

حركة دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي

منتظم

III - علاقة لورنتز في مجال مغنطيسي منتظم .

1 - علاقة لورنتز

تخضع دقيقة مشحونة ، ذات شحنة q تتحرك بسرعة متجهتها \vec{v} داخل مجال مغنطيسي متجهته \vec{B} إلى قوة مغنطيسية \vec{F}

تسمى قوة لورنتز تحدها العلاقة المتجهية التالية : $\vec{F} = q\vec{E} \wedge \vec{B}$

معرفة مميزات المتجهين $q\vec{v}$ و \vec{B} تمكن من استنتاج مميزات القوة \vec{F} .

خلال هذه الدراسة نهمل وزن الدقيقة المشحونة أمام القوة المغنطيسية التي تطبق عليها .

2 - مميزات القوة المغنطيسية

مميزات قوة لورنتز هي :

- نقطة التأثير الدقيقة نفسها باعتبارها نقطة مادية .

- خط التأثير : العمودي على المستوى

المحدد بواسطة (\vec{v}, \vec{B}) ؛ \vec{F} عمودية على

المتجه \vec{v} وعلى المتجه \vec{B} .

- المنحى : هو المنحى بحيث يكون ثلاثي

الوجه $(q\vec{v}, \vec{B}, \vec{F})$ مباشرا .

- الشدة : $F = |qvB \sin \alpha|$

q : شحنة الدقيقة ب (C)

v : سرعة الدقيقة ب m/s

B : شدة المجال المغنطيسي (T)

α : الزاوية التي تكونها \vec{v} مع \vec{B}

F : شدة قوة لورنتز (N)

ملحوظة :

منحى \vec{F} يتغير حسب إشارة q . عمليا للحصول على

منحى المتجه \vec{F} نطبق إحدى القواعد .

- قاعدة الأصابع الثلاث لليد اليمنى . الإبهام $q\vec{v}$. السبابة : \vec{B} .

الوسطى : \vec{F}

- قاعدة مفك البرغي

- قاعدة اليد اليمنى

الحالات التي تنعدم فيها القوة المغنطيسية :

$q=0$ دقيقة محايدة كهربائيا

$\vec{v} = \vec{0}$ دقيقة متوقفة

$\vec{B} = \vec{0}$ غياب المجال المغنطيسي

$\alpha = 0$ أو $\alpha = \pi$ أي \vec{v} و \vec{B} على استقامة واحدة .

3- حركة دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي منتظم

ندرس حركة دقيقة تم نعلمها على الحزمة الإلكترونية باعتبار أن جميع الدقائق مماثلة في الحركة .

نعتبر دقيقة شحنتها q وكتلتها m تلج مجالا مغنطيسيا منتظما \vec{B} بسرعة بدئية \vec{v}_0 عمودية على \vec{B} .

أ - طبيعة حركة الحزمة الإلكترونية داخل المجال المغنطيسي \vec{B} .

- نبين أن مسار الإلكترون مسار مستوي

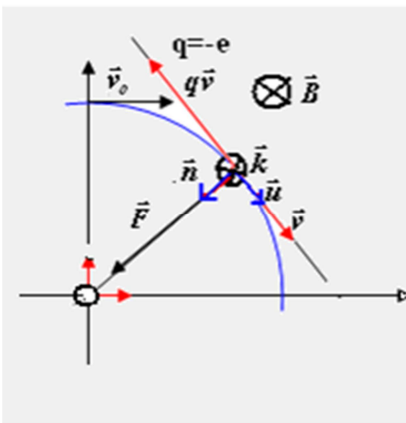
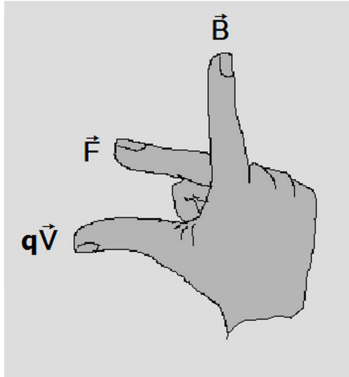
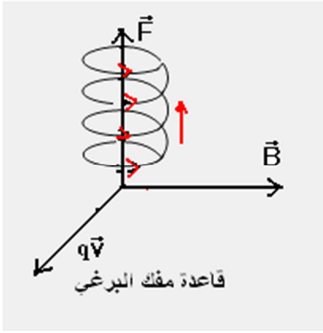
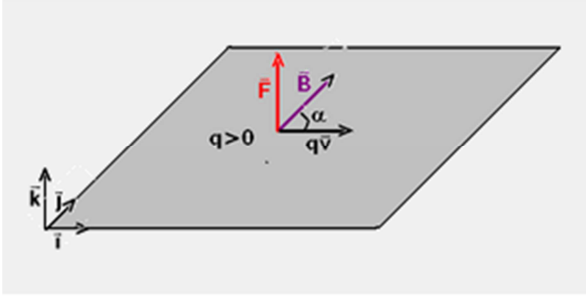
نطبق القانون الثاني لنيوتن على الدقيقة في اللحظة t ،

$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$ نهمل وزن الدقيقة أمام الشدة القوة المغنطيسية فتصبح العلاقة المتجهية

السابقة على الشكل التالي : $\vec{F} = m\vec{a}$ وبما أن $\vec{F} = q\vec{v}_0 \wedge \vec{B}$ إذن $\vec{F} = m\vec{a}$ أي أن

$$\vec{a} = \frac{q}{m} (\vec{v}_0 \wedge \vec{B})$$

في معلم فريني الذي تم اختياره في الشكل $M(\vec{u}, \vec{n}, \vec{k})$ أن $\vec{a}(0, a_n, 0)$ يعني أن



$a_z = 0$ ومنه $z = g(t) = 0$ مما يبين أن حركة الدقيقة تتم في المستوى (\vec{u}, \vec{n}) وبالتالي فحركة الدقيقة حركة مستوية .

ب - ما هو شكل المسار ؟

حسب التحليل السابق وفي معلم فريني $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$ أي أن $v = cte = v_0$

وكذلك $a_n = \frac{v_0^2}{\rho}$ ونعلم أنه في معلم فريني $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t = \vec{a}_n$

إذن $\rho = \frac{m \cdot v_0}{|q| \cdot B} = Cte = R$ نستنتج أن $a = a_n \Rightarrow \frac{q}{m} v_0 B = \frac{v_0^2}{\rho}$

إذن مسار الدقيقة هو مسار دائري .

ج - خلاصة

حركة دقيقة ذات شحنة q وكتلة m عند ولوجها مجالاً مغناطيسياً منتظماً \vec{B} بسرعة بدئية \vec{v}_0 متعامدة مع \vec{B} ، حركة دائرية منتظمة .

- مسارها ينتمي إلى المستوى العمودي على المجال .

- شعاعها يساوي : $R = \frac{m \cdot v_0}{|q| \cdot B}$ (1)

د - الدراسة الطاقية

* قدرة القوة المغناطيسية

$$\mathcal{P} = \vec{F} \cdot \vec{v} \Leftrightarrow \mathcal{P} = q(\vec{v} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v} = 0$$

قدرة القوة المغناطيسية دائماً منعدمة لكون أن هذه القوة دائماً عمودية على السرعة .
نطبق مبرهنة الطاقة الحركية على الدقيقة عند انتقالها خلال مدة زمنية Δt :

$$\frac{1}{2} m v^2 = Cte \Rightarrow v = cte = v_0 \text{ إذن } E_C = Cte \text{ أي أن } \Delta E_C = W(\vec{F}) = 0$$

المجال المغناطيسي لا يغير الطاقة الحركية لدقيقة مشحونة .

4 : الانحراف المغناطيسي

تعريف : نسمي الانحراف المغناطيسي المسافة $\overline{O'P} = D_m$

تلج حزمة دقائق من النقطة O وبسرعة \vec{v}_0 حيزاً طوله ℓ حيث يخضع لمجال مغناطيسي منتظم . متعامد مع متجهة السرعة البدئية .

مسار كل دقيقة في المجال المغناطيسي هو عبارة عن

قوس من دائرة مركزها C وشعاعها $R = \frac{m v_0}{|q| \cdot B}$

عند النقطة S تغادر الدقيقة المجال المغناطيسي بسرعة \vec{v}_0 بحيث

تصبح حركتها مستقيمة منتظمة (مبدأ القصور)
الزاوية $\alpha = (\overline{OC}, \overline{OS})$ تسمى بالانحراف الزاوي

بحيث أن $\sin \alpha = \frac{\ell}{R}$ وكذلك

$$\tan \alpha = \frac{\overline{O'P}}{\overline{OO'} - \overline{OI}} = \frac{D_m}{L - OI}$$

وبما أن في الأجهزة المستعملة α صغيرة

جدا وكذلك $\ell \ll L$ ومنه $\frac{\ell}{R} = \frac{D_m}{L}$ أي أن $D_m = \frac{|q| \cdot B \cdot L \cdot \ell}{m \cdot v_0}$

ملحوظة : المقارنة بين الانحراف الكهربائي والانحراف المغناطيسي $D_e = \frac{|q| \cdot E \cdot L \cdot \ell}{m \cdot v_0^2}$ و $D_m = \frac{|q| \cdot B \cdot L \cdot \ell}{m \cdot v_0}$

يلاحظ أن الانحراف المغناطيسي أكثر تكيفا من الانحراف الكهربائي لأنه يتناسب اطرادا مع $\frac{1}{v_0}$. لهذا يستعمل في أنبوب التلفاز .