الابتدائي لنظام العربتين في كل محاولة يساوي الزخم الخطي الكلي النهائي لهما؛ لأن النظام معزول.
5. **إجابة محتملة:** نعم، تطابقت نتائج التجربة مع قانون حفظ الزخم الخطي للمحاولتين، وأستنتج أن الزخم الخطي يكون دائمًا محفوظًا في التصادمات للأنظمة المعزولة.
   إجابة محتملة: لا، لم تتطابق نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم، نتيجة وجود أخطاء تجريبية، ويجب إعادة تنفيذ التجربة بدقة لمراعاة تجنّب وقوع أخطاء.
6. **مصادر الخطأ المحتملة:** قياس الكتلة، المدرج الهوائي ليس أفقي تمامًا، قياس طول كل من البطاقتين، وجود قوة احتكاك كبيرة بالنسبة لقوى التلامس المتبادلة، خطأ في إجراء الحسابات.

الصفحات 20-21

مراجعة الدرس الأول:

1. الزخم الخطي كمية متجهة تساوي ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v)، رمزه p.
   دفع قوة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي، $\mathrm{I} = \Delta \boldsymbol{p}$.

.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 وأنّ زخمه الخطي محفوظ.

4. الحزام المطاطي يزيد زمن التصادم، ما يقلّل من مقدار القوة المؤثرة في السيارات نتيجة التصادم.

.5

أ. عند إطلاق الرصاص ترتد البندقية باتجاه معاكس لحركة الرصاصة، ويكون زخم البندقية الخطي $(p = m_1 v)$، فتصطدم بكتف الصياد وتؤثر فيه بقوة. عند إسناد البندقية إلى الكتف فإن كتلة الصياد (m_2) تصبح جزءا من النظام، ويصبح زخم النظام $p = (m_1 + m_2)\acute{v}$ ،وبما أن الزخم محفوظ فإن زيادة الكتلة تؤدي إلى نقصان سرعة الارتداد $(\acute{v})$ ، فيقل أثر الارتداد على الصياد.

ب. تعتمد قوة دفع المركبة الفضائية مقدارًا واتجاهًا على دفع الغازات لها، حيث أن الزخم الخطي للمركبة والغازات المنطلقة منها يكون محفوظًا، فعلى سبيل المثال، زيادة كتلة الغاز المنطلق تؤدي الى زيادة في زخم الغاز، ما ينتج عنه زيادة في زخم المركبة بالاتجاه المعاكس، فتزداد نتيجة ذلك سرعة المركبة. ويكون اتجاه حركة المركبة دائما معاكسا لاتجاه انطلاق الغاز الذي تطلقه.

6. أ.

$$\Delta p_{\mathrm{A}} = -1.6\ \mathrm{kg.m/s}$$

$$p_{\mathrm{Af}} - p_{\mathrm{Ai}} = -1.6\ \mathrm{kg.m/s}$$

$$m_{\mathrm{A}}(v_{\mathrm{Af}} - v_{\mathrm{Ai}}) = -1.6$$

$$0.2(v_{\mathrm{Af}} - 5.0) = -1.6$$

$$v_{\mathrm{Af}} = \frac{-1.6 + 1}{0.2} = \frac{-0.6}{0.2} = -3\ \mathrm{m/s}$$

الإشارة السالبة تعني أن العربة (A) تحركت باتجاه المحور $(-x)$ بعد التصادم. ونجد أن التغير في للعربة (B) يساوي:

$$\Delta p_{B} = -\Delta p_{A} = 1.6\ \mathrm{kg.m/s}$$

$$p_{Bf} - p_{Bi} = 1.6\ \mathrm{kg.m/s}$$

$$0.6 \times v_{Af} - 0 = 1.6$$

$$0.6 \times v_{Af} - 0.2 \times 5.0 = -1.6$$

$$v_{Bf} = \frac{1.6}{0.6} = 2.7\ \mathrm{m/s}$$

الإشارة الموجبة تعني أن العربة (B) تحركت باتجاه المحور $(+x)$ بعد التصادم.

ب. زمن التلامس:

$$\Delta t = \frac{\Delta p}{F} = \frac{1.6}{5.0} = 0.32\ \mathrm{s}$$

.7

.1	(ب) 16	$a = \frac{F}{m} = \frac{3.2}{4} = 0.8\ \mathrm{m/s^2}$, $a = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} \rightarrow v_f = a\Delta t = 0.8 \times 20 = 16\ \mathrm{m/s}$
.2	(ج) 20	$I = \Delta p = mv_f - mv_i \rightarrow v_f = \frac{I}{m} + v_i = \frac{25}{0.5} + (-30) = 20\ \mathrm{m/s}$
.3	(أ) $\Delta P_2 > \Delta P_1, \Delta t_2 > \Delta t_1$	بتحميل البضائع تزداد كتلة الشاحنة فيزداد زخمها، لكن قوة المكابح ثابتة المقدار لا تتغير بتغير الزخم، لذلك بزيادة الزخم وثبات القوة تزداد المدة الزمنية؛ وفق العلاقة: $(\Delta p = F\Delta t)$
.4	(ج) 375 N	$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{250 - 1000}{6 - 4} = -375\ \mathrm{N}$
.5	(د) 5 m/s	$\frac{p_i}{v_i} = m = \frac{p_f}{v_f} \rightarrow v_f = \frac{p_f v_i}{p_i} = \frac{250 \times 20}{1000} = 5\ \mathrm{m/s}$

الدرس الثاني: تطبيقات على حفظ الزخم الخطي

الصفحة 23

أتحقّق:

يكتسب كل من المدفع والقذيفة مقدارين متساويين من الزخم الخطي، لكنهما متعاكسين في الاتجاه، وهذا يجعل مقدار سرعة القذيفة أكبر بكثير من مقدار سرعة المدفع، بسبب اختلاف الكتل.

الصفحة 23

أُفكّر:

يندفع الماء من خرطوم الإطفاء بكميات كبيرة وسرعة عالية، أي أنه يمتلك زخمًا كبيرًا. نتيجة لحفظ الزخم الخطي يؤثر الخرطوم برجل الإطفاء بدفع مساوٍ في المقدار ومعاكس في الاتجاه للدفع المؤثر في الماء، لذلك يلزم أكثر من رجل إطفاء للسيطرة على الأنبوب وتقليل سرعة الإرتداد.

الصفحة 28

أُفكّر:

عندما يكون الزخم الخطي الابتدائي للجسم الأول مساويًا في المقدار للزخم الخطي الابتدائي للجسم الثاني، ومعاكسًا له في الاتجاه؛ أي عندما يكون الزخم الخطي الابتدائي للنظام يساوي صفرًا.
وبما أن الزخم للنظام محفوظ، فإن الزخم النهائي في هذه الحالة يساوي صفرا، أي أن النظام المكون من الجسمين سيتوقف عن الحركة بعد التصادم، فتكون $(KE_f = 0)$، ما يعني أن الطاقة الابتدائية للنظام تحولت إلى طاقة مفقودة $(\Delta KE = KE_i)$.

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

الصفحة 31

تمرين:

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B)\, v_f$$
$$5000 \times 2 + 5000 \times (-1) = (10000) v_f$$
$$v_f = \frac{5000}{10000} = 0.5 \text{ m/s}$$
$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 10000 \times (0.5)^2 - \frac{1}{2} \times 5000 \times (2)^2 - \frac{1}{2} \times 5000 \times (1)^2$$

$$= 1250 - 10000 - 2500 = -11250 \text{ J}$$

الصفحة 33

تمرين:

.1

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

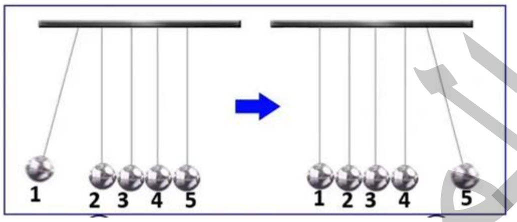
$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2){v_f}^2 + 0 = 0 + (m_1 + m_2)gh$$

$$v_f = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.45} = 3 \text{ m/s}$$

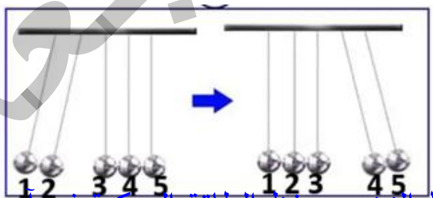
$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right) v_f = \frac{1}{0.03} \times 3.0 = 100 \text{ m/s}$$

.2

أ. لتفسير ماحدث ألاحظ الشكل المجاور، الكرات متراصة لا يوجد بينها فراغات تسمح بحركتها، لذا سوف ينتقل الزخم الخطي من كل كرة إلى التي تليها، وبما أن الكرات متماثلة والتصادم مرن، إذا سوف تتوقف الكرة (1) المتحركة بسرعة (v) وتنطلق الكرة (5) بسرعة (v)؛ وبذلك يتحقق قانوني حفظ الزخم الخطي وحفظ الطاقة الحركية في آن واحد.



ب. تتحرك كل من الكرتين (1,2) بسرعة (v). بما أن التصادم مرن، فإن حفظ الزخم الخطي وحفظ الطاقة الحركية يتحققان في آن واحد، عندما تتوقف الكرتان (1،2)، وتنطلق كل من الكرتين (4,5) بسرعة (v) لكل منهما.



إن انطلاق كرة واحدة فقط من الجانب الآخر لا يحقق حفظ الزخم وحفظ الطاقة الحركية في آن واحد، فمثلا توقف الكرتين (1,2) عن الحركة وانطلاق الكرة (5) بسرعة $(2\,v)$، يحقق حفظ الزخم الخطي، ولا يحقق حفظ الطاقة الحركية.

الصفحات (34–35)

مراجعة الدرس الثاني

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

الفرق بينهما: في التصادم المرن تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة، والأجسام المتصادمة لا تلتحم بعد التصادم. بينما في التصادم غير المرن لا تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة، وقد تلتحم الأجسام معًا بعد التصادم وفي هذه الحالة يسمى التصادم تصادمًاعديم 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. في التصادم مرن، تكون الطاقة الحركية للنظام المكوّن من الجسمين محفوظة، وليس لكل جسم على حدة.

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

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

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

$$2 \times v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} \times 0 = (2 + m_{\mathrm{B}})v_{\mathrm{f}}$$

وتعويض : $v_{\mathrm{f}} = \frac{1}{4}v_{\mathrm{Ai}}$.

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

$$m_{\mathrm{B}} = 6\ \mathrm{kg}$$

5. يحسب التغير في الطاقة الحركية للكرتين كما يأتي:

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

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

$$= \frac{1}{2} \times m \times v^{2} + \frac{1}{2} \times m \times (v + 1.2)^{2} - \left[\frac{1}{2} \times m \times (v + 1.2)^{2} + \frac{1}{2} \times m \times v^{2}\right]$$

$$= v^{2} + (v + 1.2)^{2} - (v + 1.2)^{2} - v^{2} = 0$$

إذًا التصادم مرن. كما يمكن استخدام العلاقة:

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

.6

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

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

.7

1. نفترض الاتّجاه الموجِب $(+x)$ باتجاه حركة أحد الصندوقين. ونطبّقُ قانون حفظ الزخَم الخطيّ على نظام الصندوقين، مع مراعاة أن $m_2 = 2m_1$.

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

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

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

$$0 = m_1 \times (-v_{1\mathrm{f}}) + 2m_1 \times v_{2\mathrm{f}}$$

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

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

.2

$$KE_1 = \frac{1}{2} m_1 v_{1\mathrm{f}}^2$$

$$KE_2 = \frac{1}{2} m_2 v_{2\mathrm{f}}^2 = \frac{1}{2}(2m_1)\left(\frac{v_{1\mathrm{f}}}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} KE_1$$

$$\frac{KE_1}{KE_2} = 2$$

.8

.1	(ج) 12.8	$(m_1 + m_2)v_{\mathrm{i}} = m_1 v_{1\mathrm{f}} + m_2 v_{2\mathrm{f}}$ $(500)v_{\mathrm{i}} = 480 \times 5 + 20 \times 200 = 6400$ $v_{\mathrm{i}} = 12.8\ \mathrm{m/s}$
.2	(أ) 0.4 غربًا	$m_1 v_{1\mathrm{i}} + m_2 v_{2\mathrm{i}} = (m_1 + m_2)v_{\mathrm{f}}$

		$v_f = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2} = \frac{(2 \times 5) + (3 \times -4)}{2 + 3} = -0.4\ \text{m/s}$
.3	(أ) 2.5 شرقًا	$v_{1f} = \sqrt{\frac{5}{0.8}} = \lvert 2.5 \rvert$ $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$ $0.8 \times 5 + 2.4 \times 0 = -0.8 \times 2.5 + 2.4 v_{2f}$ $v_{2f} = +2.5\ \text{m/s}$
.4	(ج) 7.5	$KE_i = \frac{1}{2} \times 0.8 \times 25 + 0 = 10\ \text{J}$ $KE_f = KE_i = 10 \longrightarrow KE_{Bf} = 10 - 2.5 = 7.5\ \text{J}$
.5	(أ) $(\frac{1}{3}v)$ باتجاه $(+x)$	$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$ $-mv + 2m\,v = (3m) v_f$ $v_f = \frac{m\,v}{3m} = \frac{1}{3} v$
	(د) $(\frac{3}{2} m v^2)$	$KE_i = \frac{1}{2} \times m v^2 + \frac{1}{2} \times 2 m v^2 = \frac{3}{2} \times m v^2$

الصفحات 33 - 36

مراجعة الوحدة

.1

.1	أ. زاد الدفع المؤثر فيه، وزاد التغير في زخمه الخطي.	
.2	أ. إنقاص معدل تغير الزخم الخطي.	تزيد الوسادة من زمن التصادم؛ فيقل المعدل الزمني للتغير في الزخم.
.3	د. $-9 \times 10^4 \text{N.s}$	اتجاه الشمال يكون باتجاه $(+y)$ فهو موجب، لذلك يكون اتجاه الجنوب سالبًا $(-y)$.
.4	ب. الدفع (3.2N.s)، والقوة المتوسطة (8N).	$F = \frac{16 + 0}{2} = 8\ \text{N}$ $I = F\Delta t = 8 \times 0.4 = 3.2\ \text{N}$
.5	ج. $p_A = p_B, KE_A < KE_B$	حيث أن القوتين متساويتان، والفترتين الزمنيتين متساويتان، يتساوي الدفع للصندوقين، والصندوق الأقل كتلة يكتسب طاقة حركية أكبر.
.6	ج. $2mv$	$\Delta p = p_f - p_i = mv - (-mv) = 2mv$

.7	أ.(350) شرقا.	$(m_1+m_2)v_i = m_1v_{1f}+m_2v_{2f}$ $5\times 200 = 3\times 100 + 2\times v_{2f}$ $v_{2f} = \frac{1000-300}{2} = 350\ \text{m/s}$
.8	د. (1.4) إلى الأعلى	$I = p_f - p_i = 0.2(3-(-4)) = 1.4\ \text{N.s}$
.9	أ. (-0.7)	$KE_f - KE_i = \left(\frac{1}{2}\times 0.2\times 4^2\right) - \left(\frac{1}{2}\times 0.2\times 3^2\right)$ $= 1.6 - 0.9 = -0.7\ \text{J}$
.10	ب. (2m/s) غربا.	$m_Av_{Ai} + m_Bv_{Bi} = m_Av_{Af} + m_Bv_{Bf}$ $m\times -2 + m\times 0 = m\times 0 + m\times mv_{Bf}$ $v_{Bf} = -2\text{m/s}$
.11	د. (2.5m/s) شرقا.	$m_Av_{Ai} + m_Bv_{Bi} = (m_A+m_B)v_f$ $60.0\times 4.0 + 90.0\times 1.5 = (150)v_f$ $v_f = \frac{240.0+135.0}{150} = 2.5\ \text{m/s}$
.12	ج. (0.5m/s) بعيدا عن الشاطئ.	$(m_A+m_B)v_i = m_Av_{Af} + m_Bv_{Bf}$ $350\times 0 = 50\times 3 + 300\times v_{Bf}$ $v_{Bf} = \frac{-150}{300} = -0.5\ \text{m/s}$
.13	ج. (5m/s) غربا.	$m_Av_{Ai} + m_Bv_{Bi} = (m_A+m_B)v_f$ $1\times 10^3\times 10 + 4\times 10^3\times v_{Bi} = -5\times 10^3\times 2$ $v_{Bi} = \frac{-2\times 10^4}{0.4\times 10^4} = -5\ \text{m/s}$
.14	أ. $-10\times 10^3\text{kg.m/s}$	$p_i = m_Av_{Ai} + m_Bv_{Bi} = 1\times 10^3\times 10 - 4\times 10^3\times 5$ $p_i = -10\times 10^3\ \text{kg.m/s}$
.15	ب. $-90\times 10^3\text{J}$	$KE_i = \frac{1}{2}\times 1\times 10^3\times 100 + \frac{1}{2}\times 4\times 10^3\times 25$ $= 100\times 10^3\ \text{J}$ $KE_f = \frac{1}{2}\times 5\times 10^3\times 4 = 10\times 10^3\ \text{J}$ $\Delta KE = KE_f - KE_i = 10\times 10^3 - 100\times 10^3$ $= -90\times 10^3\ \text{J}$

.2

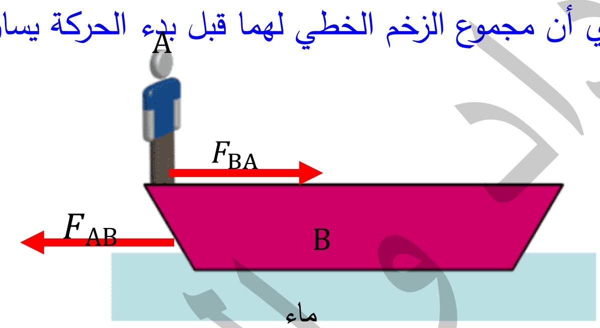
أ. قبل رمي الحقيبة الزخم الخطي للنظام (نرجس – الحقيبة – الزلاجة) يساوي صفرًا لأن النظام في حالة سكون. بعد رمي الحقيبة مباشرة فإن الزخم الخطي للنظام يساوي صفرًا لأن الزخم الخطي

محفوظ. لذلك فإن الزخم الخطي للحقيبة عند رميها يساوي الزخم الخطي لنرجس والزلاجة في المقدار، ويعاكسه في الاتجاه، فتتحرك نرجس والزلاجة بعكس اتجاه حركة الحقيبة.

ب. العشب أو الرمل يتشوهان أثناء الاصطدام، بحيث يزداد زمن اصطدام الطفل. وباستخدام العلاقة $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ، ولأن مقدار التغير في الزخم ثابت، فإن 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 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:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2 \Rightarrow (m_1v_1)v_1 + (m_2v_2)v_2 \Rightarrow p_1v_1 = p_2v_2$$

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 الحديثة عند تعرّضها لحادث يُساهم في إبطاء سرعتها تدريجيًّا، فيزيد زمن التصادم، ممّا يُقلّل من مقدار القوة المؤثرة في السائق والركاب.

.6

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

$$\Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$

$$= 1.35 \times 10^3 \times (0 - 15)$$
$$= -2.03 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$$

التغير في الزخم الخطي سالب، $(-x)$؛ فهو باتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الجدار في السيارة.

ب. باستخدام القانون الثاني لنيوتن.

$$\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-2.03 \times 10^4}{0.115} = -1.76 \times 10^5 \text{ N}$$

.7

أ. باعتبار الاتجاه الموجب باتجاه محور $(+x)$، وتطبيق قانون حفظ الزخم، في حالة التصادم عديم المرونة:

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f$$
$$p_{Ai} + p_{Bi} = p_f$$
$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$
$$1.1 \times 10^3 \times 6.4 + 1.2 \times 10^3 \times 0 = (1.1 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3) v_f$$
$$v_f = \frac{7.04 \times 10^3}{2.3 \times 10^3} = 3.1 \text{ m/s}$$
$$\boldsymbol{v}_f = 3.1 \text{ m/s}, +x$$

السرعة النهائية للسيارتين موجبة، وهذا يعني أن حركتهما 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). ويحسب باستخدام مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع):

$$\mathrm{I}_{BA} = \Delta p_A = p_{Af} - p_{Ai}$$
$$= m_A (v_{Af} - v_{Ai})$$
$$= 1.1 \times 10^3 \times (3.1 - 6.4)$$
$$= -3.6 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$$
$$\mathbf{I}_{BA} = 3.6 \times 10^3 \text{ kg.m/s}, -x$$

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

.8

أ.

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

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

$$\Delta p = m\,(v_\mathrm{f} - v_\mathrm{i})$$
$$10 = 10\,(v_\mathrm{f} - 0)$$
$$v_\mathrm{f} = 1\ \mathrm{m/s}$$

.9

أ. حساب سرعة الجزء السفلي (B) من الصاروخ:

علمًا أن اتجاه الحركة الموجب هو اتجاه المحور $+y$.

$$\sum p_\mathrm{i} = \sum p_\mathrm{f}$$
$$(m_\mathrm{A} + m_\mathrm{B})v_\mathrm{i} = m_\mathrm{A}v_\mathrm{Af} + m_\mathrm{B}v_\mathrm{Bf}$$
$$3600 \times 4.9 \times 10^6 = 1200 \times 5.7 \times 10^6 + 2400 \times v_\mathrm{Bf}$$
$$17.64 \times 10^9 = 6.84 \times 10^9 + 2400 \times v_\mathrm{Bf}$$
$$v_\mathrm{Bf} = \frac{10.8 \times 10^9}{2400} = 4.5 \times 10^6\ \mathrm{m/s}$$

نلاحظ أن الجزء السفلي (B) واصل حركته باتجاه الأعلى لكن بسرعة أقل.

ب. التغير في الطاقة الحركية للصاروخ:

$$\Delta KE = KE_\mathrm{f} - KE_\mathrm{i}$$
$$= \frac{1}{2} m_\mathrm{A} {v_\mathrm{Af}}^2 + \frac{1}{2} m_\mathrm{B} {v_\mathrm{Bf}}^2 - \frac{1}{2}(m_\mathrm{A} + m_\mathrm{B}){v_\mathrm{i}}^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 1200 \times (5.7 \times 10^6)^2 + \frac{1}{2} \times 2400 \times (4.5 \times 10^6)^2 - \frac{1}{2} \times 3600 \times (4.9 \times 10^6)^2$$
$$= 1.95 \times 10^{16} + 2.43 \times 10^{16} - 4.32 \times 10^{16}$$
$$= 6.0 \times 10^{14}\ \mathrm{J}$$

.10

أ. بتطبيق قانون حفظ الزخم الخطيّ:

$$\sum p_\mathrm{i} = \sum p_\mathrm{f}$$
$$m_\mathrm{A}v_\mathrm{Ai} + m_\mathrm{B}v_\mathrm{Bi} = m_\mathrm{A}v_\mathrm{Af} + m_\mathrm{B}v_\mathrm{Bf}$$

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

$1.26 - 3.2\, m_B = -0.532 + 3.7 m_B$

$6.9\, m_B = 1.792$

$m_B = 0.26 \text{ kg}$

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

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

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

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

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

وهذا يعني أن 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).

ج. التغير في الطاقة الحركية:

$\Delta KE = KE_f - KE_i$

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

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

$= 0.51 + 1.78 - 2.84 - 1.33 = -1.88 \text{ J}$

بما أن الطاقة الحركية غير محفوظة فإن التصادم غير مرن.

.11

أ. ليكن الاتجاه الموجب باتجاه الشرق، باتجاه محور $+x$.

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

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

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

$0.20 \times -15 + 0 = (0.20 + 5.80) v_f$

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

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

ب.

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$
$$= \frac{1}{2}(m_A + m_B)v_f^2 - \left[\frac{1}{2}m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{Bi}^2\right]$$
$$= \frac{1}{2} \times (0.20 + 5.80) \times (0.50)^2 - \left[\frac{1}{2} \times 0.20 \times (15)^2 + 0\right]$$
$$= 0.75 - 22.50 = -21.75 \text{ J}$$

.12

أ. نحدد اتجاه الشرق موجب $(+x)$. الرمز A للكرة الأولى والرمز B للكرة الثانية.

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$
$$1.0 \times (-0.5) + 2.0 \times 0.4 = 1.0 \times 0.7 + 2.0 \times v_{Bf}$$
$$-0.5 + 0.8 = 0.7 + 2.0 \times v_{Bf}$$
$$v_{Bf} = \frac{-0.4}{2.0} = -0.2 \text{ m/s}$$

إشارة v_{Bf} السالبة تعني أن اتجاه حركتها نحو الغرب.

ب. التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$
$$= \frac{1}{2}m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{Bf}^2 - \left[\frac{1}{2}m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{Bi}^2\right]$$
$$= \frac{1}{2} \times [1.0 \times (0.7)^2 + 2.0 \times (0.2)^2] - \frac{1}{2} \times [1.0 \times (0.5)^2 + 2.0 \times (0.4)^2]$$
$$= 0.285 - 0.285 = 0 \text{ J}$$

بما أن الطاقة الحركية محفوظة فإن التصادم مرن.

* حل آخر: في التصادم المرن تتحقق العلاقة :

$$v_{Ai} + v_{Af} = v_{Bi} + v_{Bf}$$
$$v_{Ai} + v_{Af} = -0.5 + 0.7 = 0.2 \text{m/s}$$
$$v_{Bi} + v_{Bf} = 0.4 + -0.2 = 0.2 \text{m/s}$$

نلاحظ أن العلاقة قد تحققت فيكون التصادم مرن.

.13

أ. مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال فترة التلامس يساوي المساحة المحصورة بين المنحنى ومحور الزمن، وهي على شكل مثلث مساحته:

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

اتجاه الدفع باتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الكرة.

ب. باستخدام مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع):

$$\mathrm{I} = \ \Delta p = p_{\mathrm{f}} - \ p_{\mathrm{i}} = m v_{\mathrm{f}} \ - 0$$

$$9.6 = 145 \ \times 10^{-3} \times v_{\mathrm{f}} \ - 0$$

$$v_{\mathrm{f}} \ = \frac{9.6}{145 \ \times 10^{-3}} = 66 \ \mathrm{m/s}$$

ج. القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة:

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

$$\bar{F} \ = \frac{\mathrm{I}}{\Delta t} \ = \frac{9.6}{1.2 \ \times 10^{-3}} \ = 8.0 \ \times 10^{3} \ \mathrm{N}$$

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحتان 10 -11

السؤال الأول

.1	ب. $12.F$	$\Delta p = 0 - m v_{\mathrm{i}} = F' \Delta t' = F \Delta t$ $F' \times 0.2 = F \times 27 \ \longrightarrow F' = \frac{2.5}{0.2} F = 12.5F$
.2	أ. 2.0N	$F_{\mathrm{R}} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{p_{\mathrm{f}} - p_{\mathrm{i}}}{\Delta t} = \frac{1.5 - 2.7}{0.4} = -3.0 \ \mathrm{N}$ $F = F_{\mathrm{R}} - 5.0 = -3.0 - (-5.0) = 2.0 \ \mathrm{N}$
.3	أ. $\frac{Mv - mv_{\mathrm{B}}}{M - m}$	$Mv \ = m \, v_{\mathrm{B}} + \ (M - m) v_{\mathrm{A}}$ $v_{\mathrm{A}} = \frac{M \, v - m \, v_{\mathrm{B}}}{M - m}$
.4	ج. mv^2	$KE_{\mathrm{f}} = KE_{\mathrm{i}} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} m v^2 = \ m v^2$

.5	ب. $\frac{2}{1}$	$m_A v_1 + 0 = (m_A + m_B)v_2$ $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_A + m_B}{m_A} = \frac{m+m}{m} = \frac{2}{1}$
.6	ج. $\Delta v_A > \Delta v_B, \Delta P_A = \Delta P_B$	التغير في الزخم لكلاهما متساوي، ولأن كتلة الشاحنة أكبر يكون التغير في سرعتها أقل.
.7	د. $\sqrt{\frac{4E}{3m}}$	$0 = m_A v_A + m_B v_B = m v_A + 2m v_B$ $v_B = \frac{-m v_A}{2m} = \frac{-v_A}{2}$ $E = \frac{1}{2} m v_A{}^2 + \frac{1}{2} \times 2m v_B{}^2 = \frac{1}{2} m v_A{}^2 + \frac{1}{2} \times 2m \frac{v_A{}^2}{4}$ $E = \frac{3}{4} m v_A{}^2 \longrightarrow v_A = \sqrt{\frac{4E}{3m}}$
.8	ب. يتحرك القالب الفولاذي بسرعة أكبر من القالب الخشبي.	بما أن الكرة الفولاذية ارتدت عن القالب الفولاذي بسرعة تساوي نصف سرعتها الابتدائية $(\frac{v}{2})$، فإن كتلة أي من القالبين $(2m)$ تساوي مثلي كتلة كل كرة (m). سرعة القالب الخشبي: $m\, v + 0 = (m + 2\, m) v_{wood}$ $v_{wood} = \frac{mv}{3m} = \frac{1}{3} v, \longrightarrow v_{steel} > v_{wood}$
.9	ج. $\frac{v}{2}$	$m_A v_A + m_B v_B = 0 \longrightarrow mv = -2m v_B$ $v_B = -\frac{mv}{2m} = \frac{v}{2}$
.10	أ. $\frac{3}{4} m v^2$	$\Delta KE = KE_f - KE_i = -KE_i$ $KE_i = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} \times 2m \left(\frac{v}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} m v^2$
.11	أ. 5.1m	$m_1\, v_1 + m_2\, v_2 = (m_1 + m_2) v'$ $v' = -\frac{m_1\, v_1}{m_1 + m_2} = \frac{0.0050 \times 200}{0.0050 + 0.095} = \frac{1}{0.1} = 10\ \mathrm{m/s}$ $mgh = \frac{1}{2} m v'^2 \longrightarrow h = \frac{v'^2}{2g} = \frac{100}{19.6} = 5.1\ \mathrm{m}$
.12	ج.	بما أن الكرتين متساويتان في الكتلة والتصادم مرن، فإن كل منهما تكتسب سرعة الأخرى ولكن بالاتجاه المعاكس.

2. نعم يتغير؛ لأن 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.

.3

أ. سرعة الكرة قبل التصادم مباشرة:

$$ME_f = ME_i$$

$$KE_f + PE_f = KE_i + PE_i$$

$$0 + mgh = \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$v_f = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.80} = 4.0 \text{ m/s}$$

سرعة الكرة بعد التصادم مباشرة:

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

$$0.5 \times 4 + 2.5 \times 0 = 0.5 \times v_{Af} + 2.5 \times 1.2$$

$$v_{Af} = \frac{-1}{0.5} = -2 \text{ m/s}$$

ب. التغير في الطاقة الحركية:

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$= \left[\frac{1}{2} \times 0.5 \times (-2)^2 + \frac{1}{2} \times 2.5 \times (1.2)^2\right] - \left[\frac{1}{2} \times 0.5 \times (4)^2 + 0\right]$$

$$= (1 + 1.8) - 4 = -1.2 \text{ J}$$

بما أن الطاقة الحركية غير محفوظة فالتصادم غير مرن.

الوحدة الثانية: الحركة الدورانية

الصفحة 41

أتأمَّل الصورة:

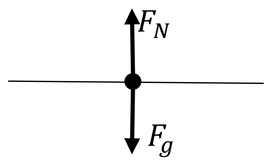
تنطبق قوانين نيوتن على الحركة الدورانية مثلها في ذلك مثل الحركة الخطية، وتخضع حركة هذه العربات لقوانين فيزياء الحركة الدورانية ومبادئها. يتطلب وصف هذه الحركة معرفة العزم المحصل المؤثر في النظام لتحديد حالته الحركية، إضافة إلى معرفة الإزاحة الزاوية، السرعة الزاوية والتسارع الزاوي، وغيرها.

الصفحة 43

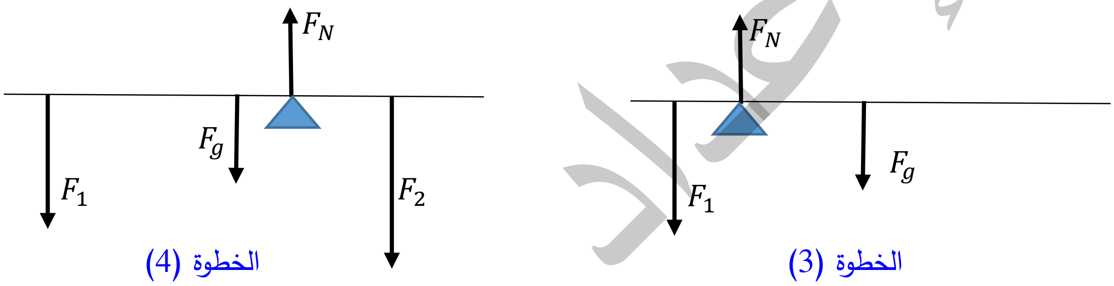
تجربة استهلالية: الاتزان السكوني ومركز الكتلة

إجابات أسئلة: التحليل والاستنتاج

1. مخطط الجسم الحر للمسطرة:



2. عند تعليق ثقل في المســـطرة، يتغير موقع نقطة الارتكاز التي تحقق الاتزان للمســطرة، بحيث يكون مجموع العزوم حول محور يمر في نقطة الارتكاز يساوي صفر. ويبين الشكل الآتي مخطط الجسم الحر لكل من الخطوتين (3)، (4). (ملحوظة: الشكل غير مرسوم بمقياس رسم)



3. موقع نقطة الارتكاز التي تحقق الاتزان للنظام يعتمد على مقادير القوى المؤثرة في النظام، ونقاط تأثير القوى.

الدرس الأول: العزم والاتزان السكوني

الصفحة 44

أتحقّق:

توضح العلاقة ($\tau = Fr\ \sin\theta$) أن مقدار عزم القوة يتناسب طرديا مع ($\sin\theta$)، فعندما تكون ($\theta = 90°$)، حيث ($\sin 90° = 1$)، نحصل على أكبر قيمة ممكنة لعزم القوة، لذا نؤثر في الباب عموديا للحصول على أكبر عزم للقوة.

الصفحة 45

أتحقّق:

العزم هو مقياس لمقدرة القوة على إحداث دوران للجسم. ويعتمد على كل من مقدار القوة، وطول ذراع القوة (البعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران).

الصفحة 47

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 48

تمرين:

الزاوية بين متجه القوة ومتجه موقع نقطة تأثير القوة تساوي $(65°)$، حيث $(\sin 65° = 0.9)$

يحسب العزم من العلاقة:

$$\tau = r F \sin\theta$$
$$= 1.50 \times 1.80 \times 10^2 \times \sin 65^\circ$$
$$= 245 \text{ N.m}$$

العزم موجب؛ تعمل القوة على تدوير العربة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

الصفحة 49

أتحقّق:

أن تكون القوتان متساويتان مقدارًا ومتعاكستان اتجاهًا وخطّي عملهما غير متطابقين.

أفكر:

تشكل القوتان في الشكل (B) إزداوجا لأنهما تحققان شروط الإزدواج وهي أن تكون القوتان متساويتين مقدارا، متعاكستين اتجاها، خطا عملها غير متطابقين.

العزم المحصل في الحالتين يحسب من العلاقة $(\tau_{couple} = Fd)$. بثبوت القوتين، وبما أن البعد العمودي بين خطي عمل القوتين متساوي في الحالتين $(d = 2r)$، فإن عزم الإزدواج متساوي في الحالتين.

في الحالة (A) مقدار عزم الازدواج هو:

$$\tau_{couple} = Fr + Fr = 2Fr$$

في الحالة (B) مقدار عزم الازدواج هو:

$$\tau_{couple} = F \times \frac{r}{2} + F \times \frac{3r}{2} = 2Fr$$

الصفحة 51

أتحقّق:

لأن العزم المحصل المؤثر فيها لا يساوي صفرا؛ أي لا يتحقق الشرط الثاني من شرطي الاتزان.

الصفحة 53

التجربة 1: مركز كتلة جسم غير منتظم الشكل

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. هذه النقطة هي مركز كتلة (CM) قطعة الورق المقوى، ونستنتج من ذلك أنه لتحديد مركز كتلة جسم غير منتظم يلزم تعليقه بشكل حر من موقعين على الأقل، فيكون مركز الكتلة عند نقطة تقاطع الخطين.

2. 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.

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

الصفحة 54

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.

الصفحة 55

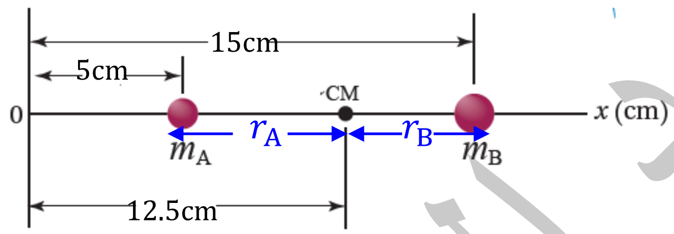
تمرين:

أ. النقطة (2)؛ لأن موقع مركز الكتلة يقع على امتداد الخط تعليق الجسم المعلق (الشاقول). أما النقطة (3) فتقع على الخط أيضا لكن موقعها على طرف الصفيحة بعيدا عن الجزء الأثقل.

ب. عمل ثقب آخر مماثل للثقب (A)، وتكرار خطوات التجربة، ثم رسم خط على امتداد خيط الشاقول بعد أن يستقر. فيكون مركز الكتلة عند نقطة تقاطع الخطين.

أُفكِّر.

نفترض أن محور الدوران محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يمر بمركز كتلة النظام الموضح في الشكل (17)، ثم نحسب مجموع العزوم حوله.



$$\sum\tau_{CM} = F_A r_A - F_B r_B$$
$$= m_A g r_A - m_B g r_B$$
$$= 1.0 \times 10 \times (12.5 - 5) \times 10^{-2} - 3.0 \times 10 \times (15 - 12.5) \times 10^{-2}$$
$$= 7.5 \times 10^{-1} - 7.5 \times 10^{-1} = 0$$

الصفحة 57−56

مراجعة الدرس الأول

1. شرطا اتزان نظام هما: 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. يُعرّف مركز الكتلة لجسم أنّه النقطة التي يُمكن افتراض كتلة الجسم كاملةً مُركّزةً فيها.

3. بما أنّ القوة المحصّلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا فقد تحقق الشرط الأول للاتزان. وحيث أنّ خطوط عمل القوى تمر جميعها في مركز الكتلة فإنّ العزم المحصّل لها يساوي صفرًا (الشرط الثاني للاتزان)، لذا يكون الجسم متزنًا.

4.

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

5. أ. وَصْل ماسورة في طرف المفتاح لزيادة طول ذراع القوة، فيزداد العزم المؤثر.

ب. التأثير بقوة عمودية على المفتاح، فيزداد العزم المؤثر.

ج. زيادة مقدار القوة المؤثرة في مفتاح الشد؛ فعلى سبيل المثال يمكن الاستفادة من وزن الجسم بالوقوف على طرف المفتاح.

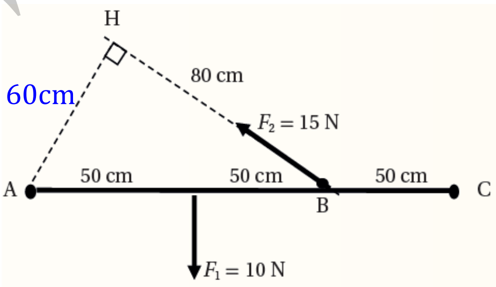
6. تؤثر قوة الاحتكاك السكوني (بافتراض عدم انزلاق العجلات) بين إطارات السيارة وسطح الطريق بقوة إلى الأمام لتحريك السيارة، وبما أن مركز كتلة السيارة يقع عند نقطة في مستوى فوق مستوى سطح الطريق، لذا تتأثر السيارة بعزم محصّل يعمل على تدويرها بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة حول محور عمودي على مستوى الصفحة ويمر بمركز الكتلة بحيث ترتفع مقدمتها.

7. أ. العزم المحصل حول محور يمر بالنقطة (A):

الضلع (AH) يمثل ذراع القوة (F_2)، وباستخدام نظرية فيثاغورس نحسب طوله؛ $(\mathrm{AH} = 60\mathrm{cm})$.

نحسب عزم كل من القوتين (F_1, F_2) بضرب كل قوة في طول ذراعها، ثم نحسب العزم المحصل

$$\sum\tau_A = -10 \times 50 \times 10^{-2} + 15 \times 60 \times 10^{-2}$$
$$= -5 + 9 = 4\mathrm{N.m}$$



ب. العزم المحصل حول محور يمر بالنقطة (B):

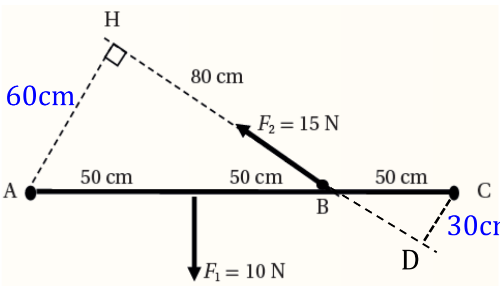
نقطة تأثير القوة (F_2) تقع عند (B)؛ فيكون عزمها حول محور يمر بهذه النقطة يساوي صفر. فيكون العزم المحصل:

$$\sum\tau_B = 10 \times 50 \times 10^{-2} = 5\mathrm{N.m}$$

ج. العزم المحصل حول محور يمر بالنقطة (C):

الضلع $(\mathrm{CD} = 30\mathrm{cm})$ يمثل ذراع القوة (F_2). نحسب عزم كل من القوتين (F_1, F_2) بضرب القوة في طول ذراعها، ثم نحسب العزم المحصل :

$$\sum\tau_C = +10 \times 100 \times 10^{-2} - 15 \times 30 \times 10^{-2}$$
$$= 10 - 4.5 = 5.5\mathrm{N.m}$$



.8

.1	أ. A	ذراع القوة هو البعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران
.2	د. $+dF$	العزم موجب؛ لأنه يعمل على تدوير الجسم عكس اتجاه حركة عقارب الساعة ، ويساوي ناتج ضرب القوة (F) في ذراع القوة (d) .
.3	د. $15\sin120°$ مع اتجاه حركة عقارب الساعة	$\sum\tau = 10 \times 1 \times \sin 120° - 10 \times 2.5 \times \sin 120°$ $= -15 \sin 120°$
.4	ب. 50N، للأسفل.	$\sum\tau = 0 \rightarrow 500 \times 2 - 400 \times 2 - F \times 4 = 0$ $F = \frac{200}{4} = 50\text{N}$
.5	ب. $\frac{1}{3}m_2$	مجموع العزوم لمكونات النظام حول مركز الكتلة يساوي صفر $m_1 \times \frac{3}{4}l = m_2 \times \frac{1}{4}l$ $m_1 = m_2 \times \frac{1}{3}$

الدرس الثاني: ديناميكا الحركة الدورانية

الصفحة 58

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 59

أتحقّق:

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

الصفحة 60

أتحقّق:

التسارُع الزاويّ المتوسط هو نسبةُ التغيّر في مقدار السرعة الزاويّة إلى الفترة الزمنية (Δt) التي حدث في اثنائها هذا التغيّر، رمزه $(\bar{\alpha})$ ويُقاس بوحدة (rad/s^2).

تمرين:

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

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

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

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

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

الصفحة 61

أتحقّق:

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه السرعة الزاوية باتجاه محور $(+z)$. وبما أن السرعة تتناقص، يكون متجه التسارع الزاوي بعكس اتجاه متجه السرعة الزاوية؛ أي باتجاه $(-z)$.

الصفحة 62

أفكر:

1. تحريك الأسطوانة (أ) أصعب من تحريك الأسطوانة (ب)
2. إيقاف الأسطوانة (أ) أصعب من ايقاف الأسطوانة(ب).

الإسطوانتان لهما الكتلة نفسها، لكن عزم القصور الذاتي للأسطوانة (أ) أكبر من عزم القصور الذاتي للأسطوانة(ب)؛ لأن نصف قطرها أكبر . والجسم الذي يكون عزم القصور الذاتي له أكبر يبدي ممانعة أكبر لتغيير حالته الحركية الدورانية.

الصفحة 63

أتحقّق:

عزم القصور الذاتي مقياسٌ لممانعة جسم للتغيّر في حالته الحركيّة الدورانيّة.

الصفحة 64

تمرين:

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

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

ب. باستخدام الجدول (1) فإن عزم القصور الذاتي لقرص اللعبة يحسب من العلاقة:

$$I_{disc} = \frac{1}{2} m r^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 50.0 \times (2.0)^2$$
$$= 1.0 \times 10^2 \text{ kg.m}^2$$

ثم يُحسب مقدار التسارع الزاويّ للعبة من العلاقة:

$$\sum\tau = I\alpha$$
$$5.0 \times 10^2 = 1.0 \times 10^2 \times \alpha$$
$$\alpha = 5.0 \text{ rad/s}^2$$

ج. اللعبة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فتكون سرعتها الزاوية موجبة، ويحسب مقدارها باستخدام المعادلة الآتية:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$
$$\omega_f = \omega_i + \alpha t = 0 + 5.0 \times 2.0 = 10.0 \text{ rad/s}$$

د. بداية، يُحسب عزم القصور الذاتي للنظام المكوّن من القرص والطفل معًا حول محور دوران اللعبة، باعتبار الطفل جُسيم نقطي.

$$I = I_{disc} + I_{child}$$
$$I = 1.0 \times 10^2 + m_{child}\,(r_{child})^2$$
$$= 1.0 \times 10^2 + 20.0 \times (1.5)^2$$
$$= 145 \text{ kg.m}^2$$

ثم يُحسب التسارع الزاويّ للعبة من العلاقة:

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

الصفحات 65-66

مراجعة الدرس الثاني

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

.2

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

ب. بما أن إشارتي السرعة الزاوية والتسارع الزاوي متشابهتان؛ فإنّ الجسم يتسارع باتجاه حركة عقارب الساعة.

3. عندما يدور جسم حول محور ثابت؛ فإن كل جسيم فيه يدور بالزاوية نفسها خلال مدة زمنية معينة؛ فيكون لجميع أجزاء الإطار السرعة الزاوية نفسها.

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

5. يُحسب عزم القوة باستخدام العلاقة:

$$\tau = Fr\sin\theta = 8 \times 0.5 \times 1 = 4\mathrm{N.m}$$

ثم يحسب الزمن من العلاقة:

$$\Sigma\tau = \mathrm{I}\,\alpha$$

$$\tau = \mathrm{I} \times \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$4 = 2 \times \frac{0 - (-10)}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{20}{4} = 5\mathrm{s}$$

6. في الحالة (أ)، تبعد كل كرة مسافة $(r = \frac{L}{2})$ عن محور الدوران، فيكون عزم القصور الذاتي للنظام كما يأتي:

$$\mathrm{I} = m\,r^2 + m\,r^2 = 2m\,r^2 = 2m\left(\frac{L^2}{4}\right) = \frac{mL^2}{2}$$

في الحالة (ب)، 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). فيكون 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.

.7

.1	ج. $\omega_A = \omega_B \neq 0$	عندما يدور جسم حول محور ثابت، فإن لأجزاء الجسم جميعها السرعة الزاويّة نفسها.
.2	ب. يتباطأ، وحركته باتجاه حركة عقارب الساعة.	من متجه (ω) نحدد اتجاه الدوران (باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى)، ولأن متجه (α) عكس اتجاه متجه (ω) فإن الجسم يتباطأ.
.3	ب. $I_A = \frac{1}{2} I_B$	$\sum I_A = m_A r_A^2 = 2mr^2$ $\sum I_B = m_B r_B^2 = m(2r)^2 = 4mr^2$
.4	د. 94.2	$\sum\tau = I\,\alpha$ $= \frac{1}{2}mr^2 \times \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t} = 0.5 \times 75 \times \frac{2 \times 3.14}{2.5}$ $= 94.2\,N.m$
.5	أ. $8 \times 10^{-2} N.m$	$\sum\tau = I\,\alpha$ $= \frac{2}{5}mr^2 \times \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$ $= \frac{2}{5} \times 5.0 \times (10 \times 10^{-2})^2 \times \frac{40-20}{5}$ $= 8 \times 10^{-2}\ N.m$

الدرس الثالث: الزخم الزاوي

الصفحة 67

أتحقّق:

تعتمدُ الطاقة الحركية الدورانية لجسمٍ على عزم القصور الذاتي له؛ وتتناسب معه طرديا، وعلى مقدار سرعته الزاويّة؛ وتتناسب طرديا مع مربع السرعة الزاوية. وتُقاس الطاقة الحركية الدورانية بوحدة الجول (J).

الصفحة68

أفكِّر:

نعم يتغير مقدار الطاقة الحركية الدورانية؛ لأنه بتغيّر موقع محور الدوران يتغير عزم القصور الذاتي للنظام.

تمرين:

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

$$= \frac{1}{2} \times 1.95 \times 10^{-46} \times 4.6 \times (10^{12})^2 = 2.1 \times 10^{-21}\ J$$

الصفحة 70

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 ومعدّل التغيّر في زخمه الخطي في الحركة الانتقالية.

الصفحة 71

تمرين:

$$\Sigma\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\mathrm{I}\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\mathrm{I}(\omega_f - \omega_i)}{\Delta t}$$

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

الصفحة 72

أتحقّق:

ينصُّ قانون حفظ الزخَم الزاويّ على أنّ: "الزخَم الزاويّ لنظامٍ معزولٍ يبقى ثابتًا في المقدار والاتّجاه".

الصفحات 74–75

مراجعة الدرس الثالث

.1

الكمية الفيزيائية	الحركة الخطية	الحركة الدورانية
الطاقة الحركية	$\frac{1}{2}mv^2$	$\frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2$
القانون الثاني لنيوتن	$\Sigma F = ma$	$\Sigma\tau = \mathrm{I}\,\alpha$
الزخم	$p = mv$	$L = \mathrm{I}\,\omega$
حفظ الزخم	$p_i = p_f$	$L_i = L_f$

.2

أ. الزخم الزاوي للأُسطوانة المجوّفة أكبر منه للأُسطوانة المصمتة؛ لأن الزخم الزاوي $(L = \mathrm{I}\omega)$ يتناسب طرديا مع عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية، وهما تدوران بالسرعة الزاويّة نفسها، وعزم القصور الذاتي للأسطوانة المجوفة أكبر منه للأسطوانة المصمتة.

ب. الطاقة الحركية الدورانية للأُسطوانة المجوّفة أكبر منها للأُسطوانة المصمتة؛ لأن الطاقة الحركية الدورانية $(KE = \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2)$ تتناسب طرديا مع عزم القصور الذاتي ومع مربع مقدار السرعة الزاوية، وهما تدوران بالسرعة الزاوية نفسها، وعزم القصور الذاتي للأسطوانة المجوّفة أكبر منه للأسطوانة المصمتة.

ج. يُحسب عزم القصور الذاتي للأسطوانة (أ) من العلاقة :

$$\mathrm{I} = \frac{1}{2} M r^2 = \frac{1}{2} \times 2.0 \times (0.50)^2 = 0.25\ \mathrm{kg.m^2}$$

ثم تحسب السرعة الزاوية باستخدام العلاقة:

$$KE_{\mathrm{R}} = \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2KE}{\mathrm{I}}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \times 32}{0.25}} = \sqrt{256} = 16\ \mathrm{rad/s}$$

.3

أ. يؤدي ضمّ الطالب لذراعيه إلى تقليل مقدار عزم القصور الذاتي للنظام؛ لأنه حرّك جزء من كتلته وحرّك الثقلين قريبًا من محور الدوران. وبإهمال قوة الاحتكاك بين الكرسي ومحور الدوران، يكون الزخم الزاوي للنظام محفوظا، وكي يتحقق ذلك فإن نقصان عزم القصور الذاتي للنظام $(\mathrm{I_f} < \mathrm{I_i})$، يقابله زيادة في السرعة الزاوية $(\omega_\mathrm{f} > \omega_\mathrm{i})$.

ب. عزم القصور الذاتي الابتدائي (I)، والسرعة الزاوية الابتدائية (ω)، فتكون الطاقة الحركية الدورانية الابتدائية:

$$KE_{\mathrm{Ri}} = \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2$$

عندما يضم الطالب يديه فإن $(\omega_\mathrm{f} = 5\omega)$، فإن عزم القصور الذاتي النهائي يحسب من العلاقة:

$$I_i\omega_i = I_f\,\omega_f$$

$$I_f = \frac{I\omega}{5\omega} = \frac{1}{5} I$$

الطاقة الحركية الدورانية النهائية:

$$KE_{Rf} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{5}\, I \times (5\omega)^2 = \frac{5}{2}\, I\omega^2$$

النسبة $\left(\frac{KE_{Rf}}{KE_{Ri}}\right)$ تساوي:

$$\frac{KE_{Rf}}{KE_{Ri}} = \frac{\frac{5}{2}\, I\omega^2}{\frac{1}{2}\, I\omega^2} = 5$$

.4

.1	د. $\frac{1}{9}$	$\frac{KE_1}{KE_2} = \frac{\frac{1}{2} I_1\omega^2}{\frac{1}{2} I_2\omega^2} = \frac{r^2}{9r^2} = \frac{1}{9}$
.2	ج. ω يزداد، L يبقى ثابت	
.3	ج. 2.67	عزم القصور الذاتي الابتدائي للفتاة: $I_{ig} = mr^2 = 50 \times 16 = 800$ عزم القصور الذاتي النهائي للفتاة: $I_{fg} = mr^2 = 50 \times 4 = 200$ $I_i = I_{قرص} + 800 = 2400 \rightarrow I_{قرص} = 1600$ $I_f = 1600 + 200 = 1800$ $L_i = L_f = I_f\,\omega_f$ $\omega_f = \frac{4800}{1800} = 2.67 rad/s$
.4	د. الأجسام الثلاثة متساوية في الزخم الزاوي.	من العلاقة $\left(\Sigma\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}\right)$ ، و الأجسام متساوية في نصف القطر، وتأثرت بالقوة نفسها فيكون العزم المحصل متساوي ($\Sigma\tau = Fr$).
.5	ج $\omega_C > \omega_A > \omega_B$	العلاقة بين (ω) و (I) عكسية بثبوت (L)

الصفحات 81-77

مراجعة الوحدة

.1

.1	د. $kg.m^2/s$	
.2	ب. $kg.m^2$	

.3	د. $0.2\ \mathrm{rad/s^2}, -z$	$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t} = \frac{-4.5 - -3.5}{5} = -0.2\mathrm{rad/s^2}$ الجسم يدور باتجاه حركة عقارب الساعة، فتكون سرعته باتجاه محور $(-z)$، وبما أن سرعته تزداد، فيكون متجهي التسارع و السرعة بالاتجاه نفسه.
.4	ج. أكثر سمكا من سمك المقبض المستخدم.	القوتان تشكلان ازدواجا، وعزم الإزدواج يزداد بزيادة البعد العمودي بين خطي عمل القوتين.
.5	أ. أطول من مقبض مفتاح الشد المستخدم.	عزم القوة يتناسب طرديا مع ذراع القوة.
.6	ب. الجزء الموجود على اليسار.	الجسم غير منتظم الشكل، فيكون مركز كتلة أقرب إلى الجزء الأكبر كتلة، وهو أقرب إلى الجزء الذي على اليمين، فيكون الجزء الذي على اليسار أقل كتلة.
.7	د. الجسم ليس في حالة اتزان سكوني، ويبدأ الدوران باتجاه حركة عقارب الساعة.	القوتان تشكلان إزدواجا،وعزم الإزدواج لا يساوي صفر، إذا لا يتحقق الشرط الثاني من شرطي الاتزان.
.8	أ. m	كتلة المسطرة(M)، ومركز كتلتها يقع عند منتصفها؛ عند التدريج (50cm)، و المسطرة متزنة (مجموع العزوم حول محور يمر بنقطة الارتكاز: $\Sigma\tau = 0$ $m \times 25 = M \times 25 \rightarrow M = m$
.9	ج. المحور C	$\mathrm{I}_A = mL^2$ $\mathrm{I}_B = 4m\frac{L^2}{4} + m\frac{L^2}{4} = \frac{5}{4}mL^2$ $\mathrm{I}_C = 4mL^2$
.10	أ. $\frac{m_2}{m_1+m_2}$	$x_{CM} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1 + m_2}$ $r = \frac{m_1 \times 0 + m_2 \times 1}{m_1 + m_2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$
.11	ج. $\mathrm{I_A} > \mathrm{I_B}, \alpha_\mathrm{A} < \alpha_\mathrm{B}$	عزم القصور الذاتي في الشكل (A) لأن الكتلة الأثقل (الفولاذ) أبعد عن محور الدوران. العزم المحصل المؤثر في المسطرتين متساوي؛ $(\tau = Fr)$، ومن العلاقة $(\Sigma\tau = \mathrm{I}\alpha)$ فإ التسارع الزاوي يتناسب عكسيا مع عزم القصور الذاتي بثبوت العزم.
.12	ب. المسطرتان متساويتان في الزخم الزاوي؛ لأن العزم المحصل المؤثر فيهما متساوي.	من العلاقة $\Sigma\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$
.13	د. $4m\omega d^2$	$L = \mathrm{I}\,\omega = mr^2\omega = m(2d)^2 = 4m\omega d^2$

.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	عزم القصور الذاتي
مقياس لممانعة الجسم للتغيّر في حالته الحركية الانتقالية.	مقياس لممانعة الجسم للتغيّر في حالته الحركية الدورانية.
ثابتة لا تتغير.	يتغيّر بتغيّر موقع محور الدوران، كما يتغيّر بتغيّر توزيع الكتلة حول محور الدوران.

.4 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 الخطوة السابقة. يقع مركز الكتلة في منتصف المسافة بين سطحي قطعة البوليسترين تحت نقطة تقاطع هذين الخطين.

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

.7أ.

$$F = \frac{\tau}{r\ \sin\theta}$$

$$= \frac{50.0}{0.25 \sin 60^{\circ}} = 2.3 \times 10^{2}\ \mathrm{N}$$

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

8. نحسب كل من عزم القصور الذاتي، والتسارع الزاوي:

$$\mathrm{I} = \frac{1}{2} m r^{2} = \frac{1}{2} \times 20.0 \times 10^{-3} \times (2.0 \times 10^{-2})^{2} = 4.0 \times 10^{-6} \mathrm{kg.\,m^{2}}$$

$$\alpha = \frac{\omega_{\mathrm{f}} - \omega_{\mathrm{i}}}{\Delta t} = \frac{250 - 0}{1.25} = 200 \mathrm{rad/s^{2}}$$

الدوران بعكس اتجاه حركةعقارب الساعة، لذا فإن $(F_2 > F_1)$، وتحسب باستخدام العلاقة:

$$\Sigma\tau = \mathrm{I}\,\alpha$$
$$(F_2 - F_1) r = \mathrm{I}\,\alpha$$
$$(F_2 - 0.1) \times 2.0 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-6} \times 200$$
$$F_2 = 0.14 \mathrm{N}$$

9.

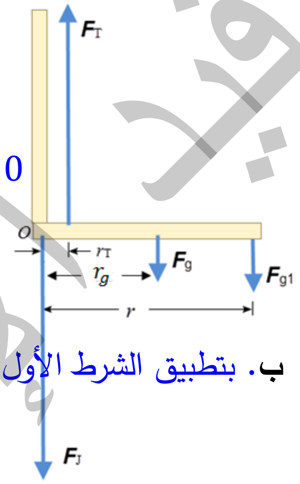
أ. الزخم الزاوي الابتدائي للنظام:

$$\mathrm{I_i} = \frac{1}{2} M r^{2} + m r^{2}$$
$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{2} \times (4)^{2} + 50 \times (4)^{2}$$
$$= 16 \times 10^{2} + 8 \times 10^{2} = 2.4 \times 10^{3}\ \mathrm{kg.\,m^{2}}$$
$$L_{\mathrm{i}} = \mathrm{I_i}\,\omega_{\mathrm{i}} = 2.4 \times 10^{3} \times 2 = 4.8 \times 10^{3}\ \mathrm{kg.\,m^{2}/s}$$

ب. النظام معزول، فيكون الزخم الزاوي محفوظًا:

$$\mathrm{I_f} = \frac{1}{2} M r^{2} + m \left(\frac{r}{2}\right)^{2}$$
$$= 16 \times 10^{2} + 50 \times (2)^{2} = 1.8 \times 10^{3}\ \mathrm{kg.\,m^{2}}$$
$$L_{\mathrm{f}} = L_{\mathrm{i}}$$
$$\mathrm{I_f}\,\omega_{\mathrm{f}} = 4.8 \times 10^{3}$$
$$\omega_{\mathrm{f}} = \frac{4.8 \times 10^{3}}{\mathrm{I_f}} = \frac{4.8 \times 10^{3}}{1.8 \times 10^{3}} = 2.67\ \mathrm{rad/s}$$

10.أ. يتأثر الساعد بالقوى الموضحة في مخطط الجسم الحر. وبتطبيق الشرط الثاني للاتزان حول محور عمودي على الصفحة عبر المرفق (النقطة O)؛ يمكن إيجاد $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{T}})$:



$$\sum \tau_O = 0$$
$$F_{\mathrm{T}}\, r_{\mathrm{T}} - F_g\, r_g - F_{g1}\, r = 0$$
$$F_{\mathrm{T}} \times 5.0 \times 10^{-2} - 30.0 \times 15.0 \times 10^{-2} - 40.0 \times 35.0 \times 10^{-2} = 0$$
$$F_{\mathrm{T}} = 370 \text{ N}$$

ب. بتطبيق الشرط الأول للاتزان في اتجاه محور y، نحسب القوة $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{J}})$.

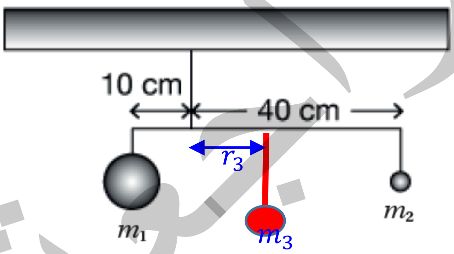
$$\sum F_y = 0$$
$$F_{\mathrm{T}} - (F_{\mathrm{J}} + F_g + F_{g1}) = 0$$
$$F_{\mathrm{J}} = F_{\mathrm{T}} - F_g - F_{g1}$$
$$= 370 - 30.0 - 40.0 = 300 \text{ N}$$

11. بداية نحسب عزميّ الثقلين المعلقين، حول محور يمر بنقطة التعليق، باستخدام العلاقة:

$$\tau = Fr = mgr$$
$$\tau_1 = 110 \times 10 \times 10^{-2} = +11\text{N.m}$$
$$\tau_2 = -20 \times 40 \times 10^{-2} = -8\text{N.m}$$

كي يكون النظام متزنا، يجب أن يكون مجموع العزوم صفرا.

وبما أن $(\tau_1 > \tau_2)$، إذا يجب تعليق الثقل (m_3) على يمين نقطة التعليق على بعد (r_3)، للحصول على عزم باتجاه حركة عقارب الساعة، بحيث يكون العزم المحصل صفر.



$$\sum \tau = 0$$
$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 =$$
$$11 - 8 - 30r_3 = 0$$
$$r_3 = \frac{3}{30} = 0.10\text{m} = 10\text{cm}$$

12. أ. بتطبيق الشرط الثاني للاتزان:

$$\sum\tau = 0 \rightarrow \tau_A = \tau_B$$
$$60 \times 3 = 45X$$
$$X = \frac{180}{45} = 4m$$

ب. نحسب (τ_A) و (τ_B) لكل حالة:

– إذا تحرك كل ولد نحو نقطة الارتكاز $(1m)$:

$$\tau_A = 60 \times 10 \times 2 = 1200 N.m$$
$$\tau_B = 45 \times 10 \times 3 = 1350 N.m$$

بما أن $(\tau_B > \tau_A)$؛ لن يبقى اللوح متزنا.

– إذا تحرك الولد (A) مبتعدا عن نقطة الارتكاز $(1m)$، وتحرك الولد (B) مبتعدا عن نقطة الارتكاز $(\frac{4}{3}m)$:

$$\tau_A = 60 \times 10 \times 4 = 2400 N.m$$
$$\tau_B = 45 \times 10 \times (4 + \frac{4}{3}) = 2400 N.m$$

بما أن $(\tau_B = \tau_A)$؛ يبقى اللوح متزن.

.13

أ. عزم القصور الذاتي للكرتين (m) يساوي صفرًا؛ لأنهما تقعان على محور الدوران (y). فيكون عزم القصور الذاتي في هذه الحالة:

$$I = M a^2 + M a^2 = 2 M a^2$$
$$= 2 \times 100 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-2})^2$$
$$= 8 \times 10^{-3} \ kg.m^2$$

الطاقة الحركية الدورانية للنظام:

$$KE_R = \frac{1}{2} I\omega^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} \times (2)^2 = 1.6 \times 10^{-2} J$$

ب. عزم القصور الذاتي للنظام:

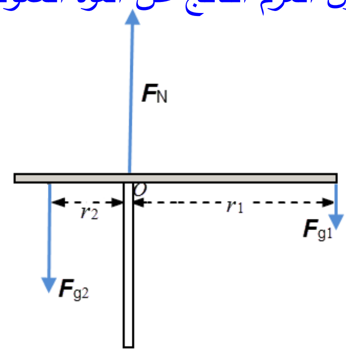
$$I = 2\,M\,a^2 + 2mb^2$$
$$= 2 \times 100 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-2})^2 + 2 \times 50 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-2})^2$$
$$= 8 \times 10^{-3} + 4 \times 10^{-3} = 12 \times 10^{-3} \mathrm{kg.m^2}$$
$$KE_R = \frac{1}{2}\, I\omega^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-3} \times (2)^2 = 2.4 \times 10^{-2}\ \mathrm{J}$$

14. بتطبيق قانون حفظ الزخم الزاوي:

$$I_i\,\omega_i = I_f\,\omega_f$$
$$3I \times 20 = (3I + I)\omega_f$$
$$\omega_f = \frac{60I}{4I} = 15 \mathrm{rad/s}$$

15.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 أُطبّق الشرط الثاني للاتزان عند نقطة الارتكاز (O) كمحور دوران لمعادلة العزم، فيكون العزم الناتج عن القوة العمودية $(\boldsymbol{F}_{N})$ يساوي صفرًا.



$$\sum \tau = 0$$
$$F_{g1}\, r_1 = F_{g2}\, r_2$$
$$3.0 \times 10^4 \times 6.0 = 1.0 \times 10^5 \times r_2$$
$$r_2 = \frac{18 \times 10^4}{1 \times 10^5} = 1.8\ \mathrm{m}$$

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

$$\sum \tau = 0$$
$$F_{g1}\, r_1 = F_{g2}\, r_2$$
$$F_{g1} \times 6.0 = 1.0 \times 10^5 \times 3.0$$
$$F_{g1} = \frac{3.0 \times 10^5}{6.0} = 5.0 \times 10^4\ \mathrm{N}$$

$$m_2 = \frac{F_{g1}}{g} = \frac{5.0\ \times 10^4}{10} = 5.0\ \times 10^3\ \text{kg}$$

إجابات أسئلة التفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحات 18 – 21

.1

.1	أ. 20	ذراع القوة (F_1) 3m ، وعزم القوة موجب، ويحسب من العلاقة: $\tau_1 = F_1 r sin\theta = 30 \times 3 = 90 N.m$ عزم القوة (τ_2) سالب، ويحسب من العلاقة: $\tau_2 = F_2 r sin\theta = -10 \times 7 \times 1 = -70 N.m$ $\sum\tau = 90 - 70 = 20 N.m$
.2	د. $8L_1$	$L_1 = I_1\ \omega = 2\left(m\frac{d^2}{4}\right)\omega = \frac{1}{2}md^2\omega$ $L_2 = I_2\ \omega = 2(2md^2)\omega = 4md^2\omega$ $L_2 = 8L_1$
.3	د. القرص غير متزن؛ لأن مقدار العزم المحصل المؤثر فيه $2Fd$	
.4	ج. 2.6N	$\sum\tau = 0$ $3.0 \times \frac{l}{2} \times sin60° = F \times l \times sin30°$ $F = \frac{3.0 \times sin60}{2 \times sin30°} = 2.6N$
.5	ب. $2sin120°$	ذراع القوة هو البعد العمودي بين امتداد خط عمل القوة ومحور الدوران $2sin60° = 2sin120°$
.6	د. $+Frcos\theta$	
.7	ب. $F_A = 320 , F_B = 580$	$\sum F_y = 0$ $F_A + F_B = 650 + 250 = 900$ بتطبيق الشرط الثاني للاتزان حول محور دوران يمر بالطرف (B):

		$\sum\tau = 0$ $F_A \times 5 - 250 \times 2.5 - 650 \times 1.5 = 0$ $F_A = \frac{625 + 975}{5} = 320\text{N}$ $F_B = 900 - 320 = 580\text{N}$
.8	د. $(P \times d) - (Q \times b) = R \times a$	
.9	ب. (C) لها أكبر سرعة و (A) لها أقل سرعة.	نحسب (I) للاسطوانات الثلاثة: $I_A = mr^2, I_B = \frac{1}{2}mr^2, I_C = \frac{1}{8}mr^2$ بثبوت الطاقة الحركية $(KE = \frac{1}{2}I\omega^2)$ فإن العلاقة بين (I) و (ω) عكسية.
.10	ب. $\frac{1}{4}KE$	$I_i\omega_i = I_f\omega_f$ $I\omega = 4I\omega_f \rightarrow \omega_f = \frac{1}{4}\omega$ $KE_f = \frac{1}{2}I_f\omega_f^2 = \frac{1}{2} \times 4I \times \frac{1}{16}\omega^2$ $= \frac{1}{4}\left(\frac{1}{2}I\omega^2\right) = \frac{1}{4}KE$
.11	د. 80N، (F_A) باتجاه $(+y)$ و (F_B) باتجاه $(-y)$.	عزم الإزدواج الخارجي τ_2 يساوي عزم الإزدواج الداخلي τ_1 مقدارا وعكسه اتجاها: $\tau_1 = \tau_2$ $200 \times d_1 = F \times d_2$ $200 = F \times \frac{d_2}{d_1} \rightarrow 200 = F \times \frac{5}{2}$ $F = \frac{400}{5} = 80\text{N}$
.12	ب. 40cm من الكرة (B).	$x_{CM} = \frac{m_A x_A + m_B x_B}{m_A + m_B}$ بعد مركز الكتلة عن الكرة B: $= \frac{2 \times 1 + 3 \times 0}{2 + 3} = 0.4\text{m} = 40\text{cm}$
.13	أ. $\frac{4}{3}$ rad/s	$I_i\omega_i = I_f\omega_f$ $\frac{1}{2} \times 4mR^2 \times 2 = (\frac{1}{2} \times 4mR^2 + mR^2)\omega_f$ $4mR^2 = 3\,mR^2\omega_f \rightarrow \omega_f = \frac{4}{3}$ rad/s

2. بتطبيق الشرط الأول للاتزان:

$$\sum F_y = 0$$
$$F_A + F_B - (F_g + F_{g1}) = 0$$
$$2F + F = 900$$

$$3F = 900 \rightarrow F = \frac{900}{3} = 300\text{N}$$

$$F_{\text{A}} = 600\text{N}, F_{\text{B}} = 300\text{N}$$

بتطبيق الشرط الثاني للاتزان حول محور دوران يمر بالطرف (A):

$$\sum\tau = 0$$

$$-F_{\text{B}}\, r_{\text{B}} + F_g\, r_{\text{CM}} + F_{g1}\, r = 0$$

$$-300\times 8.0 + 100 \times 4.0 + 800 \times r = 0$$

$$r = \frac{2400 - 400}{800} = 2.5\text{m}$$

الوحدة الثالثة: الكهرباء السكونية

الصفحة83

أتأمل الشكل:

لا تشكل الصواعق خطرا على الطائرة ؛ لأن الأجسام الموصلة تمنع المجالات الكهربائية الخارجية من اختراقها.

الصفحة 85

تجربة استهلالية: تخطيط المجال الكهربائي المنتظم.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1.الزيت النباتي عازل للكهرباء، بينما الماء (خاصة إذا احتوى على أملاح أو شوائب) موصل جيد للكهرباء؛ وجود ماء موصل قد يؤدي إلى تغيير توزيع الشحنات على البذور. كما أن الزيت أكثر لزوجة من الماء، مما يسمح للبذور بالبقاء ثابتة على سطحه لفتره أطول، ما يسهل رسم خطوط المجال.

2. سوف تترتب البذور في خطوط مستقيمة ومتوازية خصوصا في المنطقة المتوسطة بين القطبين.

3. نتيجة تعرض البذور للمجال الكهربائي يصبح لكل بذرة طرف موجب وطرف سالب ما يؤدي إلى تأثير قوة كهربائية في البذرة.

الصفحة 87

أتحقّق:

يعتمد التدفق الكهربائي على مقدار المجال الكهربائي، ومساحة السطح الذي تخترقه خطوط المجال، والزاوية بين متجهيّ المجال والمساحة.

الصفحة 88

أتحقّق:

التدفق الكهربائي الموجب يدل على أن خطوط المجال الكهربائي تخترق السطح المغلق خارجة منه.

والتدفق الكهربائي السالب يدل على أن خطوط المجال تخترق السطح المغلق داخلة فيه.

الصفحة 89

أفكر:

أ. لا يتغيّر ؛ لأن الشحنة الكلية داخل السطح لم تتغيّر.

ب. يتضاعف التدفق ثلاث مرات.

ج. لا يتغيّر؛ لأن التدفق الكلي لا يعتمد على مساحة السطح.

د. لا يتغيّر؛ لأن التدفق الكلي لا يعتمد على شكل السطح.

الصفحة 90

تمرين:

مساحة السطح:

$$A = 10 \times 10 = 100\text{cm}^2 = 1 \times 10^{-2}\text{m}^2$$

الزاوية بين متجهي المجال والمساحة:

$$\theta = 90° - 30° = 60°$$

التدفق الكهربائي يُحسب باستخدام العلاقة:

$$\Phi = EA\cos\theta$$
$$= 240 \times 1 \times 10^{-2} \times \cos 60° = 1.2\ \text{N.m}^2/\text{C}$$

الصفحة 91

أتحقّق:

بسبب قوة التنافر الكهربائية بين الشحنات، حيث تتباعد الشحنات عن بعضها الى أكبر مسافة ممكنة وتستقر على السطح الخارجي.

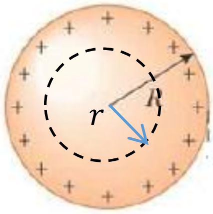
الصفحة 92

أتحقق:

المجال الكهربائي عند نقطة خارج موصل كروي مشحون يعتمدعلى: شحنة الموصل ، وبعد النقطة عن مركز الموصل ، والسماحية الكهربائية للوسط المحيط بالموصل.

أفكر:

نرسم سطح غاوس على شكل سطح كروي بحيث يكون نصف قطره $(r < R)$، ثم نطبق العلاقة:



$$EA = \frac{q_{in}}{\epsilon_\circ}$$

الشحنات تستقر على السطح الخارجي للموصل؛ فتكون الشحنة داخل سطح غاوس صفر $(q_{in} = 0)$، أي أن:

$$EA = 0 \rightarrow E = 0$$

الصفحة 93

تمرين:

النقطة (a) تقع داخل الموصل (الكرة النحاسية)، والمجال داخل الموصل المشحون يساوي صفر.

النقطة (b) تبعد عن مركز الموصل مسافة $(r = 20 + 10 = 30\text{cm})$، ويحسب المجال عندها باستخدام العلاقة:

$$E = k\frac{Q}{r^2}$$

$$E_\text{b} = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-6}}{(30 \times 10^{-2})^2} = 1.2 \times 10^6\ \text{N/C}$$

الصفحة 95

أتحقّق:

خطوط المجال مستقيمة ومتوازية، وعمودية على سطح القشرة، واتجاه الخطوط على أحد جانبي القشرة عكس اتجاه الخطوط على الجانب الآخر.

أفكر:

للمكعب ستة أوجه، مساحة كل منها (A)، وخطوط المجال الناتجة من جزء من القشرة مساحته (A) تنفذ عموديا من وجهين فقط وهما السطحان الموازيان لمستوى القشرة في الشكل. بينما تكون خطوط المجال عموديّة على متجه المساحة لأوجه المكعب الأربعة المتبقية فلا تخترقها خطوط المجال، وبذلك يمكن تطبيق قانون غاوس كما هو الحال في الأسطوانة.

الصفحة 96

أتحقّق:

بافتراض أن كل صفيحة قشرة رقيقة، فيكون المجال المحصل الناشئ عن الصفيحتين مساويا لناتج جمع المجالين الناشئين عن الصفيحتين؛ لأنهما بالاتجاه نفسه.

الصفحة 100-101

مراجعة الدرس الأول

1. مجال الموصل الكروي المشحون هو مجال غير منتظم؛ يتغير مقداره واتجاهه من نقطة إلى أخرى ضمن المجال. أما المجال الناشئ عن صفيحتين فهو مجال منتظم؛ ثابت مقدارا واتجاها عند نقاط المجال الواقعة بين الصفيحتين بعيدا عن مناطق الأطراف.

2. أ. اتجاه كل من القوة والتسارع بعكس اتجاه المجال؛ أي باتجاه $(+x)$
ب. المسار (3). السرعة الابتدائية للإلكترون باتجاه $(-y)$، وتأثر بقوة كهربائية عمودية على اتجاه حركته $(+x)$، ما يؤدي إلى انحرافه عن مساره، فيتحرك عبر المسار (3).
ج. المسار (1)؛ عكس اتجاه حركة الإلكترون.

3. عندما يكون الإلكترون قريبا من القشرة يمكن التعامل مع القشرة بأنها قشرة لانهائية، وبذلك فإن المجال الكهربائي الناشئ عنها يعطى بالعلاقة:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_\circ} = \frac{3.00 \times 10^{-12}}{2 \times 8.85 \times 10^{-12}} = 0.169\ \mathrm{N/C}$$

القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة:

$$F = qE = 1.6 \times 10^{-19} \times 0.170 = 2.7 \times 10^{-20}\ \mathrm{N}$$

4. أ. مقدار المجال بين الصفيحتين:

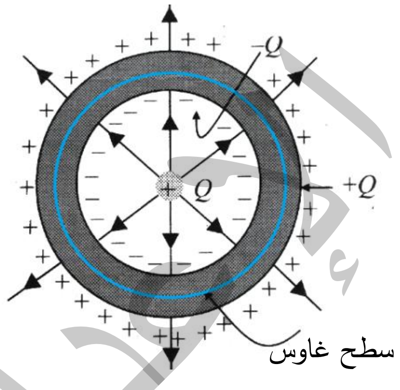
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{7.1 \times 10^{-7}}{8.85 \times 10^{-12}} = 8.0 \times 10^{4}\ \mathrm{N/C}$$

ب. نحسب أولا القوة الكهربائية، ثم نحسب تسارع الجسيم داخل المجال:

$$F_E = Eq = 8.0 \times 10^{4} \times 2.0 \times 10^{-7}$$
$$= 1.6 \times 10^{-2}\ \mathrm{N}$$
$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-2}}{5.0 \times 10^{-4}} = 32\ \mathrm{m/s^2}$$

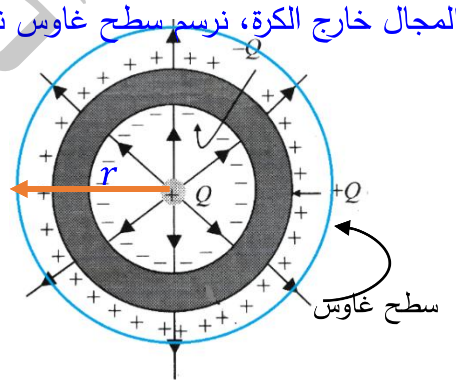
5. تشحن الكرة بالحث، فيكتسب السطح الداخلي شحنة $(-Q)$، والسطح الخارجي شحنة $(+Q)$.

لإيجاد المجال داخل مادة الكرة، نرسم سطح غاوس كما هو مبين في الشكل، ونستخدم العلاقة:



$$EA = \frac{q_{in}}{\epsilon_\circ}$$
$$q_{in} = +Q - Q = 0$$
$$EA = 0 \rightarrow E = 0$$

لإيجاد المجال خارج الكرة، نرسم سطح غاوس نصف قطره (r)، كما هو مبين في الشكل، ونستخدم العلاقة:



$$EA = \frac{q_{in}}{\epsilon_\circ}$$
$$q_{in} = +Q - Q + Q = Q$$
$$A = 4\pi r^2$$
$$E(4\pi r^2) = \frac{Q}{\epsilon_\circ} \rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{Q}{r^2}$$

.6

.1	ب. $\frac{\Phi\Phi}{l^2 cos30°}$	$A = l^2$ $\Phi = EA\cos\theta \rightarrow E = \frac{\Phi}{l^2\cos30°}$
.2	أ. $\pi R^2 E$	التدفق الكلي عبر السطح المغلق يساوي صفر، فيكون: التدفق عبر الدائرة (Φ_1) مساويا للتدفق عبر السطح الجانبي (Φ_2) وعكسه في الإشارة: $\Phi_1 = EAos\theta = E\pi R^2\cos180° = -E\pi R^2$ $\Phi_2 = -\Phi_1 = E\pi R^2$
.3	ج. E	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A}$

		عند مضاعفة المجال والشحنة $(\frac{2Q}{2\varepsilon_0 A})$ المجال لا يتغير.
.4	د. $E_2 = E_1$	المجال الكهربائي خارج الكرة المشحونة وعلى بعد (r) من مركزها: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$ الكرتان لهما الشحنة نفسها، وعلى البعد نفسه من مركزيهما يكون المجال متساوي.
.5	أ. A فقط	تزداد السرعة عندما يكون اتجاه القوة الكهربائية باتجاه الحركة الأصلي، وهذا ينطبق فقط على الجسيم (A).

الدرس الثاني: الجهد الكهربائي

الصفحة 102

أتحقّق:

الجهد الكهربائي عند نقطة في مجال كهربائي يعبّر عن طاقة الوضع المختزنة في وحدة الشحنات الموضوعة عند تلك النقطة. ويعتمد الجهد الكهربائي على الشحنة المولدة للمجال، ولا يعتمد على الشحنة الموضوعة عند النقطة.

طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الموضوعة عند نقطة في مجال كهربائي تدل على مقدار الطاقة المختزنة في تلك الشحنة عند وضعها عند نقطة محددة في المجال، وتعتمد طاقة الوضع على الشحنة الموضوعة في المجال وعلى جهد النقطة.

الصفحة 103

تمرين:

أ. شغل القوة الخارجية يكون موجبا؛ لأن القوة والإزاحة بالاتجاه نفسه.

ب. الشحنة نقلت بسرعة ثابتة، فيكون التغير في طاقتها الحركية $(\Delta KE = 0)$، ومن مبرهنة (الشغل-الطاقة الحركية) $(W_{\text{Total}} = \Delta KE = 0)$ أي أن الشغل الكلي المبذول على الشحنة يساوي صفرا.

ج. تزداد طاقة الوضع؛ الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية يظهر على شكل زيادة في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة المنقولة.

الصفحة 104

أفكر:

$$\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}=\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C.m}}=\frac{\mathrm{N.m}}{\mathrm{C.m}}=\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$$

الصفحة 106

تمرين:

أ. توضح العلاقة ($W = Fd\cos\theta$) أن شغل القوة يكون موجبا عندما تكون القوة باتجاه الإزاحة وسالبا عندما تكون عكس اتجاه الإزاحة، فيكون شغل القوة (F_E) في الأشكال الأربعة:

(أ): سالب، (ب): موجب، (ج): موجب، (د) سالب.

ب. نحدد إشارة التغير في طاقة الوضع باستخدام العلاقة ($\Delta PE = q(V_f - V_i)$)، حيث يعتمد التغير في طاقة الوضع على اشارة الشحنة المنقولة واشارة فرق الجهد بين النقطتين.

الشكل	الشحنة q	فرق الجهد $V_f - V_i$	التغير في الطاقة $\Delta PE = q(V_f - V_i)$	وصف التغير في الطاقة
أ	+	$V_f > V_i$	$\Delta PE = +(+)$	تزداد
ب	+	$V_f < V_i$	$\Delta PE = +(-)$	تقل
ج	−	$V_f > V_i$	$\Delta PE = -(+)$	تقل
د	−	$V_f < V_i$	$\Delta PE = -(-)$	تزداد

ج. تزداد طاقة الوضع المختزنة في الشحنة الموجبة عند انتقالها من جهد منخفض إلى جهد مرتفع، وتقل الطاقة عند انتقالها من جهد مرتفع إلى جهد منخفض.

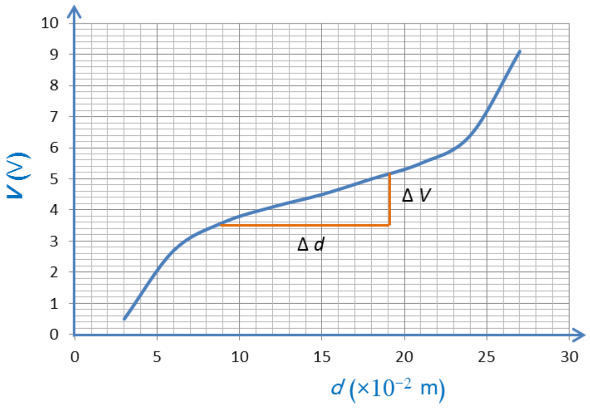
تزداد طاقة الوضع المختزنة في شحنة سالبة عند انتقالها من جهد مرتفع إلى جهد منخفض، وتقل الطاقة عند انتقالها من جهد منخفض إلى جهد مرتفع.

الصفحة 107

التجربة 1: العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي والمجال الكهربائي

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

.1



.2 ميل الخط المستقيم ما بين النقطتين $(d = 9 \text{ cm} - d = 21 \text{ cm})$ يحسب باستخدام العلاقة:

$$\frac{\Delta V}{\Delta d} = \left(\frac{V_2 - V_1}{d_2 - d_1}\right) = \frac{5.2 - 3.5}{(19 - 9) \times 10^{-2}} = 17 \text{ V/m}$$

.3 ميل الخط المستقيم يساوي المجال الكهربائي بين النقطتين.

.4 مصادر الخطأ المحتملة: قراءة الفولتميتر (نتيجة عدم معايرته أو خطأ في طريقة القراءة)، قياس الإزاحة.

.5 بداية الخط ونهايته تكون خطوط المجال منحنية أكثر حيث المجال غير متنظم، أما في منطقة الوسط فتكون مستقيمة تقريبًا لذا يمكن اعتبار المجال فيها منتظمًا.

الصفحة 108

أتحقّق:

استقرار الشحنات على سطح الموصل؛ فلو كان هناك فرق في الجهد بين أي نقطتين على سطح الموصل المشحون، لأدى ذلك إلى حركة الشحنات من النقطة ذات الجهد المرتفع إلى النقطة ذات الجهد المنخفض.

أفكر:

تكون كثافة الخطوط أكبر عند الرأس المدبب للموصل، ما يدل على أن قيمة المجال الكهربائي تكون مرتفعة في الحيز المحيط بتلك المنطقة.

الصفحة 110

تمرين:

جهد الكرة V :

$$V = k\frac{Q}{R}$$

الجهد عند مسافة تبعد $(4R)$ عن مركز الكرة V':

$$V' = k\frac{Q}{4R} = \frac{1}{4}(k\frac{Q}{R}) = \frac{1}{4}V$$

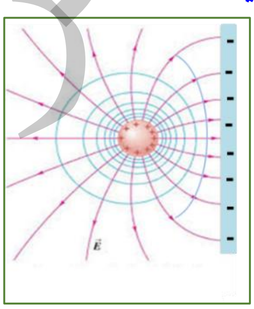
الصفحة 113

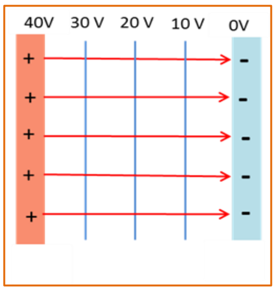
التجربة 2: رسم خطوط تساوي الجهد عمليا

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. عند وضع المجس على الصفيحة السالبة فإن قراءة الفولتميتر تساوي صفرًا؛ لأن قراءة الفولتميتر تمثل فرق الجهد بين نقطتين على الصفيحة نفسها.
2. عندما تكون المسافة الفاصلة بين الصفيحتين صغيرة مقارنة بأبعاد الصفيحتين فإن خطوط تساوي الجهد بين الصفيحتين تكون مستقيمة ومتوازية والمسافات بينهما متساوية كما في الشكل؛ لأن المجال بينهما منتظم. بينما يختلف شكل خطوط تساوي الجهد بين الكرة والصفيحة حيث المجال غير منتظم وخطوط تساوي الجهد منحنية وتتقارب عند الكرة لتصبح أقل انحناءً كلما اقتربنا من الصفيحة.

3. خطوط المجال الكهربائي تكون متعامدة مع خطوط تساوي الجهد؛ أي أنها مستقيمة ومتوازية بين الصفيحتين أما بين الكرة والصفيحة فتكون منحنية كما في الشكل.





4. تستخدم العلاقة $E = \frac{\Delta V}{\Delta d}$ لحساب المجال الكهربائي بين الصفيحتين حيث ΔV قراءة الفولتميتر بين الصفيحتين (أو أي خطي تساوي جهد) و Δd المسافة بين الصفيحتين (أو بين خطي تساوي الجهد اللذين تم اختيارهما).

الصفحة 114

تمرين:

أ. فرق الجهد الكهربائي:

$$V_a - V_b = -5 - (-10) = 5\text{V}$$

ب. لا يلزم بذل شغل، لأن النقطتين (c, d) تقعان على سطح تساوي الجهد نفسه، فيكون لهما الجهد نفسه $(V_d - V_c = 0)$، فيكون الشغل صفرا، حسب العلاقة: $W = q(V_c - V_d) = 0$.

الصفحة 115-116

مراجعة الدرس الثاني

.1

- يتناقص الجهد الكهربائي عند الانتقال داخل مجال كهربائي باتجاه خط المجال الكهربائي.
- يكون الجهد الكهربائي متساويا عند جميع النقاط داخل الموصل المشحون أو على سطحه، ويكون الجهد خارج الموصل مماثلا للجهد الناشئ عن شحنة نقطية، ويتغير بتغير بعد النقطة عن مركز الموصل المشحون.

.2 أ. جهد النقطة P $(V_P = 0)$؛ وجهد أي نقطة على الخط العمودي المبين في الرسم يساوي صفرًا فهو يقع على سطح تساوي جهد.

ب.

$$V_a - V_c = 4 - 2 = 2\text{ V}$$
$$V_b - V_d = -6 - (-4) = -2\text{ V}$$

جـ.

$$W_{d\to a} = q(V_a - V_d) = 5 \times 10^{-9}(4 - (-4)) = 4 \times 10^{-8}\text{ J}$$

.3 أ. الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد 4 cm عن مركز الكرة يساوي (50V) ويساوي جهد الكرة.

ب. شحنة الكرة تحسب من العلاقة:

$$V = k\frac{Q}{R}$$

$$50 = 9 \times 10^9 \times \frac{Q}{5 \times 10^{-2}}$$

$$Q = 2.8 \times 10^{-10}\text{ C}$$

جـ. نحسب جهد نقطة (P) تبعد عن المركز $(r = 8\text{cm})$ من العلاقة:

$$V = k\frac{Q}{r} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.8 \times 10^{-10}}{8 \times 10^{-2}} = 31.5\text{V}$$

شغل القوة الكهربائية لنقل شحنة من مركز الكرة (O) إلى النقطة (P) يحسب من العلاقة:

$$W_{\text{O}\to\text{P}} = -q(V_{\text{P}} - V_{\text{O}})$$
$$= -6 \times 10^{-6}(31.5 - 50) = 1.11 \times 10^{-4}\ \text{J}$$

4. الشحنة الموجبة تكتسب طاقة وضع كهربائية عندما تتحرك عكس اتجاه المجال

$$\Delta V = -Ed\cos 180^\circ = 2 \times 10^4 \times 3 \times 10^{-2} = 600\text{V}$$

$$\Delta PE = q\Delta V \Longrightarrow q = \frac{\Delta PE}{\Delta V} = \frac{1.6 \times 10^{-16}}{600} = 2.7 \times 10^{-9}\text{C}$$

5. أ.

$$V_{\text{c}} - V_{\text{d}} = -Ed_{\text{d}\to\text{c}}\cos\theta = -3.0 \times 10^3 \times 3.0 \times 10^{-2}\cos 143^\circ = 72\ \text{V}$$

ب.

$$W_{\text{d}\to\text{c}} = q(V_{\text{c}} - V_{\text{d}}) = 1.6 \times 10^{-19} \times 72 = 1.2 \times 10^{-17}\ \text{J}$$

6.

1.	ج. البروتون والإلكترون متساويان في الطاقة الحركية.	الإلكترونا والبروتون يتحركان تحت تاثير القوة الكهربائية، فتكون الزيادة في الطاقة الحركية مساوية للنقصان في طاقة الوضع: $\Delta KE = -\Delta PE = -q\Delta V$ بما أن الإلكترون والبروتون متساويان في الشحنة وتحركا من السكون عبر فرق الجهد نفسه؛ لذا فهما متساويان في الطاقة الحركية.
2.	ب $2\sqrt{2}v$	$\Delta KE = -\Delta PE$ الجسيم الأول $\frac{1}{2}mv^2 = q\Delta V \to v_1 = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$ الجسيم الثاني: $v_2 = \sqrt{\frac{2(2q)(2\Delta V)}{\frac{m}{2}}} = \sqrt{\frac{2 \times 4q \times 2\Delta V}{m}} = 2\sqrt{2}\ v$
3.	ب. أقل من جهد الصفيحة Y بمقدار 4 V	$\Delta KE = -\Delta PE = -q(V_f - V_i)$ $6.4 \times 10^{-19} = - -1.6 \times 10^{-19}(V_{\text{Y}} - V_{\text{X}})$ $V_{\text{Y}} - V_{\text{X}} = \frac{6.4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4\text{V} \to V_{\text{Y}} > V_{\text{X}}$

		يتحرك الإلكترون تحت تأثير القوة الكهربائية من نقطة بالقرب من الصفيحة السالبة (جهد منخفض) نحو الصفيحة الموجبة (ذات الجهد المرتفع)، أي أن جهد (X) أقل من جهد (Y).
.4	ب. $-x$	خطوط المجال تكون عمودية على سطوح تساوي الجهد، ويكون اتجاه المجال باتجاه تناقص الجهد.
.5	ب. النقطة (b) إلى النقطة (C).	$\Delta PE = q(V_f - V_i)$ $= -(-) \Rightarrow +$ تزداد طاقة الوضع المختزنة في الشحنة السالبة عند انتقالها من جهد مرتفع إلى جهد منخفض $(V_f < V_i)$.

الدرس الثالث: المواسعة الكهربائية

الصفحة 118

أتحقّق:

تستمر عملية الشحن حتى يصبح فرق الجهد بين طرفي المواسع مساويا لفرق جهد البطارية.

يختزن المواسع طاقة وضع كهربائية.

الصفحة 119

أتحقّق:

تعرف المواسعة بأنها الشحنة الكهربائية المختزنة لوحدة فرق الجهد الكهربائي.

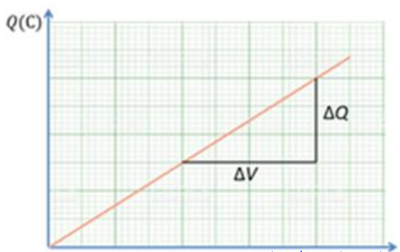
تتناسب شحنة المواسع طرديا مع فرق الجهد بين طرفيه.

الصفحة 120

التجربة 3: قياس مواسعة مواسع عمليا

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

.1



.2 ميل الخط المستقيم يساوي مواسعة المواسع (C):

$$C = slope = \frac{\Delta Q}{\Delta V}$$

3. يفترض أن تكون النتائج متقاربة، وإن حصل اختلاف في النتائج فإن مصدر الخطأ غالبًا ما يعود إلى عدم معايرة كل من جهاز الفولتميتر وجهاز مقياس الشحنة بشكل صحيح أو إلى عدم الدقة في أخذ قراءات تلك الأجهزة.

الصفحة 121

أتحقّق:

الطرائق التي يُمكن بوساطتها زيادة مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين:

- زيادة مساحة كلّ من صفيحتَي المواسع .
- تقليل المسافة بين الصفيحتين.
- زيادة السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين صفيحتَي المواسع.

أفكر:

زيادة جهد المواسع أو شحنته لا تؤدي إلى زيادة مواسعته؛ لأنه كلما ازداد جهد المواسع تزداد شحنته بالنسبة نفسها بحيث تبقى مواسعته ثابتة.

الصفحة 123

تمرين:

أ. تحسب المساحة باستخدام العلاقة:

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

$$0.04 \times 10^{-9} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times A}{2.5 \times 10^{-3}} \Rightarrow A = 0.01 \text{ m}^2$$

ب. شحنة المواسع:

$$Q = CV = 0.04 \times 10^{-9} \times 100 = 4 \text{ nC}$$

الصفحة 124

أتحقّق:

المساحة الكلية تمثل الطاقة الكلية المختزنة في المواسع.

أفكر:

عند وصل طرفي مواسع مشحون ومعزول بمصباح فإن:

مواسعته: تبقى ثابتة.

جهده: يقل بالتدريج إلى أن يصبح صفر.

شحنته: تقل بالتدريج إلى أن تصبح صفر.

الطاقة الكهربائية المختزنة فيه: تقل بالتدريج إلى أن تصبح صفر (تتحول إلى طاقة ضوئية وحرارية)

الصفحة 127

أتحقق:

أ. مواسعًا جهده يساوي جهد البطارية: C_3 ، C_4

ب. مواسعان شحنتيهما متساويتان: C_1 ، C_2

الصفحة 128

التجربة 4: المواسعة المكافئة لعدة مواسعات تتصل على التوالي أو على التوازي

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. باستخدام البيانات التجريبية من المتوقع ملاحظة ما يلي:

في التوصيل على التوازي: تتوزع الشحنات على المواسعات بحسب مواسعة كل منهم؛ أما الجهد فيكون متساوٍ لجميع المواسعات ويساوي جهد البطارية.

في التوصيل على التوالي: تكون الشحنة متساوية لجميع المواسعات، أما الجهد فيتوزع على المواسعات بحسب مواسعة كل منهم.

2. من خلال النتائج التجريبية من المتوقع أن تكون المواسعة المكافئة المقاسة عمليًا تساوي تقريبًا المواسعة المكافئة المحسوبة نظريًا سواء في حالة التوصيل على التوازي أو التوالي.

3. مصادر الخطأ: عدم معايرة جهاز الفولتميتر، دقة جهاز الفولتميتر لذا يفضل استخدام فولتميتر رقمي ذو دقة عالية، وطريقة أخذ القراءات.

الصفحة 130

تمرين:

أ. المواسعة المكافئة:

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = \frac{2+1}{12} = \frac{3}{12} \Rightarrow C_{1,2} = 4\ \mu\text{F}$$

$$C_{1,2,3} = C_{1,2} + C_3 = 4 + 2 = 6\ \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{1,2,3}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{2+3}{12} \Rightarrow C = 2.4\ \mu\text{F}$$

ب. الشحنة المكافئة Q تساوي شحنة المواسع المكافئ للمواسعات $(1,2,3)$ $Q_{1,2,3}$ وتساوي شحنة المواسع الرابع Q_4 :

$$Q_4 = Q = CV = 2.4 \times 10^{-6} \times 10 = 2.4 \times 10^{-5}\ \text{C} = Q_{1,2,3}$$

جـ. قراءة الفولتميتر تساوي جهد المواسع $C_{1,2,3}$ وتساوي جهد المواشع الثالث V_3

$$V_{1,2,3} = \frac{Q_{1,2,3}}{C_{1,2,3}} = \frac{2.4 \times 10^{-5}}{6 \times 10^{-6}} = 4\ \text{V}$$

د. الطاقة المختزنة في المواسع الثالث:

$$PE_3 = \frac{1}{2} C_3 {V_3}^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times 4^2 = 1.6 \times 10^{-5}\ \text{J}$$

الصفحات 131–132

مراجعة الدرس الثالث

1. المواسع الكهربائي: جهاز يُستعمل لتخزين الطاقة الكهربائية.

المواسعة الكهربائية: الشحنة الكهربائية المختزنة لوحدة فرق الجهد الكهربائي

المواسعة المكافئة: المواسعة الكلّية لمجموعة مواسعات تتّصل معًا في دارة كهربائية.

2. يمكن زيادة مواسعة مواسع إلى (4) أضعاف بإحدى الطرق الآتية:

- زيادة مساحة كل من صفيحتيه إلى (4) أضعاف.
- زيادة السماحية الكهربائية للوسط بين صفيحتيه إلى (4) أضعاف.
- تقليل المسافة بين صفيحتيه إلى $(\frac{1}{4})$ ما كانت عليه.

3. مواسعة مواسع يختزن شحنة $(5\ \mu\text{C})$ عند تطبيق فرق جهد (1V) بين صفيحتيه.

4. نحسب المواسعة المكافئة:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$
$$= 30 + 30 + 30 = 90\ \mu\text{F}$$

ثم نحسب الطاقة:

$$PE = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 90 \times 10^{-6} \times (12)^2 = 6.5 \times 10^{-3}\text{J}$$

5. توصيل المواسعين على التوالي

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} \Rightarrow C = 5\ \mu\text{F}$$

6.أ. مواسعة المواسع:

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$
$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 2.0 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-3}} = 1.8 \times 10^{-11}\ \text{F}$$

ب. جهد المواسع:

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{6.0 \times 10^{-9}}{1.8 \times 10^{-11}} = 3.3\ 10^2\text{V}$$

جـ. المواسعة: تزداد إلى الضعف، الجهد: يقل إلى النصف، الطاقة المختزنة: تقل إلى النصف.

7.أ. المواسعات تتصل على التوالي:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{8.0} + \frac{1}{8.0} + \frac{1}{6.0} = \frac{10}{24} \Rightarrow C = 2.4\ \mu\text{F}$$

ب. في التوصيل على التوالي تكون الشحنة متساوية:

$$Q_3 = 3.0 \times 10^{-5}\ \text{C} = Q_2 = Q_1 = Q$$

قراءة الفولتميتر

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{3.0 \times 10^{-5}}{2.4 \times 10^{-6}} = 12.5\ \approx 13\ \text{V}$$

8.أ. نحسب جهد المواسع الأول:

$$V_1 = 20 - 12 = 8\text{V}$$

ثم نحسب شحنته:

$$Q_1 = C_1V_1 = 6.0 \times 10^{-6} \times 8.0 = 48\ \mu\text{C}$$

ب.

$$Q_{2,3} = Q_1 = 48\ \mu\text{C}$$
$$V_{2,3} = V_{\text{bc}} = 12\ \text{V}$$
$$C_{2,3} = \frac{Q_{2,3}}{V_{2,3}} = \frac{4.8 \times 10^{-5}}{12} = 4.0 \times 10^{-6}\ \text{F}$$
$$C_{2,3} = C_2 + C_3 \Longrightarrow C_2 = 4.0 - 3.0 = 1.0\ \mu\text{F}$$

ج.

$$PE = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2} \times 48 \times 10^{-6} \times 20 = 4.8 \times 10^{-4}\ \text{J}$$

.9

.1	د. تزداد أربعة أمثال.	من العلاقة $(C = \frac{\varepsilon_0 A}{d})$ فإن مضاعفة المساحة ونقصان المسافة إلى النصف يؤدي إلى زيادة المواسعة أربعة أمثال، وبثبوت جهد المواسع لأنه يتصل ببطارية، فإن الطاقة $(PE = \frac{1}{2}CV^2)$ تزداد أربعة أمثال.
.2	أ. 2	المواسعان يتصلان على التوازي، فهما متساويان في الجهد. $PE = \frac{1}{2}CV^2 \Longrightarrow V^2 = \frac{2PE}{C}$ $V_1^2 = V_2^2$ $\frac{PE_1}{C_1} = \frac{PE_2}{C_2} \Rightarrow \frac{3}{6} = \frac{PE_2}{4} \Longrightarrow PE_2 = 2\mu\text{J}$
.3	ج $4C$	من العلاقة $(C = \frac{\varepsilon_0 A}{d})$ فإن مضاعفة المساحة ونقصان المسافة إلى النصف يؤدي إلى زيادة المواسعة أربعة أمثال.
.4	ج.2	المواسعان يتصلان على التوالي، فهما متساويان في الشحنة. $PE_1 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_1}$ $PE_2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_2}$ $\frac{PE_1}{PE_2} = \frac{\frac{1}{C_1}}{\frac{1}{C_2}} \Rightarrow \frac{PE_1}{PE_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{2C}{C} = 2$
.5	ج. 12	$V_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{48}{8} = 6\text{V}$ $C_{1,2,3} = C_1 + C_2 + C_3 = 8\mu\text{F}$ $Q_4 = Q_{1,2,3} = 48\mu\text{C}$

$V_{1,2,3} = \frac{Q_{1,2,3}}{C_{1,2,3}} = \frac{48}{8} = 6\text{V}$ $V = V_{1,2,3} + V_4 = 12\text{V}$		

الصفحات 134-138

مراجعة الوحدة

.1

.1	د. من النقطة (c) إلى النقطة (a).	تزداد طاقة الوضع المختزنة في الشحنة الموجبة عند انتقالها تحت تأثير قوة خارجية من نقطة ذات جهد منخفض إلى نقطة ذات جهد مرتفع.
.2	جـ. $V_a = V_b > V_c$	النقطتان (a) و (b) تقعان على سطح تساوي جهد، وجهدهما أكبر من (c) لأنهما أقرب إلى الصفيحة الموجبة.
.3	ب. 400V	الجهد الكهربائي عند أي نقطة على سطح الموصل أو داخله متساوي.
.4	ب. (b,c)	يكون الجهد متساوي عند جميع النقاط التي تقع على سطح تساوي جهد.
.5	جـ. $2\,C$	المواسعان على السلك العلوي يتصلان على التوالي: $\frac{1}{C`} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} \to C` = \frac{C}{2}$ المواسعان على السلك السفلي يتصلان على التوالي: $\frac{1}{C``} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} \to C`` = \frac{C}{2}$ المواسع الأوسط يتصل مع $(C`)$ و $(C``)$ على التوازي $C = \frac{C}{2} + \frac{C}{2} + C = 2\,C$
.6	جـ. تزداد إلى أربعة أمثال .	الطاقة تتناسب طرديا مع مربع فرق الجهد بثبوت المواسعة، وفقا للعلاقة : $PE = \frac{1}{2} CV^2$ عند مضاعفة فرق الجهد تزداد الطاقة إلى أربعة أمثال.
.7	د. $Q_2 = Q_1$	متساويان في الشحنة لأنهما يتصلان على التوالي.
.8	د. $-y$	برسم متجه المجال عمودي على كل سطح نحو الخارج، وتحديد الزاوية بين متجهي المجال والمساحة بناء على معطيات السؤال، نجد أن خطوط المجال تخترق السطح (B) داخلة فيه وتخترق السطح (C) خارجه منه، ما يعني أن متجهي المجال والمساحة بالاتجاه نفسه $(-y)$.
.9	أ. $4\frac{\sigma}{\epsilon_o}$	المجال عند نقطة بالقرب من سطح الموصل: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_o}$

		$\sigma_X = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi R^2}$ $\sigma_Y = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi(\frac{R}{2})^2} = 4 \times \frac{Q}{4\pi R^2}$ $\sigma_Y = 4\sigma_X \to E_Y = E_X$
.10	ج. $4 \times 10^{10} \mathrm{m/s^2}, +x$	$V_f = V_i + at$ $0 = -1 \times 10^5 + 2.5 \times 10^{-6} a$ $a = \frac{1 \times 10^5}{2.5 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{10} \mathrm{m/s^2}$
.11	ب. $\frac{F_g tan\theta}{E}$ ، سالبة	الكرة متزنة: $\Sigma F_x = 0 \to F_E = F_T \sin\theta$ $\Sigma F_y = 0 \to F_g = F_T \cos\theta$ بقسمة المعادلتين: $\frac{F_T \sin\theta}{F_T \cos\theta} = \frac{F_E}{F_g} \to tan\theta = \frac{qE}{F_g} \to q = \frac{F_g tan\theta}{E}$ شحنة الكرة سالبة لأنها تأثرت بقوة كهربائية بعكس اتجاه المجال.
.12	ج. كتلة الجسيم (X) أقل من كتلة الجسيم (Y).	القوة الكهربائية $(F_E = qE)$ متساوية لأنها متساويان في الشحنة ، ومن العلاقة $(a = \frac{F}{m})$ نستنتج أن الجسيم ذو الكتلة الأقل سوف يكتسب تسارعا أكبر فتكون سرعته النهائية أكبر (بعد مرورمدة من الزمن)؛ (X) كتلته أقل لأن سرعته أكبر.
.13	د. $kqQ(\frac{1}{R} - \frac{1}{r})$	$W_{P\to O} = q(V_O - V_P) = q\left(\frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{r}\right) = kqQ(\frac{1}{R} - \frac{1}{r})$
.14	د. $Q = 3\mu C, V = 12V$	شحنة المواسع يساوي قيم الشحنة على اي من صفيحتيه، وجهده يساوي فرق الجهد بين صفيحتيه $(\Delta V = 6 - -6 = 12V)$
.15	ب. $E, 3Q$	المجال بين صفيحتي المواسع $(E = \frac{\Delta V}{d})$، المواسعان يتصلان على التوازي،فيكون فرق الجهد (ΔV) بين صفيحتيهما متساوي، وبما أن البعد بين صفيحتي كل منهما متساوي، يكون المجالكهربائي بين صفيحتهما متساوي. الشحنة $(Q = CV)$، وبما أن المواسع $(C = \frac{\epsilon_\circ A}{d})$ تتناسب طرديا مع المساحة، فتكون شحنة الثاني 3 أمثال شحنة الأول.

.2 أ.

$$V_a - V_b = -E d_{b\to a} \cos\theta = -3.0 \times 10^4 \times 5.0 \times 10^{-2} \cos 120^o = 7.5 \times 10^2 \mathrm{~V}$$

ب

$$\Delta PE = q(V_b - V_a) = -6.0 \times 10^{-12} \times (-13 \times 10^2) = 7.8 \times 10^{-9} \mathrm{J}$$

.3أ. الخط الواصل بين a و c عمودي على خطوط المجال؛ هذا يعني أنه سطح تساوي جهد:

$$V_c - V_a = 0$$

$$\Delta PE = q\Delta V = 0$$

ب.

$$V_b - V_a = -\frac{W_{a\to b}}{q} = -\frac{100}{1.6\times10^{-19}}\ \text{V}$$

بما أن $(V_a = V_c)$، فيكون فرق الجهد:

$$V_b - V_a = V_b - V_c$$

$$W_{c\to b} = -q(V_b - V_c) = -1.6\times10^{-19}\times -\frac{100}{1.6\times10^{-19}} = 100\ \text{J}$$

.4

أ. جهد الموصل: $V = -100\ \text{V}$

ب.

$$W_{4\to 2} = -q(V_2 - V_4) = -(6.0\times10^{-9})\big(-50-(-25)\big) = 1.5\times10^{-7}\ \text{J}$$

.5 أ.

$$Q = CV = (180\times10^{-6})(200) = 3.6\times10^{-2}\ \text{C}$$

ب.

$$PE = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times180\times10^{-6}\times(200)^2 = 3.6\ \text{J}$$

.6 الجسيم تحرك تحت تأثير القوة الكهربائية، فتكون الطاقة الميكانيكية للنظام محفوظة؛ النقصان في طاقة الوضع يساوي الزيادة في الطاقة الحركية:

$$\Delta PE = -\Delta KE$$

$$q(V_b - V_a) = -(\frac{1}{2}mv^2 - 0)$$

بتعويض فرق الجهد $(V_b - V_a = -Ed_{a\to b}\cos\theta = -Ed\cos0°)$

$$-qEd = -\frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2qEd}{m}}$$

7. أ. نحسب تسارع الجسيم من العلاقة:

$$V_f = V_i + at$$
$$2.0 \times 10^5 = -2.0 \times 10^5 + 14.0 \times 10^{-12} a$$
$$a = \frac{4.0 \times 10^5}{14.0 \times 10^{-12}} = \frac{2}{7} \times 10^{17} = 2.9 \times 10^{16} \mathrm{m/s^2}$$

ب. الكثافة السطحية للشحنة:

$$F = ma$$
$$qE = ma$$
$$q \times \frac{\sigma}{2\varepsilon} = ma \Rightarrow \sigma = \frac{2\varepsilon ma}{q} = 2.9 \times 10^{-6} \mathrm{C/m^2}$$

8. أ.

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3.0} + \frac{1}{6.0} = \frac{3}{6} \Rightarrow C = 2.0\ \mu\mathrm{F}$$

$$\frac{1}{C_{3,4}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{2.0} + \frac{1}{4.0} = \frac{3}{4} \Rightarrow C = 1.3\ \mu\mathrm{F}$$

$$C = C_{1,2} + C_{3,4} = 2 + 1.3 = 3.3\ \mu\mathrm{F}$$

ب.

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times (3.3 \times 10^{-6}) \times (12)^2 = 2.4\ \times 10^{-4}\ \mathrm{J}$$

9.

$$V_4 = \frac{Q}{C} = \frac{30}{20} = 1.5\mathrm{V}$$
$$V_{123} = 4.5 - 1.5 = 3.0\ \mathrm{V}$$

$$Q_4 = Q_{1,2,3} = 30 \times 10^{-6}\ \mathrm{C}$$
$$C_{1,2,3} = \frac{Q_{123}}{V_{123}} = \frac{30 \times 10^{-6}}{3.0} = 10\ \mu\mathrm{F}$$

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{3} \Rightarrow C_{12} = 2.5\ \mu\mathrm{F}$$
$$C_3 = C_{1,2,3} - C_{12} = 10 - 2.5 = 7.5\ \mu\mathrm{F}$$

إجابات أسئلة التفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحات35–37

.1

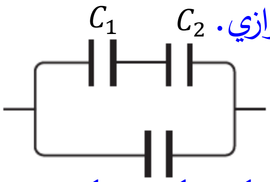
.1	ب. $\frac{kQ}{16a^2}$	$E = \frac{kQ}{R^2} = \frac{kQ}{(4a)^2} = \frac{kQ}{16a^2}$
.2	أ.$1.6 \times 10^{-6}\text{N}$	$F = qE = q \times \frac{\Delta V}{d}$ $F = 4.0 \times 10^{-12} \times \frac{200 \times 10^6}{500} = 1.6 \times 10^{-6}\text{N}$
.3	د. نقل الشحنة لتصبح أقرب إلى الصفيحة الموجبة.	القوة الكهربائية $(F = qE = q \times \frac{\Delta V}{d})$ حيث: ΔV فرق الجهد بين الصفيحتين ويساوي جهد المصدر، d: المسافة بين الصفيحتين. القوة الكهربائية لا تعتمد على بعد الشحنة عن الصفيحة الموجبة.
.4	ب. -5V	$V_a - V_b = -Ed_{b\to a}\cos\theta$ $= -100 \times \text{ba} \times \frac{5 \times 10^{-2}}{\text{ba}} = -5\text{V}$
.5	د. $2.0 \times 10^4\text{N/C}$	$E = \frac{\Delta V}{d} = 2.0 \times 10^3$ $E^{`} = \frac{2\Delta V}{\frac{d}{5}} = 10\frac{\Delta V}{d} = 10 \times 2.0 \times 10^3 = 2.0 \times 10^4\text{N/C}$
.6	ب. $\frac{1}{4}$	المواسعان متساويان في فرق الجهد لأنهما يتصلان على التوازي $PE = \frac{1}{2}qV$ $\frac{PE_1}{PE_2} = \frac{q_1}{q_2} \to \frac{PE_1}{4PE_1} = \frac{q_1}{q_2} \to \frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{4}$
.7	ب. $\frac{2}{3}V$	$V_A = k\frac{Q}{R_A}$ $V = \frac{kQ}{10 \times 10^{-2}}$ $V_B = \frac{kQ}{R_B} = \frac{10 \times 10^{-2}}{15 \times 10^{-2}}V \to V_B = \frac{2}{3}V$
.8	ب.$2 \times 10^6\text{V/m}$	$E = k\frac{Q}{r^2} = k\frac{Q}{r} \times \frac{1}{r} = \frac{V}{r} = \frac{0.6 \times 10^6}{0.3}$

		(الإشارة السالبة لقيم الجهد تدل على أن شحنة الموصل سالبة، وعند حساب المجال يعوض بدون الإشارة)
.9	ب. 14.8cm^2	$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_\circ} = \frac{\sigma A}{\varepsilon_\circ}$ $5.00 = \frac{3\times 10^4 \times 10^{-12}}{8.85\times 10^{-12}} A$ $A = \frac{5.00\times 8.85}{3\times 10^4} = 14.8\times 10^{-4}\text{m}^2 = 14.8\text{cm}^2$
.10	أ. $a = b < c < d$	المواسعان $(b،a)$ متساويان في الشحنة لأنهما يتصلان على التوالي، ووشحنة كل منهما أقل من شحنة (c) لأن جهده يساوي مجموع جهديهما، وشحنة (d) تساوي الشحنة المكافئة للمواسعات (a, b, c)

2. نحسب مواسعة المواسع الواحد:

$$C_{parallel} = nC \Longrightarrow C = \frac{6}{3} = 2\mu\text{F}$$

للحصول على مواسعة $(3\mu\text{F})$ نصل مواسعين على التوالي مع المواسع الثالث على التوازي.



للتحقق:

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Rightarrow C_{1,2} = 1\mu\text{F}$$
$$C = C_{1,2} + C_3 = 1 + 2 = 3\mu\text{F}$$

3. أ. نصف قطر الكرة:

$$E = k\frac{Q}{r^2} = \frac{1}{r}\times\left(k\frac{Q}{r}\right)$$
$$E = \frac{V}{r} \Rightarrow r = \frac{54}{30} = 1.8\text{m}$$
$$r = 4R \Rightarrow R = \frac{1.8}{4} = 0.45\text{m} = 45\text{cm}$$

ب. لحساب الشغل نستخدم العلاقة:

$$W_{\text{X}\to\text{Y}} = -q(V_{\text{Y}} - V_{\text{X}})$$

نحسب أولا جهد النقطة(Y):

$$V_{\text{X}} = k\frac{Q}{4R} = 54$$

$$V_Y = k\frac{Q}{R} = 4V_X = 54 \times 4 = 216V$$

ثم نحسب الشغل:

$$W_{X\rightarrow Y} = -(-1.6 \times 10^{-19}) \times (216 - 54) = 2.6 \times 10^{-17}J$$

الوحدة الرابعة: التيار الكهربائي

أتأمل الصورة صفحة (139):

الطاقة الكهربائية التي تخزنها البطارية وقدرة الشاحن. (علمًا أنه توجد طريقة أخرى لوصف البطارية، هي سعة البطارية وتساوي حاصل ضرب التيار الذي نحصل عليه من البطارية في زمن سريان هذا التيار).

تجربة استهلالية صفحة (141): استقصاء العلاقة بين الجهد والتيار في موصل فلزي

التحليل والاستنتاج:

1. رسم أفضل خط مستقيم يمثل النقاط، بحيث يمر بمعظمها، وقد تنحرف بعض النقاط عن الخط المستقيم نتيجة بعض أخطاء القياس المتوقعة.
2. عند حساب ميل الخط المستقيم نحصل على قيمة ثابتة، ثم تحسب المقاومة بحساب مقلوب هذه القيمة؛ الذي يساوي مقدار مقاومة الموصل الفلزي، وأكهذه القيمة، وتكرر هذه الخطوة للمقاومات الثلاث.
3. يجب أن تكون المقاومة الفلزية ثابتة، ولكل مقاومة قيمة مختلفة عن الأخرى. وإذا ظهر في النتائج أي اختلاف في قيمة المقاومة الواحدة، فإن ذلك يكون ناتج عن أخطاء تجريبية.
4. عند استخدام مواد لا أومية فإن النسبة بين الجهد والتيار لن تبقى ثابتة عند تغيير قيم الجهد.

الصفحة (144)

أتحقق

في الموصلات الأومية تكون العلاقة بين فرق الجهد والتيار خطًا مستقيمًا، بينما في المواد اللاأومية لا تكون هذه العلاقة خطًّا مستقيمًا.

التجربة 1 صفحة (145): استنتاج العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية لموصل

التحليل والاستنتاج:

1. العلاقة بين طول الموصل ومقاومته طردية، فعند زيادة طول الموصل حسب القيم المحددة في خطوات التجربة، تزداد المقاومة بالنسب نفسها.

2. العلاقة بين مساحة مقطع الموصل ومقاومته عكسية، فعند زيادة نصف القطر تزداد مساحة المقطع وتقل المقاومة.

3. عندما تتشابه الأسلاك في أبعادها الهندسية (الطول ومساحة المقطع)، فإن 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 تزيد من طول مسار الشحنات وتزيد من عدد التصادمات، فتزداد المقاومة. زيادة مساحة المقطع تزيد من عدد الإلكترونات الحرة التي تعبر مقطع الموصل في الثانية الواحدة فتقل المقاومة. أما اختلاف نوع المادة فيغير من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار في وحدة الحجم من الموصل.

5. عند زيادة مقدار التيار المار في الموصل تزداد التصادمات فترتفع درجة حرارة الموصل، وهذا يزيد من سعة اهتزاز ذرات المادة فتزداد التصادمات مرة أخرى مما يزيد من مقدار المقاومة.

الصفحة146:

أفكر

سلك التسخين مُصمم لتوليد طاقة حرارية كبيرة بينما سلك التوصيل مصمم لنقل التيار الكهربائي، فيصنع سلك التسخين من النيكروم، وهي مادة ذات مقاومية عالية مقارنة مع مقاومية النحاس الذي تصنع منه أسلاك التوصيل. لذلك تواجه الإلكترونات ممانعة كبيرة لحركتها عند مرورها عبر سلك النيكروم وتفقد مقدار كبيرا من طاقتها الكهربائية التي تتحول إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة السلك حتى الإحمرار، بينما تنتقل الإلكترونات بسهولة عند مرورها عبر سلك النحاس، لذلك لا يسخن السلك، أو قد يسخن بشكل طفيف.

الصفحة (147):

أتحقق

المقاومة هي ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، وتعتمد على نوع الموصل وأبعاده. بينما المقاومية هي ممانعة وحدة الحجوم من الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، وهي صفة نوعية للمادة تعتمد على نوعها فقط (عند درجة حرارة معينة).

الصفحة (148):

أفكر

العلاقة بين حركة كل من الإلكترونات والشحنات الموجبة

داخل البطارية، تبذل البطارية شغلا على الإلكترونات الحرة لنقلها من القطب الموجب الأعلى جهدا إلى القطب السالب الأقل جهدا، أما الشحنات الموجبة (الافتراضية) فقد اصطُلح على أن البطارية تبذل شغلا لنقلها من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية لينسجم ذلك مع اتجاه التيار الاصطلاحي الذي يسري في الدارة الخارجية من قطب البطارية الموجب إلى قطبها السالب.

الصفحة (148):

أفكر

أ. عند توليد القوة الدافعة الكهربائية تتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية.

ب. عند استهلاك جزء من طاقة البطارية بسبب المقاومة الداخلية لها، تتحول الطاقة من كهربائية إلى حرارية.

الصفحة(148):

أتحقق

القوة الدافعة الكهربائية للبطارية كأنها مضخة للشحنات؛ فالشغل الذي تبذله البطارية تكتسبه الشحنات على شكل طاقة وضع كهربائية عند حركتها داخل البطارية.

الصفحة 149

تمرين

$$\Delta V_{\varepsilon} = \varepsilon - Ir = 12 - (4 \times 0) = 12 \text{ V}$$

الصفحة 150

مراجعة الدرس الأول

1. المقاومة مقياس لممانعة الموصل لسريان تيار كهربائي فيه.
تعتمد مقاومة الموصل الفلزي عند درجة حرارة ثابتة على ثلاثة عوامل: الطول ومساحة المقطع والمقاومية؛ فالمقاومة تتناسب طرديًا مع طول الموصل وعكسيًا مع مساحة مقطعه، وتختلف المقاومة باختلاف نوع المادة. وإذا اختلفت درجة حرارة الموصل تتغير مقاومته.

2. عند تفريغ البطارية يسري فيها تيار كهربائي، وعند شحنها يسري تيار كهربائي باتجاه معاكس، وفي الحالتين يواجه هذا التيار ممانعة المقاومة الداخلية للبطارية، فتتصادم الإلكترونات الحرة مع ذرات المادة الكيميائية المكونة للبطارية، فيزداد اهتزاز ذراتها وتسخن، فترتفع درجة حرارة البطارية.

.3

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

4. بارتفاع درجة الحرارة تزداد سعة اهتزاز ذرات الموصل، فتزداد التصادمات بين الإلكترونات وهذه الذرات وتزداد مقاومة الموصل الأومي، نتيجة لذلك يقل التيار الكهربائي فيه، أما فرق الجهد بين طرفيه فلا يتغير؛ لأنه يعتمد على جهد المصدر فقط.

5. زيادة الطول تزيد من طول مسار الشحنات؛ فيزداد عدد التصادمات بين الإلكترونات الحرة وذرات الموصل، وتزداد المقاومة الكهربائية له.

.6

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

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

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

.7

أ. قراءة الأميتر:

$$V = \varepsilon - Ir$$
$$10 = 12 - I \times 0.5$$

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

ب. فرق جهد المقاومة (R) يساوي فرق جهد البطارية والمفتاح مغلق، وبتطبيق العلاقة :

$$V = IR$$

$$10 = 4R \Rightarrow R = \frac{10}{4} = 2.5\ \Omega$$

.8

.1	(ج) 18 C	$Q = I\Delta t = 10 \times 10^{-3} \times 30 \times 60 = 18\ \text{C}$
.2	(ج) غير خطية عند ثبات درجة الحرارة، وكذلك عند تغيرها.	غير خطية عند ثبات درجة الحرارة، وكذلك عند تغيرها. لأن المقاومة تتغير بتغير فرق الجهد، حتى لو كانت درجة الحرارة ثابتة.
.3	(ب) $(R_1 = 2R_2)$	$R_1 = \frac{\rho L}{\pi r^2}$ $R_2 = \frac{2\rho L}{4\pi r^2} = \frac{1}{2} R_1$ $R_1 = 2R_2$
.4	(ج) المادتان (B) و (C) موصلات أومية، والمادة (A) لا أومية.	
.5	(ب) يزداد (V) وينقص (I)	بزيادة مقدار المقاومة المتغيرة ينقص كقدار التيار الكلي في الدارة، وينقص مقدار الهبوط في الجهد داخل البطارية، وبذلك يزداد فرق الجهد بين قطبي البطارية، حسب العلاقة $(V = \varepsilon - Ir)$.

الدرس الثاني: الدارة البسيطة والقدرة الكهربائية

الصفحة (155):

أتحقق

تشير المعادلة $(I\varepsilon = I^2 r + I^2 R)$ إلى أن القدرة المنتجة في البطارية تساوي مجموع القدرة المستهلكة في مقاومات الدارة المغلقة. وهذا يعني أن مجموع الطاقة المنتجة في الثانية الواحدة تساوي مجموع الطاقة المستهلكة في الثانية الواحدة، أي أن الطاقة محفوظة.

الصفحة (157):

تمرين

$$\varepsilon = I(r+R)$$
$$20 = 2(1.5+R)$$
$$R = \frac{20-3}{2} = 8.5\ \Omega$$
$$P = I^2R = 4\times 8.5 = 34\ \mathrm{W}$$

الصفحة(158)

مراجعة الدرس الثاني

1. القدرة : المعدل الزمني للشغل المبذول.

الواط: قدرة جهاز كهربائي يستهلك طاقة كهربائية بمقدار (1 J) كل ثانية.

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

$$P_B = \frac{V^2}{R_B}$$

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

.3

أ) الطاقة التي تنتجها البطارية تساوي حاصل ضرب القدرة في الزمن:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{36}{10+2} = 3\ \mathrm{A}$$
$$E_\varepsilon = P_\varepsilon \Delta t = I\varepsilon\Delta t = 3\times 36\times 5\ \mathrm{min}\times\frac{60\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{min}} = 32400\ \mathrm{J}$$

ب) الطاقة المستهلكة في كل مقاومة:

$$E_r = P_r\Delta t = I^2r\Delta t = 9\times 2\times 5\ \mathrm{min}\frac{60\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{min}} = 5400\ \mathrm{J}$$
$$E_R = P_R\Delta t = I^2R\Delta t = 9\times 10\times 5\ \mathrm{min}\frac{60\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{min}} = 27000\ \mathrm{J}$$

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

4. المدة الزمنية لعملية الشحن:

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

أ) تيار الشحن:

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

ب) 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. بالاعتماد على التمثيل البياني:

أ. القوة الدافعة الكهربائية للبطارية تساوي: $(\varepsilon = 8\ \text{V})$

ب. المقاومة الداخلية (r) تساوي: $(r = \frac{8-6}{1.6} = 1.25\ \Omega)$

ج. المقاومة الخارجية (A) تساوي: $(R_A = \frac{6-4}{1.6} = 1.25\ \Omega)$

د. المقاومة الخارجية (B) تساوي: $(R_A = \frac{4-0}{1.6} = 2.5\ \Omega)$

6.

.1	(ج) 6 V	$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} = \frac{15}{4+6} = 1.5\ \text{A}$ $V_{R1} = IR_1 = 1.5 \times 4 = 6\ \text{V}$
.2	(أ) 22.5 W	$P = VI$ $V_{r1} = 3\ \text{V} \rightarrow P_{r1} = 3 \times 1.5 = 4.5\ \text{W}$ $V_{r2} = 3\ \text{V} \rightarrow P_{r2} = 3 \times 1.5 = 4.5\ \text{W}$ $V_{R1} = 9\ \text{V} \rightarrow P_{R1} = 9 \times 1.5 = 13.5\text{W}$ $P = 4.5 + 4.5 + 13.5 = 22.5\ \text{W}$
.3	(ج) القدرة الكهربائية للبطارية	
.4	(أ) 4.8 JD	$cost = I \times V \times \Delta t \times price$ $= 5 \times 240 \times \frac{1}{1000} \times 20 \times 0.2 = 4.8\ \text{JD}$

.5	(د) 7.5 h	$E = I \times V \times \Delta t \longrightarrow 0.054 = 2 \times 3.6 \times \frac{1}{1000} \times \Delta t$ $\Delta t = \frac{54}{7.2} = 7.5\ \text{h}$

الصفحة (160):

أتحقق

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.

الصفحة(161):

أفكر

لا تتغير الإضاءة؛ لأن التيار المار فيه لا يتغير بعد فصل المصباح الأول.

وتفسير ذلك؛ أن المصباحان موصلان مع البطارية على التوازي؛ وبما أن جهد البطارية المثالية ثابت، فإن جهد المصباح الثاني يبقى ثابت بوجود المصباح الأول وبعد فصله، فيبقى التيار المار فيه ثابت.

تجربة 2 صفحة (164): استقصاء قاعدتي توصيل المقاومات / توالي توازي

التحليل والاستنتاج:

1. ربما تظهر بعض الاختلافات بين القيمة المحسوبة والقيمة التجريبية بسبب وجود أخطاء القياس.
2. يكون التحقق العملي من قاعدتي جمع المقاومات عن طريق الوصول بالتجربة والقياس العملي إلى قيمة قريبة جدًا من القيمة المحسوبة.
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 مع قيمتها، ومجموع هذه التيارات الفرعية يساوي التيار الكلي.

الصفحة (165):

أتحقق

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؛ فإن كمية الشحنة التي تعبر نحو هذه النقطة تساوي كمية الشحنة التي تخرج منها.

الصفحة(166):

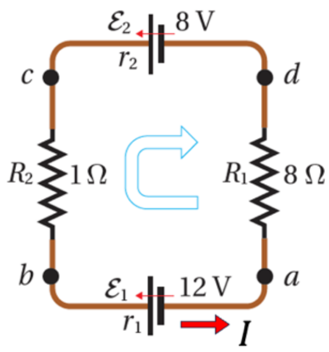
أتحقق

قاعدة كيرتشوف الثانية تتضمن تطبيق قانون حفظ الطاقة، فعند حركة الشحنة من نقطة محددة والعودة إليها، يكون التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة صفرا، ما يعني أن مجموع الطاقة التي تنتجها البطاريات في العروة أثناء فترة زمنية معينة يساوي مجموع الطاقة التي تستهلكها المقاومات في الفترة الزمنية نفسها.

الصفحة(167):

تمرين

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



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

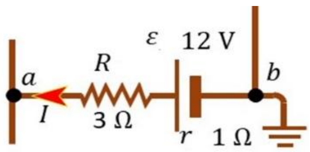
أستنتج من الإشارة السالبة أن اتجاه التيار بعكس الاتجاه المفترض؛ فهو يسري في الدارة مع اتجاه عقارب الساعة. (كما في حل المثال؛ عندما افترضت اتجاه العبور بنفس الاتجاه المفترض للتيار).

وأستنتج أن اتجاه التيار الحقيقي لا يعتمد على الاتجاهات المفترضة.

الصفحة(169):

تمرين

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



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

الصفحة (170):

مراجعة الدرس الثالث

.1

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

ب)

	التوالي	التوازي
المقاومة المكافئة	المقاومة الكلية تساوي مجموع المقاومات.	مقلوب المقاومة الكلية يساوي مجموع مقلوب المقاومات.
فرق الجهد	فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فروق جهود المقاومات.	فرق الجهد الكلي يساوي فرق الجهد لكل مقاومة.
التيار	التيار الكلي يساوي التيار الذي يسري في كل مقاومة.	التيار الكلي يساوي مجموع التيارات الفرعية.

.2 يوصل المصباحان الأماميان في السيارة مع البطارية على التوازي، فيحصل كل مصباح على جهد (12 V) مساويًا جهد البطارية، وعند حدوث تلف في أحدهما يبقى المصباح الآخر يعمل.

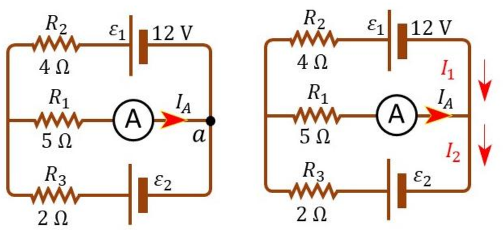
.3 ينتقل التيار عبر المقاومة من منطقة الجهد المرتفع إلى منطقة الجهد المنخفض، وعند عبورنا المقاومة باتجاه التيار فيها فنحن ننتقل مثل التيار من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض، أي إن التغير في الجهد الذي نواجهه في أثناء ذلك يكون هبوطًا في الجهد (تغيرًا سالبًا).

.4

$$R_{23} = R_2 + R_3 = 6 + 12 = 18\ \Omega$$
$$\frac{1}{R_{231}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{18} = \frac{10}{18}$$
$$R_{eq} = 1.8\ \Omega$$
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{9}{1.8 + 0.2} = 4.5\ \text{A}$$

.5

أ) أفترض أن التيار (I_1) يسري في العروة العليا باتجاه عقارب الساعة وأعبر العروة من نقطة التفرع (a) المجاورة للاميتر بعكس اتجاه 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 أن اتجاه التيار عكس المفترض؛ أي عكس عقارب الساعة، لإكمال الحل أعوض القيمة المحسوبة (السالبة) للتيار (I_1).

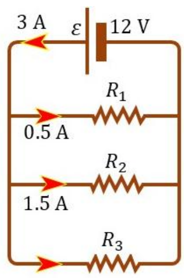
$$I_2 = I_A + I_1 = 2 + (-0.5) = 1.5\ \text{A}$$

ب) أفترض أن التيار (I_2) في العروة السفلى خارج من نقطة التفرع (a)، أي مع اتجاه عقارب الساعة، وسوف أفترض الحركة مع عقارب الساعة.

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a \ \rightarrow\ \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$\Sigma\,\Delta V = \varepsilon_2 - I_2 R_3 - I_A R_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - 1.5(2) - 2(5) = 0$$
$$\varepsilon_2 = 13\ \text{V}$$

.6

أ) التيار (I_2) الذي يسري في المقاومة (R_3):



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$
$$I_3 = I - (I_1 + I_2) = 3 - 2 = 1$$

ب) فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية (12 V).

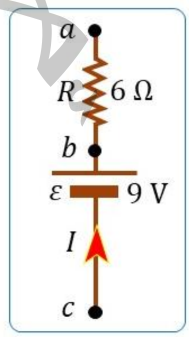
$$R_1=\frac{V}{I_1}=\frac{12}{0.5}=24\ \Omega,\ \ R_2=\frac{12}{1.5}=8\ \Omega,\ \ R_3=\frac{12}{1}=12\ \Omega$$

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



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

$$V_a+IR=V_b\ \rightarrow\ I(6)=V_b-V_a=15\ \text{V}$$

$$I=\frac{15}{6}=2.5\ \text{A}$$

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

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

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

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

.8

.1	$(\frac{I_P}{I_S}=n^2)$ (أ)	$R_P=\frac{R}{n}$, $R_S=nR$, $I_P=\frac{Vn}{R}$, $I_S=\frac{V}{nR}$ $\frac{I_P}{I_S}=\left(\frac{Vn}{R}\right)\div\left(\frac{V}{nR}\right)=\left(\frac{Vn}{R}\right)\times\left(\frac{nR}{V}\right)=n^2$
.2	(د) 1.0	$V_b-4I+7=V_a$ $V_b-V_a+7=4I\ \rightarrow 1+7=4I$ $I=\frac{8}{4}=2\ \text{A}$ $r=\frac{\varepsilon-V}{I}=\frac{9-7}{2}=1.0\ \Omega$
.3	(ج) من (a) إلى (b)، ويساوي (2 A)	نفترض أن التيار من (b) إلى (a). $V_b+3-(1+5)\times I=V_a$ $2+3-(1+5)\times I=17$ $I=\frac{5-17}{6}=-2$ الإشارة السالبة تعني أن التيار عكس المفترض؛ أي من (a) إلى (b).

.4	6 (أ)	$V_b + 12 - (2 \times 3) = V_a$ $V_b - V_a = 6 - 12 = -6\ \text{V}$ $V_b + \varepsilon_3 = V_a \ \longrightarrow\ -\varepsilon_3 = -6 \ \longrightarrow\ \varepsilon_3 = 6\ \text{V}$
.5	(ب) 0.5 من (a) إلى (b)	$V_b + 4 - (4 \times I) = V_a$ $V_b - V_a = -4 + 4I = -6\ \text{V}$ $I = \dfrac{-6+4}{4} = -0.5\ \text{A}$

الصفحات (173−176)

مراجعة الوحدة

.1

.1	(د) تعتمد على نوع المادة وليس على أبعاد الموصل الهندسية	
.2	(أ) (V_b) أعلى من (V_a)، وبزيادته يزداد التيار (I)	حتى يسري تيارمن (b) إلى (a) يجب أن يكون: $(V_b > V_a)$.
.3	(ب) $2\ \Omega$	فرق المقاومة (R_1) يساوي القوة الدافعة للبطارية $(V_{R1} = \varepsilon)$: $R_1 = \dfrac{V_{R1}}{I} = \dfrac{9}{1.5} = 6\ \Omega$ $\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} = \dfrac{1}{6} + \dfrac{1}{3} = \dfrac{3}{6} \longrightarrow R = 2\ \Omega$
.4	(ج) $2\ \Omega$	$r = \dfrac{12-9}{1.5} = 2.0\ \Omega$
.5	(أ) $3.2\ \text{V}$	$V_b - \varepsilon + IR = V_a$ $V_b - V_a = \varepsilon - IR = 8 - (1.2 \times 4) = 8 - 4.8$ $= 3.2\ \text{V}$
.6	(ج) مساحة مقطع السلك	زيادة الميل تعني نقصان المقاومة، وزيادة مساحة مقطع السلك هي التي تنقص مقاومته.
.7	(ب) 2.4×10^{-19}	$W = Q\varepsilon = 1.6 \times 10^{-19} \times 1.5 = 2.4 \times 10^{-19}\text{J}$
.8	(ب) 26.8	$R_N = R_T \ \longrightarrow\ \dfrac{\rho_N L_N}{A} = \dfrac{\rho_T L_T}{A}$ $\dfrac{\rho_N L_N}{A} = \dfrac{\rho_T L_T}{A} \ \longrightarrow\ \dfrac{L_T}{L_N} = \dfrac{\rho_N}{\rho_T} = \dfrac{150 \times 10^{-8}}{5.6 \times 10^{-8}}$ $= 26.8$

.9	(ب) $1\,\Omega$	$\varepsilon = I_1 r + I_1 R_1 = 0.4\,r + 0.8$ $\varepsilon = I_2 r + I_2 R_2 = 0.2\,r + 1.0$ $0.4\,r + 0.8 = 0.2\,r + 1.0 \;\longrightarrow\; r = 1\,\Omega$
.10	(أ) $(V_1 = 4.8\text{ V})$ ،$(V_2 = 7.8\text{ V})$	$V_1 = IR_1 = 0.6 \times 8 = 4.8\text{ V}$ قراءة (V_2) تساوي فرق جهد البطارية ويساوي مجموع فرق جهد المقاومتين: $V_2 = I(R_1 + R_1)$ $=0.6 \times (8+5) = 7.8\text{ V}$
.11	(ج) $(250\text{ mA}, 4\,\Omega)$	$Ir = V_r \longrightarrow I = \frac{V_R}{r} = \frac{0.1}{0.4} = 0.25\text{ A} = 250\text{ mA}$ $IR = V_R \longrightarrow R = \frac{V_R}{I} = \frac{1.0}{0.25} = 4\,\Omega$
.12	(ج) 9 W	$I = \frac{\varepsilon}{2r} \longrightarrow P = (I)^2 r = \frac{\varepsilon^2}{4r} = 12$ $I' = \frac{\varepsilon}{4r} \longrightarrow P = (I')^2(3r) = \frac{\varepsilon^2}{16} \times 3$ $= \frac{12}{4} \times 3 = 9\text{ W}$
.13	(ج): عند هذه الدرجة وتحتها تصبح فائقة التوصيل	
.14	(ج) 12	باختيار الحلقة الكبيرة: $\varepsilon_1 - (2 \times 0.5) - (3 \times 2) - 5 = 0$ $\varepsilon_1 - 2.5 - 6 - 5 \longrightarrow \varepsilon_1 = 12\text{ V}$
.15	(د) 4	باختيار الحلقة اليمنى: $-(2 \times 0.5) - 5 + R(1.5) = 0$ $R = \frac{6}{1.5} = 4\,\Omega$

.2

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

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

$$= 73.7\text{ m}$$

.3 نحسب مجموع فرق الجهد بين طرفي المصباحين (B) و (C)

$$V_{Battery} = V_A + (V_B + V_C)$$
$$(V_B + V_C) = 12 - 4.8 = 7.2\ \text{V}$$
$$V_D = (V_Q - V_P) = 7.2\ \text{V}$$
$$V_B = V = \frac{1}{2}(V_Q - V_P) = \frac{1}{2} \times 7.2 = 3.6\ \text{V}$$

4. التيار الكهربائي المار في الدارة:

$$I = \frac{P_{source}}{V_{source}} = \frac{500}{200} = 2.5\ \ \text{A}$$

عندما يصل إلى الجهاز (95%) من القدرة المنتجة في المصدر، فإن القدرة المستهلكة في الأسلاك (5%) من القدرة المنتجة من المصدر، وتحسب من العلاقة الآتية:

$$P = \frac{5}{100} \times 500 = 25\ \text{W}$$

مقاومة السلك تحسب من العلاقة:

$$P = I^2R \Longrightarrow R = \frac{P}{I^2} = \frac{25}{(2.5)^2} = 4\ \Omega$$

بما أن مقاومة النحاس $(\rho = 1.7 \times 10^{-8}\Omega.\text{m})$، فإن مساحة مقطعه هذا السلك تحسب من العلاقة :

$$R = \frac{\rho L}{A} \Longrightarrow A = \frac{\rho L}{R} = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 400}{4} = 1.7 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$$
$$A = 1.7\ \text{mm}^2$$

.5

أ) التيار الكهربائي:

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

ب) القدرة الكهربائية:

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

ج) الطاقة المتحولة إلى حرارة خلال مدة الطهي:

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

د) عند استخدام فرق جهد (120 V):

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120}{30} = 4\ \text{A}$$
$$P = IV = 4 \times 120 = 480\ \text{W}$$

$$E = P\Delta t = 480 \times 48 \times 60 = 1382400 \text{ J}$$

.6

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 20 + 30 + 40 = 90\ \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{36}{90} = 0.4 \text{ A}$$

$$V_1 = IR_1 = 0.4 \times 20 = 8 \text{ V}$$

$$V_2 = IR_2 = 0.4 \times 30 = 12 \text{ V}$$

$$V_3 = IR_3 = 0.4 \times 40 = 16 \text{ V}$$

.7 أ)

$$V_3 = 10 - (2.4 + 3.6) = 4 \text{ V}$$

$$I = \frac{V_3}{R_3} = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ A}$$

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{2.4}{0.8} = 3 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{V_1}{I} = \frac{3.6}{0.8} = 4.5 \text{ V}$$

ب):

$$I' = \frac{10}{r + R_1 + R_2 + R_3} = \frac{10}{1.78 + 3 + 4.5 + 5} = 0.7 \text{ A}$$

$$V_1{}' = I'R_1 = 0.7 \times 3 = 2.1 \text{ V}$$

$$V_2{}' = I'R_2 = 0.7 \times 4.5 = 3.15 \text{ V}$$

$$V_3{}' = I'R_3 = 0.7 \times 5 = 3.5 \text{ V}$$

.8

أ)

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

ب)

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

ج)

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

د) تكلفة الشحن، إذا كان سعر (1 kWh) هو (0.12 JD).

$$cost = E \times Price = P\Delta t \times Price$$

$$cost = 62.5\ \text{kW} \times 0.5\ \text{h} \times 0.12\ \text{JD/kWh} = 3.75\ \text{JD}$$

.9

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(240)^2}{1000} = 57.6\ \Omega$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow \frac{L}{A} = \frac{R}{\rho} = \frac{57.6}{1.50 \times 10^{-6}} = 3.84 \times 10^7$$

للحصول على مدفأة بهذه القدرة، باستخدام سلك من النيكروم؛ حيث مقاومية النيكروم محددة، يجب أن تكون نسبة طول السلك إلى مساحة مقطعه تساوي (3.84×10^7).

.10

التوصيل على التوالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 3R$$

$$P_{series} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{V^2}{3R}$$

التوصيل على التوازي:

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

$$P_{parallel} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{3V^2}{R}$$

النسبة بين القدرتين:

$$\frac{P_{series}}{P_{parallel}} = \frac{V^2}{3R} \div \frac{3V^2}{R} = \frac{V^2}{3R} \times \frac{R}{3V^2} = \frac{1}{9}$$

.11

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{5.6 \times 10^{-8} \times 5.0}{0.7 \times 10^{-6}} = 0.4\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{0.4} = 3.75\ \text{A}$$

.12

$$cost = E \times Price = P\Delta t \times Price$$

$$cost = 2.8\ \text{kW} \times 90\ \text{h} \times 0.15\ \text{JD/kWh} = 37.80\ \text{JD}$$

.13 المصباحان لهما فرق الجهد نفسه $(V_1 = V_2 = V)$، والعلاقة بين قدرتيهما:

$$P_1 = 3\,P_2$$

نسبة تيار الأول إلى تيار الثاني $(\frac{I_1}{I_2})$:

$$P_1 = I_1 V$$

$$P_2 = I_2 V$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1}{I_2} \Longrightarrow \frac{3P_2}{P_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = 3$$

نسبة مقاومة الأول إلى مقاومة الثاني $(\frac{R_1}{R_2})$:

$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{V}{3I_2}$$

$$R_2 = \frac{V}{I_2}$$

$$R_1 = \frac{1}{3}R_2 \Longrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$$

.14

$$P = I^2 r \rightarrow I^2 = \frac{P}{r} = \frac{2.7}{0.3} = 9 \rightarrow I = 3\ \text{A}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

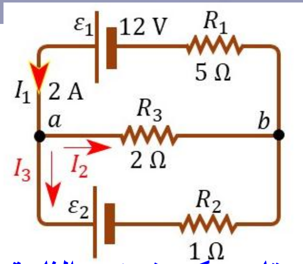
$$3 = \frac{9}{R + 0.3}$$

$$R + 0.3 = 3 \rightarrow R = 3 - 0.3 = 2.7\ \Omega$$

.15

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

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



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

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_a$$
$$\Sigma\, \Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-\varepsilon_1 + I_1 R_1 + I_2 R_3 = 0$$
$$-12 + (2 \times 5) + I_2(2) = 0$$
$$2\, I_2 = 12 - 10 = 2$$
$$I_2 = 1\text{ A}$$

ب) لإيجاد القوة الدافعة الكهربائية (ε_2)، أحسب أولا التيار (I_3):

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

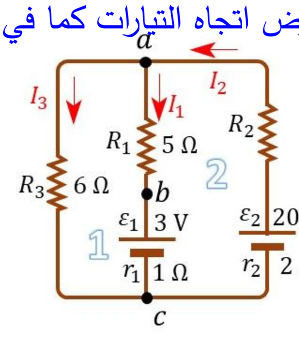
ثم أتحرك في العروة السفلى من النقطة (a) باتجاه عقارب الساعة:

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_a$$
$$-I_2 R_3 + I_3 R_2 + \varepsilon_2 = 0$$
$$-(1 \times 2) + (1 \times 1) + \varepsilon_2 = 0 \ \rightarrow \ \varepsilon_2 = 1\text{ V}$$

.16

أ) معتمدًا على فرق الجهد بين النقطتين (b, c)، وهي: $V_b - V_c = 4\text{ V}$

أفترض اتجاه التيارات كما في الشكل، وأتحرك عبر البطارية من (c) إلى (b) لحساب (I_1):



$$V_c + \Sigma\Delta V = V_b \ \rightarrow$$
$$V_c + \mathcal{E}_1 + I_1 r_1 = V_b$$
$$3 + I_1(1) = (V_b - V_c)$$
$$3 + I_1 = 4$$
$$I_1 = 1\text{ A}$$

الإشارة الموجبة تعني أن التيار يمر في البطارية بالاتجاه المفترض (من b إلى c).

لحساب (I_3)، أطبق قاعدة كيرتشوف الثانية على العروة الأولى رقم (1)، سأتحرك من النقطة (a) باتجاه عقارب الساعة:

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

$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-I_1R_1 - \varepsilon_1 - I_1r_1 + I_3R_3 = 0$$
$$-(1\times 5) - 3 - (1\times 1) + I_3(6) = 0$$
$$I_3 = \frac{9}{6} = 1.5\ \text{A}$$

لحساب (I_2)، أطبق قاعدة كيرتشوف الأولى:

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

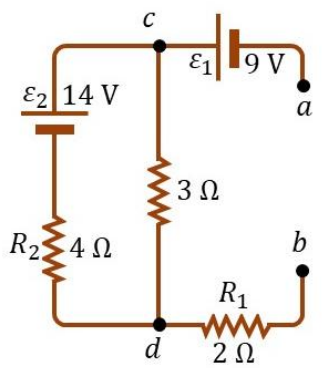
$$I_2 = I_1 + I_3 = 1 + 1.5 = 2.5\ \text{A}$$

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

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$I_2R_2 - \varepsilon_2 + I_2r_2 + \varepsilon_1 + I_1r_1 + I_1R_1 = 0$$
$$2.5(R_2) - 20 + (2.5\times 2) + 3 + (1\times 1) + (1\times 5) = 0$$
$$R_2 = \frac{6}{2.5} = 2.4\ \Omega$$

.17

عند انعدام التيار في (R_3)، يكون فرق الجهد بين النقطتين (c) و (d) صفرًا، لذلك:



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

نتعامل مع الدارة وكأنه لا توجد نقاط تفرع، أي أن تيار واحد يسري بين النقطتين (a) و (b). أتحرك من النقطة (a):

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

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

إجابات أسئلة التفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

السؤال الأول

.1	(د) D	لأن له أقل ميل عند هذه القيمة للجهد، أي يسري فيه أقل تيار .
.2	(د) يتناسب التيار عكسيًا مع (r^2) وطرديًا مع (l)	
.3	(ج) (240 V) و (0.72 kWh)	$P = \frac{V^2}{R} \longrightarrow V = \sqrt{PR} = \sqrt{1440 \times 40} = 240\ \text{V}$ $E = P\Delta t = 1.440 \times 0.5 = 0.72\ \text{kWh}$
.4	(ج) ($A_1 = 6.0$ A) و ($A_2 = 2.0$ A)	$\frac{1}{R'} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{2R} \longrightarrow R' = \frac{2R}{3}$ $I_1 = \frac{V}{R'} = \frac{IR}{R'} = \frac{4.0R}{(2R/3)} = \frac{12}{2} = 6.0\ \text{A}$ $I_2 = I_1 - I = 6.0 - 4.0 = 2.0\ \text{A}$
.5	(أ) 3.5 Ω	$V_{R2} = 1.6 - 0.48 = 1.12\ \text{V}$ $I_{R2} = 0.64 - 0.32 = 0.32\ \text{A}$ $R_2 = \frac{V_{R2}}{I_{R2}} = \frac{1.12}{0.32} = 3.5\ \Omega$
.6	A (أ)	القوة الدافعة الكهربائية تساوي فرق الجهد عند ($I = 0$)، أي تساوي (A).
.7	(ب) سالب الميل	ميل الخط المستقيم: $slope = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$ قراءة الفولتميتر $V_2 = \varepsilon - I_2 r$ $V_1 = \varepsilon - I_1 r$ $V_2 - V_1 = -r(I_2 - I_1)$ $\frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} = -r = slop$
.8	(د) (12 V)	$I = \frac{\varepsilon}{\Sigma R + r} = \frac{\varepsilon}{R + 7R + 2R} = \frac{\varepsilon}{10R}$ $V = \varepsilon - Ir \rightarrow 10.8 = \varepsilon - \left(\frac{\varepsilon}{10R}\right) R$ $10.8 = \varepsilon\left(1 - \frac{1}{10}\right) = \longrightarrow \varepsilon = 12\ \text{V}$
.9	(ج) $P_3 > P_2 > P_1$	التيار المار في المقاومة (R_3) يساوي التيار المار في المقاومتين (R_1, R_2)، لأن ($R_3 = R_1 + R_2$).

		$V_3 = IR_3 = 3IR$ $V_2 = IR_2 = 2IR$ $V_1 = IR_1 = IR$ $V_3 > V_2 > V_1 \longrightarrow P_3 > P_2 > P_1$
.10	(د) $1 > 2 = 3 = 4$	المصابيح (2,3,4) موصولة على التوازي وتكون تياراتها متساوية، المصباح (1) موصول على التوالي وتياره يساوي مجموع التيارات الثلاثة.
.11	(أ) 3.8	$V_b + 5.4 - 3I = V_b \longrightarrow 4 + 5.4 + 2 = 3I \longrightarrow I = 3.8\text{ A}$
.12	(ب) 0.75	$I_1 = I - 3 = 3.8 - 3 = 0.8\text{ A}$ $r = \frac{6 - 5.4}{0.8} = 0.75\ \Omega$

.2

أ) كمية الشحنة الكهربائية الكلية التي تنتقل بين السحابتين:

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

ب) التيار الكهربائي الذي يسري في الهواء:

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

ج) القدرة الكهربائية:

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

.3

أ) نسبة مساحتي السلكين:

$$R_x = \frac{\rho l_x}{A_x} \Longrightarrow A_x = \frac{\rho l_x}{R_x} = \rho\left(\frac{1}{slope_x}\right)$$

$$R_y = \frac{\rho l_y}{A_y} \Longrightarrow A_y = \frac{\rho l_y}{R_y} = \rho\left(\frac{1}{slope_y}\right)$$

$$\frac{A_x}{A_y} = \frac{slope_y}{slope_x} = \frac{10}{0.6} \div \frac{20}{0.6} = \frac{10}{0.6} \times \frac{0.6}{20} = 0.5$$

ميل الخط المستقيم $(slope = \frac{R}{l})$، والمقاومة تعى بالعلاقة :

ب) من المنحنى يتضح أن مقاومة السلك (X) أكبر من مقاومة السلك (Y) عند تساوي الطول، وعند وصلهما مع بطارية على التوالي سوف يمر فيهما التيار نفسه، ووفقا للعلاقة $(P = I^2R)$ فإن القدرة تتناسب طرديا مع المقاومة بثبوت التيار فتكون الطاقة المستهلكة في السلك (X) أكبر.

ج.عند وصل قطعتين من السلكين مع بطارية على التوازي يكون للقطعتين فرق الجهد نفسه، فإذا تساوى تياراهما فهذا يعني أن مقاومتيهما متساويتان؛ $(R_x = R_y)$، وبما أن $(A_y = 2A_x)$، ولهما المقاوميّة نفسها، فإن:

$$R_x = R_y$$
$$\frac{\rho l_x}{A_x} = \frac{\rho l_y}{A_y}$$
$$\frac{l_x}{A_x} = \frac{l_y}{2A_x} \Longrightarrow l_y = 2l_x$$

4.المقاومة الداخلية للبطارية:

من القيم $(2\Omega, 3V)$:

$$V_R = IR \rightarrow I = \frac{V_R}{R} = \frac{3}{2} = 1.5\text{ A}$$
$$V_\mathcal{E} = \mathcal{E} - Ir$$
$$3 = \mathcal{E} - 1.5\,r \rightarrow \mathcal{E} = 3 + 1.5\,r \dots\dots\dots (1)$$

من النقطة $(4\,\Omega, 4V)$:

$$V_R = IR \rightarrow I = \frac{V_R}{R} = \frac{4}{4} = 1\text{ A}$$
$$V_\mathcal{E} = \mathcal{E} - Ir$$
$$4 = \mathcal{E} - 1 \times r \rightarrow \mathcal{E} = 4 + r \dots\dots\dots.(2)$$

بمساواة المعادلتين:

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

القوة الدافعة الكهربائية:

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