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

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

من النقطة (2, 3):

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

بمساواة المعادلتين:

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

ج. القوة الدافعة الكهربائية:

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

**3. خصائص الموصل**

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

## إجابات الوحدة 4: المجال المغناطيسي

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

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

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

1. تنتقل الأشعة المهبطية من القطب السالب في الأنبوب إلى القطب الموجب، وهي غير مرئية لكن تصادمها مع ذرات الغاز داخل الأنبوب يُهيّج الذرات فتصدر عنها أشعة مرئية.

2. عند زيادة ضغط الغاز داخل الأنبوب، نعني زيادة عدد ذرات الغاز مما يزيد من حالات تصادم الأشعة المهبطية مع الذرات وفقدانها للطاقة، ولا يمكنها الوصول إلى القطب الموجب، لذلك يجب تخفيض الضغط داخل الأنبوب.
3. عند تقريب مغناطيس من مسار أشعة المهبط تنحرف عن مسارها، لأنها جسيمات مشحونة (إلكترونات) فتتأثر بقوة تتعامد مع اتجاه حركتها ومع اتجاه المجال المغناطيسي، وعند تغيير القطب الآخر، تنعكس خطوط المجال، فينعكس اتجاه القوة المغناطيسية، ويتحول انحراف الأشعة نحو الجهة الأخرى.
4. أحدد اتجاه المجال المغناطيسي معتمدًا على نوع القطب المغناطيسي الذي جرى تقريبه من الأنبوب، واتجاه الأشعة المهبطية يكون من القطب السالب (المهبط) إلى القطب الموجب (المصعد). واستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية.

---

**الوحدة 4/ الدرس الأول: القوة المغناطيسية**

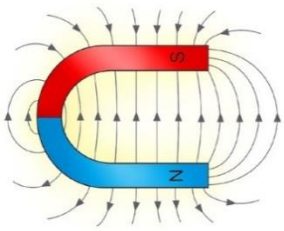
**أتحقّقُ ص(110):**

القوة المغناطيسية قوة تأثير عن بُعد، حيث يؤثر المجال المغناطيسي في الجسيمات المشحونة وفي المغانط الأخرى دون أن يحدث تلامس بينها.

**أتحقّقُ ص(111):**

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

**تمرين ص(5):** أرسم خطوط المجال المغناطيس لمغناطيس على شكل حرف (U). المبين بالرسم.



**أفكر ص (113):**

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

**أتحقق ص(114):**

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

**أفكر ص(115):**

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

**أتحقق ص(115):**

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

**أفكر ص(117):**

لماذا تجري زيادة المجال المغناطيسي في السينكروترون كلما زاد الزخم الخطي للجسيمات المتسارعة فيه.

بزيادة الزخم الخطي للجسيم المشحون تزداد سرعته، وهذا يتطلب قوة مركزية أكبر لإبقاء الجسيم محافظًا على حركته الدائرية من دون زيادة في نصف القطر، لذلك يجب زيادة المجال المغناطيسي.

**أتحقق ص(117):**

يستخدم مطياف الكتلة لقياس كتل الجُسيمات الذريّة لتحديد مكوّنات عيّنةٍ مجهولة، والسنكروترون يستخدم لتسريع الجُسيمات المشحونة مثل الإلكترون، والبروتون، والأيونات إلى سرعاتٍ عالية؛ لاستخدامها في الأبحاث العلمية.

وظيفة المجال المغناطيسي في مطياف الكتلة تحريك الجسيمات المشحونة حركة دائرية، وفي السينكروترون للمجال المغناطيسي وظيفتان؛ تغيير مسار الجسيمات لإبقائها في مسار حلقي (قد يكون دائري)، ثم تسريع الالكترونات عن طريق تغيير اتجاه سرعتها الأمر الذي يؤدي الى انتاج موجات كهرومغناطيسية.

**أتحقّقُ ص(119):**

عندما يسري فيه تيار كهربائي ويكون متجه طول الموصل غير موازٍ لاتجاه خطوط المجال، أو عندما يتحرك الشريط نفسه بسرعة باتجاه لا يوازي خطوط المجال.

---

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

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

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

**أتحقق ص(121):**

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

**أتحقّقُ ص(123):**

في الشكل (أ) لا يوجد عزم دوران الزاوية بين $\boldsymbol{B}$ و $\boldsymbol{\mu}$ تساوي. (ب) يكون العزم قليلًا، لأن الزاوية $\boldsymbol{B}$ و $\boldsymbol{\mu}$ صغيرة (الزاوية بين متجه العزم المغناطيسي للحلقة واتجاه المجال)، ويكون مع اتجاه عقارب الساعة، أما في الشكل (ج) فالعزم كبير لأن الزاوية قريبة من القائمة، واتجاه العزم عكس اتجاه عقارب الساعة.

---

**الوحدة 4/ مراجعة الدرس الأول ص(126)**

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

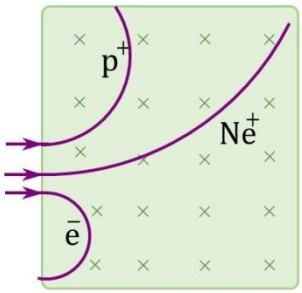
خصائص خطوط المجال المغناطيسي:

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

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

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

4. الجسيمات الثلاثة متساوية في الشحنة والسرعة، لذلك تتأثر بقوى متساوية، الإلكترون سالب الشحنة فينحرف (حسب اتجاه السرعة والمجال المبين بالرسم) مع اتجاه عقارب الساعة. أما البروتون وأيون الصوديوم فإن شحنتيهما موجبتان، وينحرفان عكس اتجاه عقارب الساعة. وحيث أن أيون الصوديوم أكبرها كتلة فيكون لمساره أكبر نصف قطر، كما في الشكل.




5. أجيب عن السؤالين...

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

6. **أحسب:**

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

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

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

7. معتمدًا على العلاقة: $\tau = IAB\sin\theta$، أجد أن عزم الدوران يتناسب طرديًا مع كل من التيار الكهربائي ومساحة الملف ومقدار المجال المغناطيسي (علمًا أن جيب الزاوية بين متجه مساحة الملف ومتجه المجال المغناطيسي يتغير خلال الدورة الواحدة)، وهذه العوامل تؤثر في سرعة دوران المحرك الكهربائي، لأن سرعة دورانه تحدث بتأثير عزم الدوران.

---

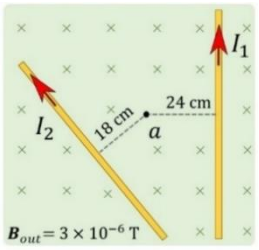
**الوحدة 4/ الدرس الثاني: المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي.**

**أتحقق ص(128):**

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

**تمرين ص(130):**

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




$$B_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.24} = 5 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.18} = 6.7 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

$$B_3 = 3 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

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

$$B = B_1 - B_2 - B_3 = 5 \times 10^{-6} - 6.7 \times 10^{-6} - 3 \times 10^{-6} = -4.7 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

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

**أتحقق ص(132):**

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

**أُفكّر ص(133):**

معتمدًا على العلاقة الرياضية لمجال الملف اللولبي:

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

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

**تمرين ص(133):**

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

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

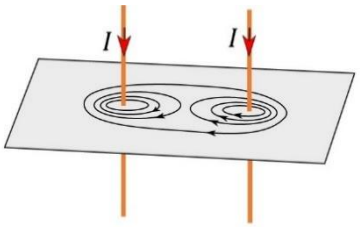
---

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

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

---

**أفكر ص(137)**




**الوحدة 4/ إجا (138**

1. **الفكرة الرئيسة:**

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

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

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

$$B_1 = B_2$$

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

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

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

4. **أقارن:**

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

اعتمادًا على العلاقتين الخاصتين بالملف الدائري والملف اللولبي، فإن العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد اللفات، نصف قطر الملف. والعوامل في الملف اللولبي، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد اللفات، طول الملف.

5. **أحسب:**

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

7. **أحسب:**

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

## إجابات مراجعة الوحدة 4 ص(140)

**السؤال الأول (أضع دائرة):**

1. ب) بزيادة السرعة وزيادة الشحنة.
2. أ) خطوط متوازية والمسافات بينها متساوية.
3. د) باتجاه محور $(-z)$، بعيداً عن الناظر.

4. د) نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته.

5. ب) بزيادة الكتلة ونقص المجال.

6. د) عند $(P)$ باتجاه $(+y)$، وعند $(Q)$ باتجاه $(-y)$.

**السؤال الثاني:**

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

**السؤال الثالث:**

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

$$F = \frac{\mu_\circ I_1 I_2 L}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12 \times 40 \times 1}{2\pi \times 0.1} = 9.6 \times 10^{-4}\ \text{N}$$

ب) المجال المحصل:

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

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

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

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

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

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

**السؤال الرابع:**

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

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

ب) المجال على سطح الأرض ويكون باتجاه الشمال أيضًا:

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

**السؤال الخامس:**

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

**السؤال السادس:**

لإيجاد سرعة الأيون بدلالة نصف قطر المسار الدائري:

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

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

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

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

**السؤال السابع:**

أضع الجسيم المشحون في حالة سكون، فإذا بدأ بالتسارع من السكون، فالمجال يكون كهربائيًا. لأن المجال المغناطيسي لا يؤثر في الجسيمات المشحونة الساكنة. مثال ذلك، أنبوب الأشعة المهبطية تتسارع فيه الإلكترونات الساكنة في المهبط عند تطبيق مجال كهربائي بين القطبين.

**السؤال الثامن:**

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

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

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

**السؤال التاسع:**

القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الاطوال من السلك:

$$F_B = IBL \sin\theta = 8 \times 0.15 \times 1 \times \sin 37 = 1.2 \times 0.6 = 0.72 \text{ N}$$

**السؤال العاشر:**

عزم الازدواج المؤثر في الملف:

$$\tau = NIAB \sin\theta = NI\,(\pi r^2)B\sin 30$$
$$\tau = 20 \times 12 \times 3.14 \times 0.0036 \times 0.4 \times 0.5 = 0.54 \text{ N.m}$$

**السؤال الحادي عشر:**

أ) المجال المغناطيسي الذي يجعل الشد صفرًا:

$$T = F_B - F_W = 0$$
$$F_W = F_B \rightarrow mg = IBL \rightarrow 0.06 \times 9.8 = 5 \times 0.45\, B$$
$$B = 0.26 \text{ T}$$

ب) مجموع الشد عندما ينعكس اتجاه المجال:

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

**السؤال الثاني عشر:**

القوة المتبادلة بين وحدة الاطوال للسلكين في السيارة:

$$F = \frac{\mu_\circ I\, I\, L}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 300 \times 300 \times 1}{2\pi \times 0.04} = 0.45 \text{ N}$$

**السؤال الثالث عشر:**

حسب اتجاه الانحراف، فإن الجسيمين $(a)$ و $(b)$ موجبا الشحنة، والجسيم $(c)$ متعادل، والجسيم $(d)$ سالب الشحنة. واعتمادًا على نصف قطر المسار فإن الترتيب التصاعدي للجسيمات حسب كتلها:

$$m_d < m_a < m_b$$

**السؤال الرابع عشر:**

المجال في مركز الملف الدائري:

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

**السؤال الخامس عشر:**

عزم الدوران الذي يؤثر في الحلقة:

$$\tau = NIAB \sin\theta = NIABsin\ 45$$
$$\tau = (100 \times 20\ \times 0.3 \times 0.71)A = 21.3\ \text{N.m}$$
$$A = \frac{21.3}{426} = 0.05\ \text{m}^2$$

**السؤال السادس عشر:**

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

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

**السؤال السابع عشر:**

أ) المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة $(a)$:

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.25} = 3.2 \times 10^{-6}\ \text{T}$$
$$B = B_1 + B_2 = 2 \times 10^{-6} + 3.2 \times 10^{-6} = 5.2 \times 10^{-6}$$

ب) القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل المستقيم:

$$F_B = IBL\sin\theta = 4 \times 2 \times 10^{-6} \times 0.6 \times 1 = 4.8 \times 10^{-6}\ \text{N}$$

ج) القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في الجسيم المشحون:

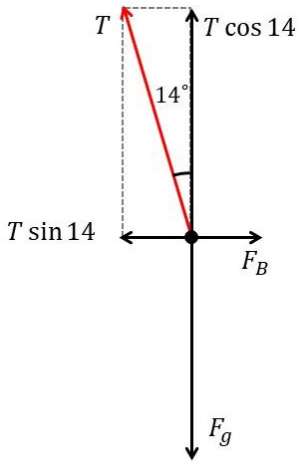
$$F = qvB\sin\theta = 2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^4 \times 5.2 \times 10^{-6} \times 1 = 6.24 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

## إجابات أسئلة التفكير:

**1. القوة المغناطيسية**

برسم مخطط الجسم الحرّ للسلك أجد أنّ:

$$F_g = T\cos\theta\ , \qquad F_B = T\sin\theta$$
$$F_g = T\cos 14^\circ\ , \qquad F_B = T\sin 14^\circ$$
$$\frac{F_B}{F_g} = \tan 14^\circ$$
$$F_B = (0.25)F_g = 0.25 \times 0.05 \times 10 = 0.125\ \text{N}$$



مقدار المجال المغناطيسي:

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

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

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

2. **سؤال مطياف الكتلة:**

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

ب) تسارع الجسيم داخل المجال المغناطيسي:

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

ج) مقدار نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته:

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

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

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