جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الأنبار
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

محاضرات المغناطيسية

(المحاضرة الثانية)

الدكتور جمال فاضل محمد

2019-2020

Dr. Jamal

(6-1) حركة جسيم مشحون بالكهربائية في مجال مغناطيسي

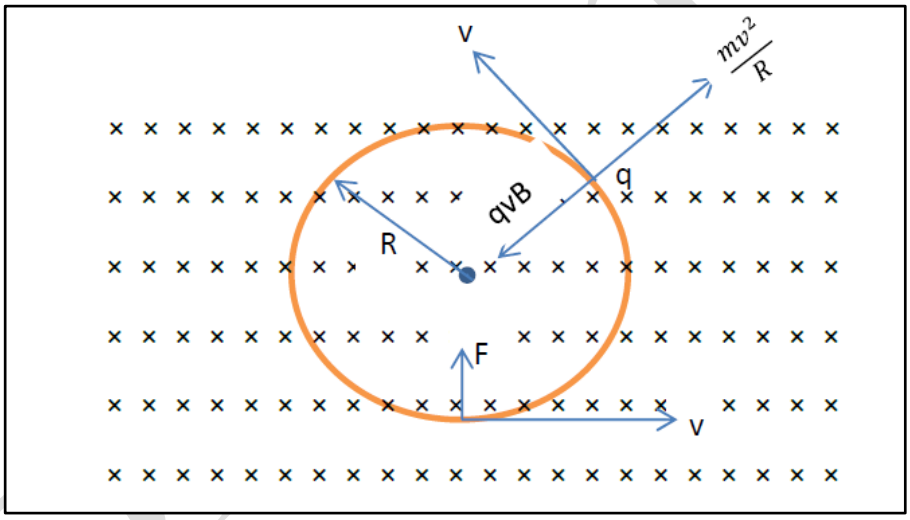
Motion of a charged particle in a magnetic field

اذا وضع جسيم مشحون بشحنة موجبة (q+) في مجال مغناطيسي منتظم وكانت سرعته v في اتجاه عمودي على المجال، فانه سيتأثر بقوة مقدارها:

$$F_M = q\, v\, B \sin\theta \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ويكون اتجاهها الى اعلى طبقا لقاعدة اليد اليمنى. ولما كانت القوه عمودية على السرعة فإنها لا تغير من مقدار هذه السرعة ولكنها تغير من اتجاهها فيتغير موضع الجسيم واتجاه القوة المؤثرة عليه بينما تظل مقادير الكميات q ، v، B ثابتة.

الشكل (١-٨) يمثل مسار جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم B ، من الرسم يتبين انه عندما تكون سرعة الجسيم v عمودية على المجال المغناطيسي المنتظم فان الجسيم يتحرك في مسار دائري في مستوى عمودي على B



الشكل (١-٨) يمثل مسار جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم B

وهكذا فان الجسيم يتحرك بتأثير قوة ثابتة المقدار مقدارها qvB وتتجه دائما في الاتجاه العمودي على v ولذا فان مسار هذا الجسيم يكون على شكل دائرة نصف قطرها r كما في الشكل (١-٨).

اذا كان الجسيم موجب (q+) فان اتجاه الدوران يكون باتجاه معاكس لعقارب الساعة كما في الحالة اعلاه وفي حالة الشحنة السالبة (q-) فان الدوران سيكون باتجاه عقارب الساعة. ونتيجة لهذه الحركة الدورانية تخضع الشحنة q لقوتين متعاكستين احدهما القوة المغناطيسية F_M متجهه الى مركز الدوران، والاخرى القوة المركزية مقدارها حسب قانون نيوتن الثاني:

$$F = ma = mv^2/R \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

R- نصف قطر الدوران، وتبقى الشحنة متحركة في مسارها الدائري اذا تساوت القوة المغناطيسية مع القوة المركزية، اي ان:

$$q\,v\,B = mv^2/R \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

ومن هذه المعادلة نستطيع حساب نصف قطر الدوران R ، اي ان:

$$R = \frac{mv}{qB} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

وهذا يعني ان نصف قطر المسار الذي يسلكه الجسيم المشحون في مجال مغناطيسي يتناسب طرديا مع كتلة (m) وسرعة الجسيم (v) وعكسيا مع الشحنة (q) وقيمة المجال المغناطيسي (B). من المعلوم ان السرعة الزاوية تعطى بالعلاقة التالية:

$$\omega = \frac{v}{R} \qquad \ldots\ldots\ldots(5)$$

باستخدام معادلة (٤) نجد ان:

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

في بعض الاحيان تسمى السرعة الزاوية بتردد السياكلوترون (Cyclotron frequency) لان الجسيم المشحون يدور عند هذا التردد الزاوي بتأثير نوع من المعجلات يسمى بالسياكلوترون. وبذلك نستطيع حساب التردد f من العلاقة التالية:

$$f = \frac{q\,B}{2\pi m} \qquad \ldots\ldots\ldots..(6)$$

ومن المعادلتين الاخيرتين نستنتج ان السرعة الزاوية والتردد للجسيم لا يعتمدان على السرعة أو نصف القطر.

اما اذا كان اتجاه السرعة غير متعامد على اتجاه المجال B (يصنع زاوية) فهذا سيؤدي الى دوران الشحنة في مسار حلزوني (Helical path) محوره متفق مع اتجاه المجال

مثال :تحرك الكترون من السكون خلال فرق جهد كهربائي مقداره 16×10^3 V ثم دخل بصورة عمودية على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم واخذ يدور بمحيط دائرة نصف قطرها 20 cm، جد مقدار الحث المغناطيسي وتردد الالكترون؟

الحل:

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$\therefore B = \frac{mv}{qR}$$

ان v غير معلومة لذا يجب ايجادها من معادلة الطاقة الحركية:

$$\frac{1}{2}mv^2 = e(\Delta v)$$

$$\therefore v^2 = \frac{2e(\Delta v)}{m} = \frac{2 * 1.6 * 10^{-19} * 16000}{9.1 * 10^{-31}} = 5.62 * 10^{15} = 0.562 * 10^{16}$$

$$\therefore v = \sqrt{0.562 * 10^{16}} = 0.74 * 10^{8} m/sec$$

$$\therefore B = \frac{9.1 \times 10^{-31} * 0.74 * 10^{8}}{0.2 * 1.6 * 10^{-19} *} = 2.13 * 10^{-3} T = 2.13 mT$$

ولإيجاد تردد البروتون:

$$f = \frac{q\,B}{2\pi m}$$

وبالتعويض نجد ان:

$$\therefore f = 59.7 \times 10^{6}\ \text{Hz}$$

$$f = 59.7\ \text{MHz}$$

H. W.

س١/ إلى أي اتجاه يشير الإبهام عند استخدام قاعدة اليد اليمنى لإلكترون يتحرك عموديا على مجال مغناطيسي؟

س٢/ يتحرك عموديا على مجال مغناطيسي على مجال مغناطيسي شدته 0.5 T بسرعة 4×10^{6} m/sec. ،ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟

س٣/ تتحرك حزمة من الجسيمات الثنائية التأين (فقد كل جسيم إلكترونين، لذا أصبح كل جسيم يحمل شحنتين أساسيتين) بسرعة 3×10^{4} m/sec. عموديا على مجال مغناطيسي شدته 0.09 T ما مقدار القوة المؤثرة في كل أيون؟

س٤/ دخلت حزمة من الجسيمات الثلاثية التأين (يحمل كل منها ثلاث شحنات أساسية موجبة) عموديا على مجال مغناطيسي شدته 0.4×10^{-2} T بسرعة 9×10^{6} m/sec. احسب مقدار القوة المؤثرة في كل أيون؟

س٥/ تتحرك ذرات هليوم ثنائية التأين (جسيمات ألفا) بسرعة 4×10^{4} m/sec. عموديا على مجال مغناطيسي مقداره 5×10^{-2} T ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

Dr. Jamia

(7-1) حركة جسيم مشحون في مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين

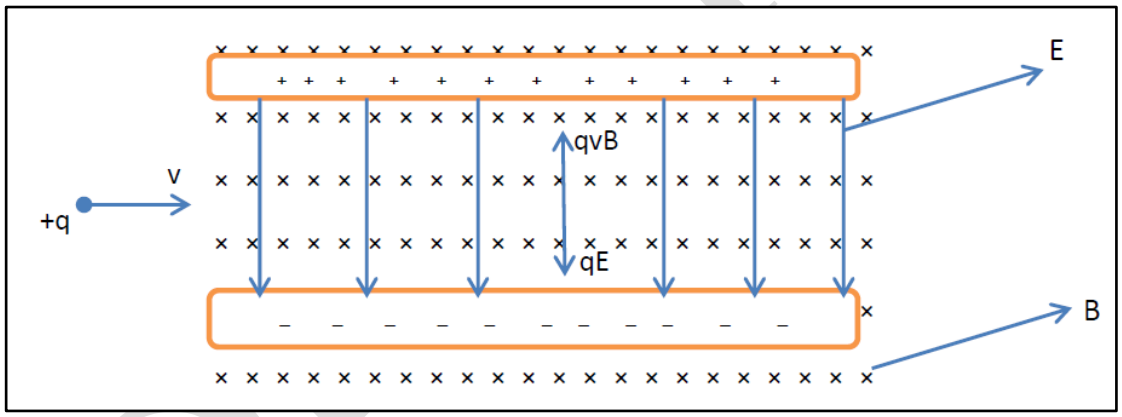
عند حركة جسم مشحون خلال منطقة فيها مجالان كهربائي ومغناطيسي فانه سيتأثر بكل من المجالين أي ستظهر عليه قوة كهربائية وقوة مغناطيسية في ان واحد .القوة المسلطة من المجال الكهربائي هي:

$$F_E = q\,E$$

اما القوة المسلطة من المجال المغناطيسي فهي:

$$F_M = q\,v\,B\sin\theta = q\,v\,B$$

لنفرض ان المجالين المتعامدين يؤثران بالاتجاهين المبينين في الشكل التالي وان جسما مشحونا بشحنة مقدارها q قذف في مستوى الصفحة بسرعة مقدارها v بالاتجاه المبين. فاذا كانت الشحنة موجبة تولدت عليها قوة كهربائية مقدارها qE باتجاه المجال E وقوة مغناطيسية مقدارها qvB بعكس اتجاه المجال E فاذا كانت القوتان متساويتين بالمقدار(محصلتهما صفرا) فان الجسم يبقى متحركا بخط مستقيم وبنفس السرعة, اما اذا كانت القوتان غير متساويتين بالمقدار فسوف يكتسب الجسم تعجيلا باتجاه المحصلة وبذلك يتغير اتجاه حركته.



شكل (١-٩) حركة جسيم مشحون في مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين

وان بقاء الجسم متحركا بسرعته المنتظمة دليل على تساوي القوتين الكهربائية والمغناطيسية المؤثرتين عليه .أي ان:

$$F_E = F_M$$

$$qE = qvB$$

$$E = vB$$

$$Or \quad v = \frac{E}{B}$$

ومن معرفة كل من E و B نستطيع ايجاد سرعة الجسيم المشحون v.

المصادر

١- اساسيات الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف يحيى عبد الحميد الحاج علي / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل ١٩٩٦
٢- الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف يحيى عبد الحميد الحاج علي / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل.
٣- الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف ابراهيم ناصر ابراهيم علي /الجزء الثاني/ وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بغداد ١٩٨٦

Dr. Jamal