سلسلة تمارين 4

تمرين 1

يدخل بروتون شحنته $q=+e=1.6\times10^{-19}C$ حقل تحريض مغناطيسي منتظم مقدربالتسلا معطى وفق العلاقة $\vec{B}=0\vec{\imath}+0\vec{\jmath}+2\vec{k}$ وبسرعة مقدرة ب m/s وفق العلاقة: $\vec{v}=10^6(0\vec{\imath}+\vec{\jmath}+0\vec{k})$

1 . أوجد شدة و اتجاه القوة المغناطيسية.

2. أوجد شدة و اتجاه الحقل الكهربائي $\vec{E}$ الواجب تطبيقه على البروتون كي لا يحيد عن مساره

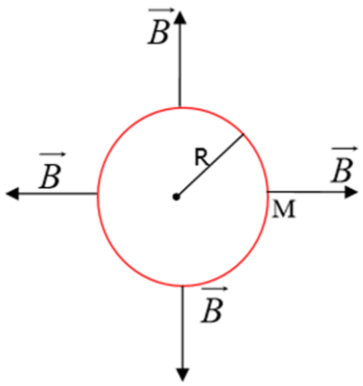
تمرين 2

في اللحظة التي نتخذها كمبدأ للأزمنة, توجد جسيمة كتلتها m و شحنتها q في سكون في نقطة نأخذها كمبدأ للفضاءات. ننشئ في هذه اللحظة حقلا مغناطيسيا ثابتا $\vec{B}=B\vec{u}_z$ و حقلا كهربائيا $\vec{E}=E\vec{u}_y$

1.أكتب المعادلات التفاضلية المسيرة لحركة الجسيمة. نضع $\omega=\frac{q}{m}B$

2.أوجد المعادلات الزمنية للمسار. نضع $A=\frac{E}{B\omega}$

تمرين 3



تتكون وشيعة مكبر صوت إلكتروديناميكي من $N=200$ لفة دائرية نصف قطرها $R=5mm$, و توجد في حقل كهربائي منتظم و عمودي على السلك الناقل للوشيعة في كل نقاطها و شدته $B=650mT$.

الوشيعة يمر بها تيار كهربائي شدته $I=246mA$.

1.مثل في النقطة M متجهة قوة لا بلاص الجزيئية المطبقة على جزء من الدارة طوله dl صغير جدا بحيث يمكن اعتباره مستقيما و مركزه النقطة M .

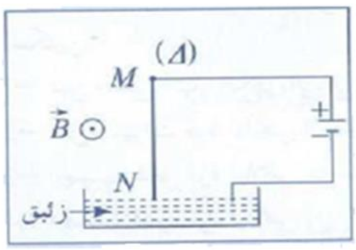
2.حدد اتجاه و منحى متجهة قوة لا بلاص الكلية $\vec{F}$ المطبقة على الوشيعة.

3.أحسب الطول الكلي للناقل المكون للوشيعة

4.أعطى قياس شدة قوة لا بلاص المطبقة على الوشيعة القيمة: $F=1N$. بين أن شدة هذه القوة هي نفس شدة قوة لا بلاص المطبقة على السلك الناقل لو كان مستيقيميا و في نفس الشروط

تمرين 4

نعتبر ناقلا مستقيما MN متجانسا كتلته m و طوله l يمكنه الدوران حول محور (Δ) يمر من طرفه M, طرفه الآخر مغمور في حوض للزئبق الذي يلعب دور ناقل (انظر الشكل) عندما نغلق الدارة يمر تيار كهربائي شدته I . نغمر التركيب في حقل مغناطيسي منتظم أفقي$\vec{B}$ عمودي على الناقل MN .



1. فسر كيفيا ماذا يحدث عندما يكون:

- $I=0$ و $B\neq0$
- $I\neq0$ و $B=0$
- $I\neq0$ و $B\neq0$

2. نمرر تيارا شدته $I=6A$ فتنحرف الساق بزاوية α

1.2. حدد مميزات قوة لابلاص

2.2.بدراستك توازن الناقل MN, عين زاوية الانحراف α

3.2. ماذا يحدث عندما نعكس قطبي المولد؟

نعطي: $l=10cm$ و $g=10\,m/s^2$ و $B=20mT$ و $m=8g$

تمرين 5

سلكان طويلان و متوازيان يمر بكل منهما تيار كهربائي قيمته I فإذا كانت المسافة بينهما $2a$.

ماهو اتجاه و عبارة الحقل المغناطيسي B في منتصف المسافة بينهما في الحالات التالية:

a. للتياران الاتجاه نفسه.

b. التياران متعاكسان في الاتجاه.

c. السلكان متعامدان

d. السلكان متعامدان و قيمة التيارين مختلفتان I_1 و I_2

حلول التمارين

تمرين 1

.1. شدة و اتجاه القوة المغناطيسية:

$$\vec{F}_m = q(\vec{v}\wedge\vec{B}) = 1.6\times10^{-19}\times10^{6}\begin{vmatrix}\vec{\imath} & \vec{\jmath} & \vec{k}\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 2\end{vmatrix} = 3.2\times10^{-13}\vec{\imath}$$

$$\Rightarrow |\vec{F}_m| = 3,2\times10^{-13}N$$

نستنتج أن $\vec{F}_m$ منطبقة على المحور $\overrightarrow{Ox}$ و بجهته

.2كي لا يحيد البروتون عن مساره يجب تطبيق قوة كهربائية مساوية للقوة المغناطيسية و معاكسة لها بالاتجاه

$$\vec{F}_C = q\vec{E} = -\vec{F}_m = -q(\vec{v}\wedge\vec{B}) \Rightarrow \vec{E} = -\vec{v}\wedge\vec{B} = -2\vec{\imath}$$

$$\Rightarrow |\vec{E}| = 2\,V/m$$

تمرين 2

1. المعادلات التفاضلية المسيرة لحركة الجسيمة

. الجسيمة خاضعة لثقلها و قوة لورنتز. غير أننا نهمل تأثير الثقل $R(O;\vec{\imath};\vec{\jmath};\vec{k})$نختار كمعلم لدراسة حركة الجسيمة أمام القوة الكهرومغناطيسية. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

$$\vec{F} = m\vec{a} = q\left(\vec{E}+\vec{v}\wedge\vec{B}\right) \Rightarrow \vec{a} = \frac{q}{m}\left(\vec{E}+\vec{v}\wedge\vec{B}\right)$$

لدينا المقادير الشعاعية:

$$\vec{a}\begin{cases}\ddot{x}\\ \ddot{y}\\ \ddot{z}\end{cases},\quad \vec{v}\begin{cases}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{z}\end{cases},\quad \vec{B}\begin{cases}0\\ 0\\ B\end{cases},\quad \vec{E}\begin{cases}0\\ E\\ 0\end{cases}$$

يكتب التسارع إذن:

$$\vec{a}\begin{cases}\ddot{x}\\ \ddot{y}\\ \ddot{z}\end{cases} = \frac{q}{m}\left[\vec{E}\begin{cases}0\\ E\\ 0\end{cases}+\vec{v}\begin{cases}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{z}\end{cases}\wedge\vec{B}\begin{cases}0\\ 0\\ B\end{cases}\right] \Rightarrow \begin{cases}\ddot{x}\\ \ddot{y}\\ \ddot{z}\end{cases} = \begin{cases}\dfrac{q}{m}B\dot{y}\\ \dfrac{q}{m}E-\dfrac{q}{m}B\dot{x}\\ 0\end{cases}$$

بوضع $\omega = \frac{q}{m}B$, نحصل على جملة المعادلات التفاضلية التالية التي تحكم حركة الجسيمة:

$$\begin{cases}\ddot{x} = \omega\dot{y} \rightarrow (1)\\ \ddot{y} = \dfrac{q}{m}E-\omega\dot{x} \rightarrow (2)\\ \ddot{z} = 0 \rightarrow (3)\end{cases}$$

.2المعادلات الزمنية للمسار

نظرا للشروط الابتدائية فإن المعادلة (3) تؤدي إلى $z = 0$. تتم الحركة إذن في المستوي xOy. تكامل المعادلة (1) يعطي:

$$\dot{x} = \omega y + \dot{x}(0)$$

و بما أن المركبة الابتدائية للسرعة معدومة ($x(0) = 0$) نحصل على:

$$\dot{x} = \omega y$$

بتعويض هذه النتيجة الأخيرة في المعادلة (2) نحصل على المعادلة التفاضلية التالية:

$$\ddot{y} + \omega^2 y = \frac{q}{m} E$$

حل هذه المعادلة هو:

$$y = \frac{q}{m\omega^2} E + C\cos\omega t + D\sin\omega t = \frac{q}{m\omega.\omega} E + C\cos\omega t + D\sin\omega t$$

بما أن:

$$\omega = \frac{q}{m} B \Rightarrow B = \frac{m\omega}{q}$$

فإن:

$$\frac{q}{m\omega.\omega} E = \frac{E}{B\omega} = A$$

و عليه يمكن كتابة حل المعادلة التفاضلية السابقة على الشكل:

$$y = A + C\cos\omega t + D\sin\omega t$$

C و D ثابتا التفاضل و الواجب تحديدهما انطلاقا من الشروط الابتدائية. و بالفعل:

$$y(0) = A + C = 0 \Rightarrow C = -A$$
$$\dot{y}(0) = D\omega = 0 \Rightarrow D = 0$$

و في النهاية نحصل على:

$$y = A(1 - \cos\omega t)$$

و بما أن $\dot{x} = \omega y$ يصبح لدينا $\dot{x} = A\omega(1 - \cos\omega t)$

تكامل هذه المعادلة الأخيرة ، آخذين بعين الاعتبار الشروط الإبتدائية $x(0) = 0$، يعطينا:

$$x = A(\omega t - \sin\omega t)$$

تمرين 3

1. عبارة متجهة قوة لا بلاص الجزيئية $\overrightarrow{dF}$ المطبقة على جزء من الدارة طوله dl صغير جدا:

$$\overrightarrow{dF} = I.\overrightarrow{dl} \wedge \vec{B}$$

2. اتجاه و منحى القوة $\vec{F}$ هو نفس منحى القوى الجزيئية

$$\vec{F} = \sum \overrightarrow{dF}$$

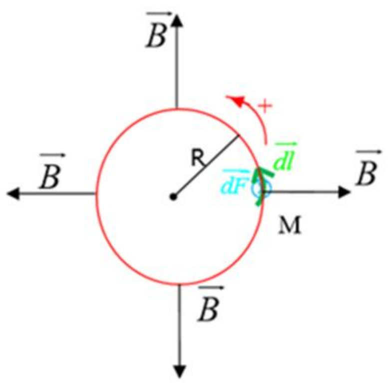
الاتجاه: عمودي على مستوى الوشيعة.

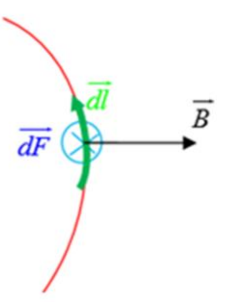
3. الطول الكلي للناقل المكون للوشيعة: $L = 2\pi RN$

4.

$$\vec{F} = \sum \overrightarrow{dF} \Rightarrow \vec{F} = \sum (I\,\overrightarrow{dl} \wedge \vec{B}) = I \sum (\overrightarrow{dl} \wedge \vec{B})$$
$$\Rightarrow \vec{F} = I(\sum \overrightarrow{dl}) \wedge \vec{B}$$
$$\sum \overrightarrow{dl} = \vec{L} \Rightarrow \vec{F} = I\,\vec{L} \wedge \vec{B}$$
$$L = 2\pi RN \Rightarrow F = I.L.B = 2\pi RN.I.B$$

-





تطبيق عددي:

$$F = 2\pi \times 5.10^{-3} \times 200 \times 246.10^{-3} \times 650.10^{-3} = 1N$$

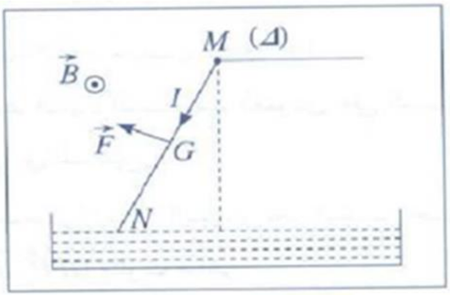
تمرين 4

1.تفسير كيفي:

في وجود حقل مغناطيسي, عندما يمر تيار كهربائي في ناقل, تظهر قوة لابلاص حيث:

$$\vec{F} = I\vec{dl} \wedge \vec{B}$$

- بالنسبة ل $I = 0$ و$B \neq O$ أو $I \neq 0$ و $B = O$ فإن: $F = 0$ إذن الناقل MN يبقى ساكنا.
- بالنسبة ل $I \neq 0$ و$B \neq O$ فإن: $F \neq 0$ و بالتالي ينحرف الناقل MN .

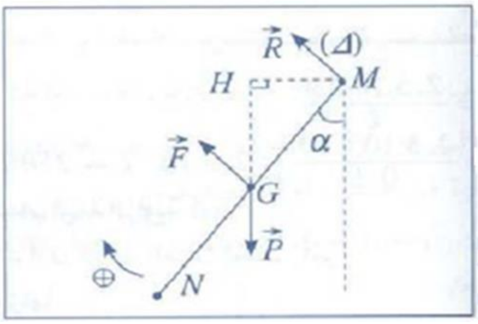


1.2. مميزات قوة لابلاص :

- نقطة التأثير: G منتصف الناقل MN
- الحامل: المستقيم العمودي على $\vec{B}$ و على MN و المار من G .
- الاتجاه: يحدد باستعال قاعدة اليد اليمنى (انظر الشكل)
- الشدة:

$$F = I.l.B = 6 \times 0.1 \times 20 \times 10^{-3} = 1,2 \times 10^{-2} N$$

2.2.دراسة توازن الناقل MN :



$$\sum M_\Delta(\vec{F}) = 0$$

$$M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{P}) = 0$$

$$-P.MH + 0 + F.MG = 0$$

$$-mg\frac{l}{2}\sin\alpha + F.\frac{l}{2} = 0$$

$$mg\sin\alpha = F \Rightarrow \sin\alpha = \frac{F}{mg}$$

$$\sin\alpha = \frac{1.2 \times 10^{-2}}{8 \times 10^{-3} \times 10} = 0.15$$

$$\alpha \approx 8.6°$$

تمرين 5

حسب مبدأ التراكب لدينا :

$$B_T = B_1 + B_2$$

حيث B_1 و B_2 الحقل المغناطيسي الناتج عن مرور التيارين I_1 و I_2 في السلكين كل على حده.

ففي الحالات الثلاث الاولى a وb و c يكون $B_1 = B_2 = B$ لأن النقطة التي يراد حساب الحقل المغناطيسي عندها تقع في منتصف المسافة بين السلكين و كذلك $I_1 = I_2 = I$. و منه فإن قيمة B عند هذه النقطة لأي من السلكين هي:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{a}$$

و يمكن تحديد اتجاه الحقل المغناطيسي باستخدام قاعدة اليد المنى.

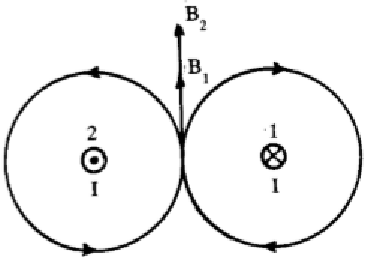
a. الحقلين B_1 و B_2 متعاكسان في الاتجاه, شكل (أ) , و متساويان في المقدار أي أن :

$$B_T = B - B = 0$$

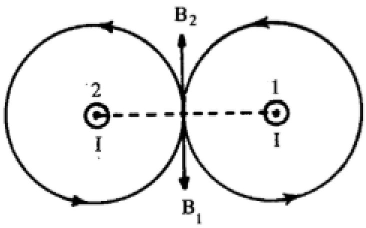
b. نتيجة لتعاكس التيارين فإن الحقل المغناطيسي للسلكين لهما الاتجاه نفسه, شكل (ب), و لهما أيضا القيمة نفسها:

$$B_T = B_1 + B_2$$

$$B_T = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} + \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{\mu_0 I}{\pi a}$$



شكل (ب)



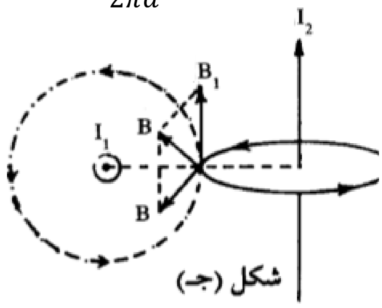
شكل (أ)

c. الحقلانB_1 و B_2 متعامدان, شكل (ج), و متساويان في المقدارB_1 أي B_2 أن:

$$B_T = (B_1^2 + B_2^2)^{1/2} = \sqrt{2}B = \sqrt{2}\,\frac{\mu_O I}{2\pi a}$$

d. الحقلان B_1 و B_2 متعامدان, شكل (ج), و غير متساويين في المقدار أي أن:

$$B_T = (B_1^2 + B_2^2)^{1/2} = \left[\left(\frac{\mu_O I}{2\pi a}\right)^2 + \left(\frac{\mu_O I}{2\pi a}\right)^2\right]^{1/2}$$
$$= \frac{\mu_0}{2\pi a}\left[I_1^2 + I_2^2\right]^{1/2}$$



شكل (جـ)