الفصل الاول

المجال المغناطيسي

المغناطيسية Magnetism

المغناطيسية ظاهرة عرفت في الطبيعة منذ زمن قديم، فقد لاحظ الاغريق قبل اكثر من الفي عام متمثلة في قابلة بعض خامات الحديدة(كأوكسيد الحديدة Fe_3O_4 المسمى Magnetite) في جذب قطع الحديد الصغير. كما عرف الاقدمون انه اذا علق مغناطيس طبيعي من وسطه بصورة طليقة دائماً يأخذ اتجاهاً معيناً هو اتجاه الشمال والجنوب الجغرافيين تقريباً . وقد استفاد اجدادنا من هذه الظاهرة في صناعة البوصلات لترشدهم في رحلاتهم . وهكذا نجد ان الأقدمين عرفوا المغناطيسية من خلال قوى الجذب بين المواد الفيرومغناطيسية (الحديدية) Ferromagnetic materials كالحديد وخاماته.

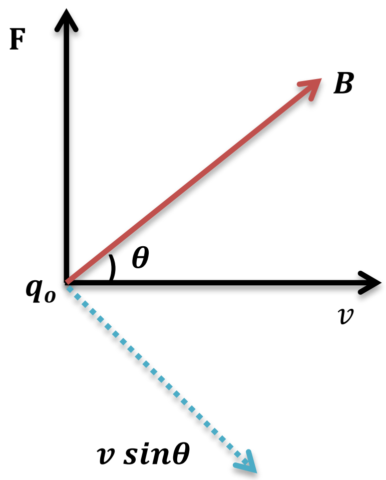
وبقى علم المغناطيسية على وضعه لقرون عديدة دون تطور يذكر حتى مطلع القرن التاسع عشر حين اكتشف العالم الدنماركي اورستيد H.C. Orested في عام 1820 ان التأثيرات المغناطيسية يمكن ان تنشأ من قبل التيارات الكهربائية او الشحنات المتحركة فقد لاحظ اورستيد انحراف الابرة المغناطيسية عند مرور تيار كهربائي في سلك مجاور.

في هذا الفصل سوف نستهل دراستنا للمغناطيسية عن التأثير الذي يحدثه المجال المغناطيسي على الشحنات المتحركة خلاله وليس عن كيفية تكوين المجال المغناطيسي.

شدة المجال المغناطيسي Magnetic field strength

لقد دلت التجارب المختبرية على انه اذا اطلق جسيم مشحون في مجال مغناطيسي لتأثر بقوة جانبية تحرف الجسيم عن اتجاه حركته الاصلي، تدعى بالقوة المغناطيسية.

وان اتجاه هذه القوة يكون دائماً عمودياً على سرعة الجسيم. اما مقدارها يتغير بتغير



الاتجاه الذي تعمله السرعة مع المجال رغم بقاء مقدار السرعة ثابتاً.

فلو اطلقت شحنة اختبارية موجبة (q_0) بسرعة (v) تصنع زاوية قدرها (θ) مع اتجاه المجال المغناطيسي(B) فان هذه القوة تتناسب طردياً مع كل من الشحنة التي يحملها الجسيم والمركبة العمودية على المجال لسرعة الجسيم حيث ان:

$$F = B(q_0 v sin\theta) \ldots\ldots\ldots\ldots..(1)$$

كما يكننا كتابة هذه المعادلة بالصيغة الاتجاهية:

$$\vec{F} = q_0\vec{v} \times \vec{B}$$

- ان العلاقة بين المتجهات F, B, v يمكن استنتاجها من خصائص الضرب الاتجاهي.
- يكون مقدار القوة اعظم ما يمكن عندما يكون اتجاه حركة الجسيم عمودياً على متجه المجال (θ=90^o) .
- يكون مقدار القوة يساوي صفراً اذا كانت حركة الجسيم موازية للمجال اي ان الزاوية ($\theta = 0$) .
- في المعادلة اعلاه:

F- مقدار القوة المغناطيسية.

B- شدة المجال المغناطيسي.

v- سرعة الجسيم الذي شحنته (q_o).

θ- الزاوية بين (B, v).

- ان اتجاه القوة المغناطيسية يحدد باستخدام قاعدة اليد اليمنى لو دورت اصابع اليد اليمنى عدا الابهام من اتجاه السرعة (v) للشحنة الموجبة نحو اتجاه (B) فان اتجاه الابهام يشير الى اتجاه القوة المغناطيسية (F).
اما اذا كانت الشحنة سالبة يكون اتجاه القوة معاكساً.
- ان وحدة شدة المجال المغناطيسي يمكن استنتاجها من المعادلة (1) كالاتي:

$$B = \frac{F}{qv}$$

$$B = \frac{N}{C \times \frac{m}{sec}} \rightarrow B = \frac{N \cdot sec}{C \cdot m} = Tesla$$

$$B(Tesla)$$

تسلا (Tesla) : شدة المجال المغناطيسي الذي يولد قوة مقدارها نيوتن واحد (N) على شحنة قدرها كولوم واحد (1C) تتحرك بصورة عمودية على المجال بسرعة (m/sec).

- هناك وحدة اخرى اصغر من التسلا لاتزال تستعمل بكثرة هي الكـاوس ومقدارها (10^{-4}T)

G(Causs)=10^{-4} T(Tesla)

- يمكن كتابة وحدة الــ (B) بالصورة التالية:

$$B = \frac{N}{A \cdot m}$$

حيث:

$$A = \frac{C}{sec}$$

اذن:

$$T(Tesla) = \frac{N}{A.m}$$

الفيض المغناطيسي Magnetic Flux

كما مثلنا المجال الكهربائي بخطوط وهمية اطلقنا عليها خطوط القوة الكهربائية كذلك نمثل المجال المغناطيسي بخطوط وهمية تدعى خطوط القوة المغناطيسية (magnetic lines of force) .

ان اتجاه المجال المغناطيسي عند اية نقطة هو نفس اتجاه خط القوة المغناطيسية في تلك النقطة.

شدة المجال المغناطيسي: هو عدد الخطوط لوحدة المساحة التي تجتاز مساحة صغيرة عمودية على اتجاه الخطوط.

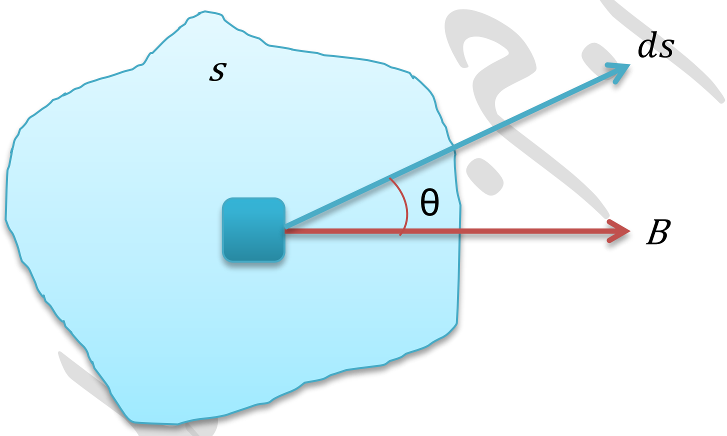
الفيض المغناطيسي $\emptyset$: عدد الخطوط الكلية التي تجتاز مساحة معينة لذا يعرف الفيض المغناطيسي حول سطح مساحته (S) حسب المعادلة:

$$\emptyset = \int_s \vec{B} \cdot \vec{ds}$$

حيث ان :

$\vec{ds}$: متجه المساحة العمودية على السطح.

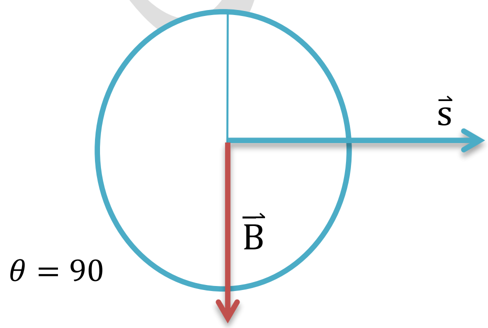
$\vec{B}$: متجه شدة المجال المغناطيسي.

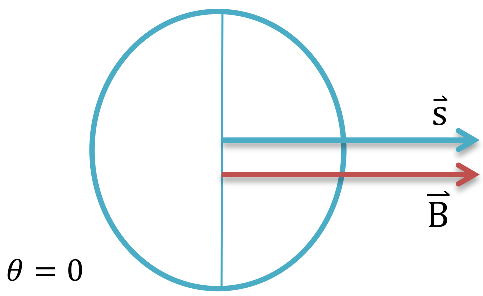


$$\emptyset = B\ S\cos(\theta)$$

يتضح من المعادلة اعلاه ان مقدار الفيض يمثل الضرب العمودي للمتجهين B,ds . واذا كان المجال منظماً وعمودياً على السطح يصبح بالإمكان تبسيط معادلة الفيض كالاتي:

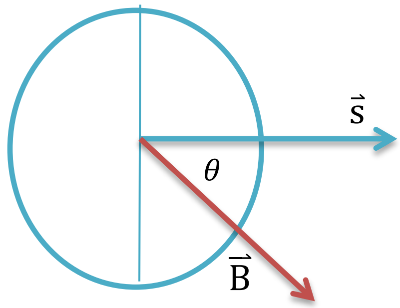
$$\emptyset_B = BS$$





- يكون الفيض في قيمته القصوى اذا كان اتجاه المجال المغناطيسي عمودياً على السطح $(\theta = 0)$.

- يكون الفيض يساوي صفراً اذا كان اتجاه المجال موازياً للسطح ($\theta=90^0$).



- عندما يصنع المجال المغناطيسي زاوية (θ) معينة على متجه المساحة نطبق العلاقة التالية لحساب الفيض.

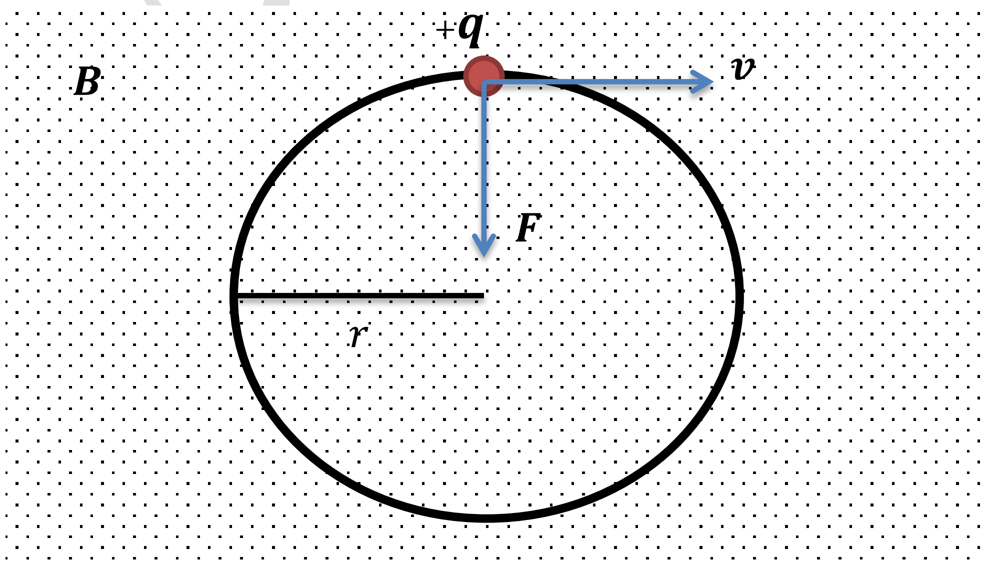
$$\emptyset_B = BS\cos(\theta)$$

- ان وحدة الفيض هي (Tm^2) وتسمى ويبر (Weber) وتكتب باختصار (Wb) وعليه يمكن التعبير عن وحدة شدة المجال المغناطيسي B كالتالي:

$$B(T) = \frac{Wb}{m^2}$$

حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي

لنتصور ان جسيماً يحمل شحنه موجبة قدرها q قذف بسرعة v بصورة عمودية على مجال مغناطيسي منتظم B بصورة متساوية البعد ، حيث جرت العادة على تمثيل المجال العمودي على الورقة بالعلامة (.) ان كان متجهاً نحو القارئ ، وبالعلامة (×) ان كان متجهاً نحو الورقة.



ان الجسيم يتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها يساوي ($F_B = qvB$) واتجاهها يكون عمودياً على كل من (B, v) لذا فان القوة تعمل على تغير اتجاه السرعة للجسيم دون اي تأثير على مقدار هذه السرعة. وبما ان القوة ثابتة بالمقدار واتجاهها دائماً عمودي على السرعة لذا فأن الجسيم سوف يسلك مساراً دائرياً نصف قطره (r) ويكتسب تعجيلاً مركزياً مقداره

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

باستخدام قانون نيوتن الثاني

$$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{r}$$

$$F_B = F_c \rightarrow qvB = \frac{mv^2}{r}$$

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

m- كتلة الجسيم.

v- نصف قطر المسار الدائري.

اما السرعة الزاوية (w) لدوران الجسيم في المجال المغناطيسي فمقدارها:

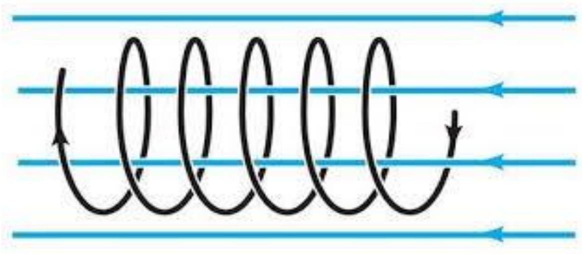
$$w = \frac{v}{r} \rightarrow w = \frac{qB}{m}$$

عندئذٍ يصبح من السهل جداً معرفة عدد الدورات التي يعملها الجسيم في الثانية الواحدة (f) حسب العلاقة :

$$f = \frac{w}{2\pi} \rightarrow f = \frac{qB}{2\pi m}$$

- يتبين من المعادلة اعلاه ان تردد الجسيم مقدار ثابت لا يعتمد على السرعة. فالجسيمات السريعة تدور في دوائر كبيرة بينما الجسيمات البطيئة تعمل دوائر اصغر حيث ان نصف قطر المسار يتناسب طردياً مع السرعة.
- ان الزمن الذي تستغرقه هذه الجسيمات في انجاز دورة كاملة هو نفسه لا يختلف ان كانت الدورة كبيرة او صغيرة.

- اذا كان الجسيم سالب الشحنة فان القوة المغناطيسية المؤثرة عليه ستكون بعكس الاتجاه لذلك يدور الجسيم باتجاه معاكس وعلى هذا الاساس فان انحناء مسار الجسيم المشحون في المجال المغناطيسي يمكن ان يحدد نوعيته شحنة الجسيم ان كانت سالبة ام موجبة.
- عند دخول الجسيم المشحون مجالاً مغناطيسياً منتظماً بصورة مائلة بحيث يمكن ان تكون للسرعة مركبة موازية للمجال ومركبة اخرى عمودية عليه. فان المركبة الموازية للمجال لن تتأثر بالمجال المغناطيسي بينما يتغير اتجاه المركبة العمودية للسرعــــــة (وليس مقدارها) باستمرار. وبذلك فان الجسيم سوف يسلك مساراً لولبياً. لاحظ الشكل.



B

<u>مثال تطبيقي:</u>

اطلق الكترون طاقته (2 Kev) داخل مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.1 T) وبزاوية قدرها (89°) مع اتجاه المجال. احسب:

1- السرعة التي قذف بها الالكترون.
2- نصف قطر المسار اللولبي للإلكترون.
3- الزمن الذي تطلبها الالكترون لكي يعمل دورة كاملة.
4- المسافة بين لفتين متجاورتين.

<u>الحل:</u>

-1

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad \rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$v = 2.65 \times 10^7 \, m/s$$

2- نحلل السرعة الى مركبتين:

$$v_\perp = v \sin(89) = 2.65 \times 10^7 \, m/s$$

$$v_{\parallel} = v\cos(89) = 2.65 \times 10^{7} \times 0.0175 = 4.64 \times 10^{7}\ m/s$$

ولما كانت المركبة العمودية للسرعة هي المسؤولة عن الحركة الدورانية للإلكترون فان نصف قطر المسار اللولبي للإلكترون.

$$\mathrm{r} = \frac{mv_{\perp}}{qB} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 2.65 \times 10^{7}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.1}$$

$$r = 1.5 \times 10^{-3} m$$

3- زمن الدورة الواحدة

$$T = \frac{2\pi r}{v_{\perp}}$$

$$T = \frac{2 \times 3.14 \times 1.5 \times 10^{-3}}{2.65 \times 10^{7}}$$

$$T = 3.55 \times 10^{-10} s$$

4- المسافة بين كل لفتين متجاورتين (d)

$$d = v_{\parallel} T$$

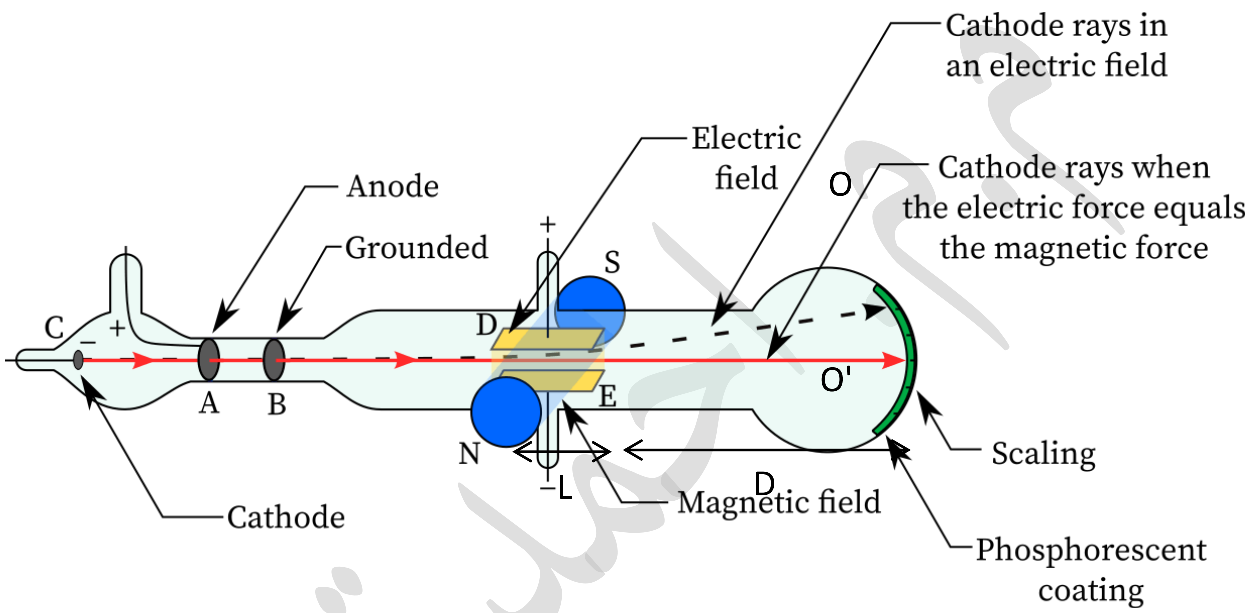
$$= 4.64 \times 10^{5} \times 3.55 \times 10^{-10}$$

$$d = 15.8 \times 10^{-5}\ m$$

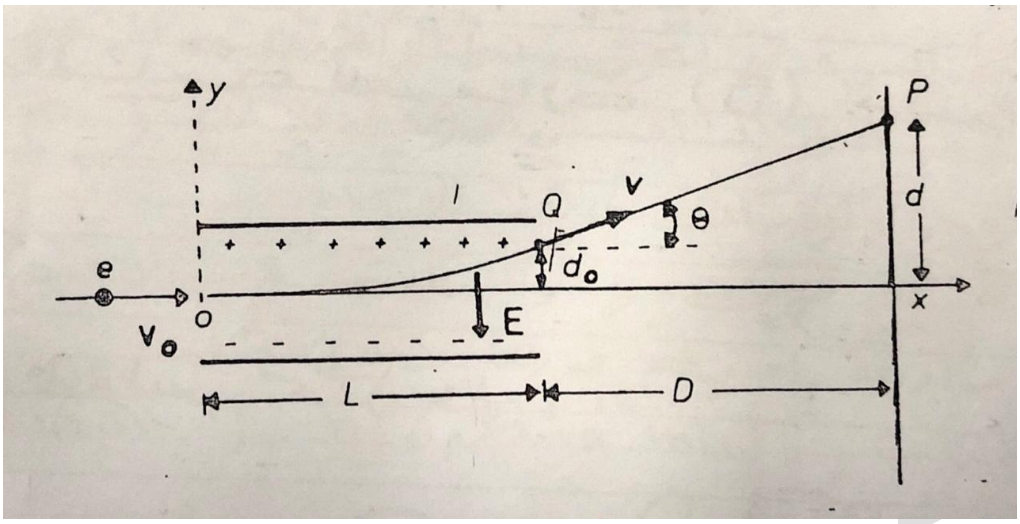
تجربة ثومسن لقياس (e/m) (Thomason's experiment)

استطاع العالم الانكليزي تومسون في عام 1897 ان يقيس النسبة بين شحنة وكتلة الالكترون (e/m) ما كان يدعى في ذلك الوقت بالأشعة الكاثودية او المهبطية (Cathode ray) والتي تسمى اليوم بالإلكترونات، وذلك بتطبيق العلاقات الرياضية التي تعبر عن سلوك الجسيمات المشحونة عندما تقع تحت تأثير المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

يتكون الجهاز الذي استعمله ثومسون من انبوبة زجاجية مفرغة تفريغاً جيداً من الهواء وتحتوي على بضعة اقطاب القطب (C) يدعى بالكاثود، ومنه تنبعث الالكترونات . اما القطب (A) فيدعى بالآنود واليه تندفع الالكترونات وتصطدم به. ولكن قسماً من هذه الالكترونات تمر عبر ثقب تصل الى قطب آخر (B) يحتوي على ثقب ايضاً. وبذلك تتكون حزمة ضيقة من الالكترونات تمر بين لوحين متوازيين، وبعد ذلك تصطدم بشاشة متفلورة (fluorescent screen) في نهاية الانبوبة كما موضع في الشكل . حيث تظهر بقعة مضيئة على الشاشة تدل على موضع اصطدام حزمة الالكترونات بها.



لقد استفاد ثومسون من حقيقة تأثر الجسيمات المشحونة بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية، فاستخدم اولاً فرق جهد بين اللوحين المتوازيين ، فنتج عن ذلك مجال كهربائي بين اللوحين شدته (E). فلو فرضنا ان اتجاه المجال كان نحو الاسفل ، لكانت النتيجة انحراف البقعة المضيئة على الشاشة من O الى 'O . وهذا يدل دلالة واضحة على ان الاشعة المهبطية هي جسيمات سالبة الشحنة يؤثر عليها المجال الكهربائي بقوة $(F = eE)$ فتنحرف عن مسارها الاصلي نحو الاعلى . ولو كانت الشحنات موجبة لانحرفت نحو الاسفل. ان مقدار الانحراف الذي يحدث على الشاشة المتفلورة (d) يمكن ايجاده كالتالي:



نفرض ان حركة الالكترون هي مشابهة لحركة الجسيم المقذوف افقياً في مجال الجاذبية الارضية. وعليه يمتلك الالكترون حركتان افقية باتجاه المحور X وهي حركة ذات سرعة ثابتة وحركة عمودية باتجاه المحور Y وهي حركة ذات تعجيل ثابت.

ان المسافة الافقية (x)التي يقطعها الالكترون بعد زمن قدره (t) تكون:

$$x = v_0 t$$

اما المسافة العمودية (y) التي يقطها الالكترون خلال نفس الزمن:

$$y = \frac{1}{2}at^2 \Longrightarrow y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2$$

وبالتعويض عن (t) نحصل على:

$$y = \frac{eE}{2mv_0^2}x^2$$

ولحساب مقدار الانحراف (d) على الشاشة نفترض ان طول اللوحين المتوازيين هو (L). ثم نجد زاوية الانحراف (θ) وذلك بحساب ميل المسار:

$$tan\theta = \frac{dy}{dx}_{|x=L}$$

$$\tan\theta = \frac{2Eex}{2mv_0^2}_{|x=L}$$

$$\tan\theta = \frac{eEL}{mv_0^2}$$

ولو كانت الشاشة تبعد مسافة (D) عن اللوحين المتوازيين نجد ان :

$$\tan\theta = \frac{d}{D}$$

ومن هاتين المعادلتين نحصل على:

$$d = \frac{eELD}{mv_0^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(**)$$

وعند تطبيق مجال مغناطيسي عمودي ومتجه نحو الورقة وفي نفس منطقة المجال الكهربائي تتولد قوة مغناطيسية مقدارها $(F_B = qv_0B)$ اتجاهها نحو الاسفل . اي بعكس اتجاه القوة الكهربائية وعند جعل القوة الكهربائية تساوي القوة المغناطيسية فأن:

$$F_e = F_B$$

$$eE = qv_0B \Rightarrow v_0 = \frac{E}{B}$$

وبالتعويض عن (v_0) بالمعادلة (**) نحصل على:

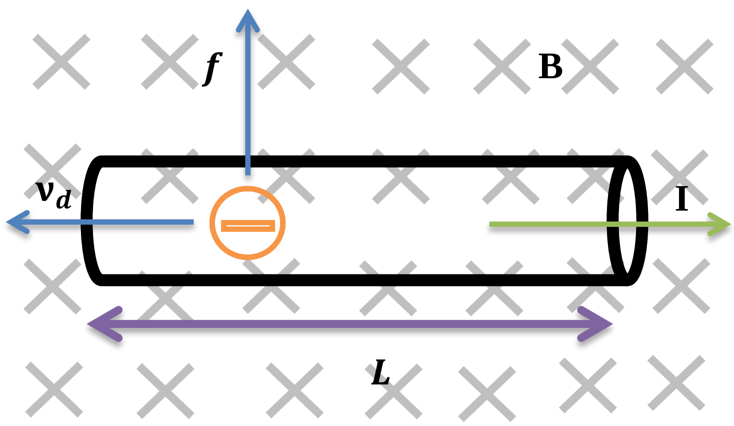
$$\frac{e}{m} = \frac{Ed}{LDB^2}$$

وبقياس الكميات في الجزء الايمن من المعادلة استطاع العالم تومسن حساب (e/m) وحصل على نتيجة لا تختلف كثيراً عن القيمة المعتبرة في الوقت الحاضر.

$$\frac{e}{m} = 1.758 \times 10^{11}\ C/Kg$$

القوة المغناطيسية المؤثرة على التيار الكهربائي:

ان التيار الكهربائي هو سيل من الشحنات المتحركة في وسط موصل وبما ان المجال المغناطيسي يؤثر بقوة جانبية على الشحنات المتحركة فمن الطبيعي ان يؤثر بقوة جانبية ايضاً عن السلك الموصل الذي يحمل تياراً كهربائياً . الشكل ادناه يبين جزءاً من سلك موصل طوله (L) ويحمل تياراً قدره (I) وموضوعاً بصورة عمودية على مجال مغناطيسي منتظم.



نفرض ان التيار في هذا السلك ينقل بواسطة الالكترونات الطليقة وان عدد هذه الالكترونات لوحدة الحجم من السلك هو (n) وان هذه الالكترونات تتحرك بسرعة تسمى سرعة الانجراف (v_d) وعليه فأنها تتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها :

$$f = ev_dB \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

لإيجاد مقدار (v_d) نفرض ان السلك الموصل طوله (L) ومساحة مقطعه (A) فان مجموع الالكترونات الطليقة التي يحتويها هذا الجزء من السلك تكون $N = nAL$

$$q = Ne = nALe$$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{nALe}{t} \Rightarrow t = \frac{nALe}{I}$$

$$\because v_d = \frac{L}{t}$$

$$\therefore v_d = \frac{I}{nAe}$$

بالتعويض عن (v_d) في المعادلة (1):

$$f = e \times \frac{I}{nAe} \times B$$

بما ان عدد الالكترونات الطليقة التي يحتويها السلك تساوي:

$$N = nAL$$

نجد ان القوة الكلية المؤثرة على الالكترونات:

$$F = Nf \Rightarrow F = nAL \times \frac{eI}{nAe}B$$

$$F = ILB$$

- ان هذه المعادلة تنطبق على الحالة الخاصة التي يكون فيها السلك عمودياً على المجال. الا ان التعبير الرياضي الاعم للقوة عندما يصنع السلك المستقيم زاوية (θ) مع المجال فيكتب بصيغة المتجهات كالاتي.

$$F = I\vec{L} \times \vec{B} \Rightarrow F = ILB\sin\theta$$

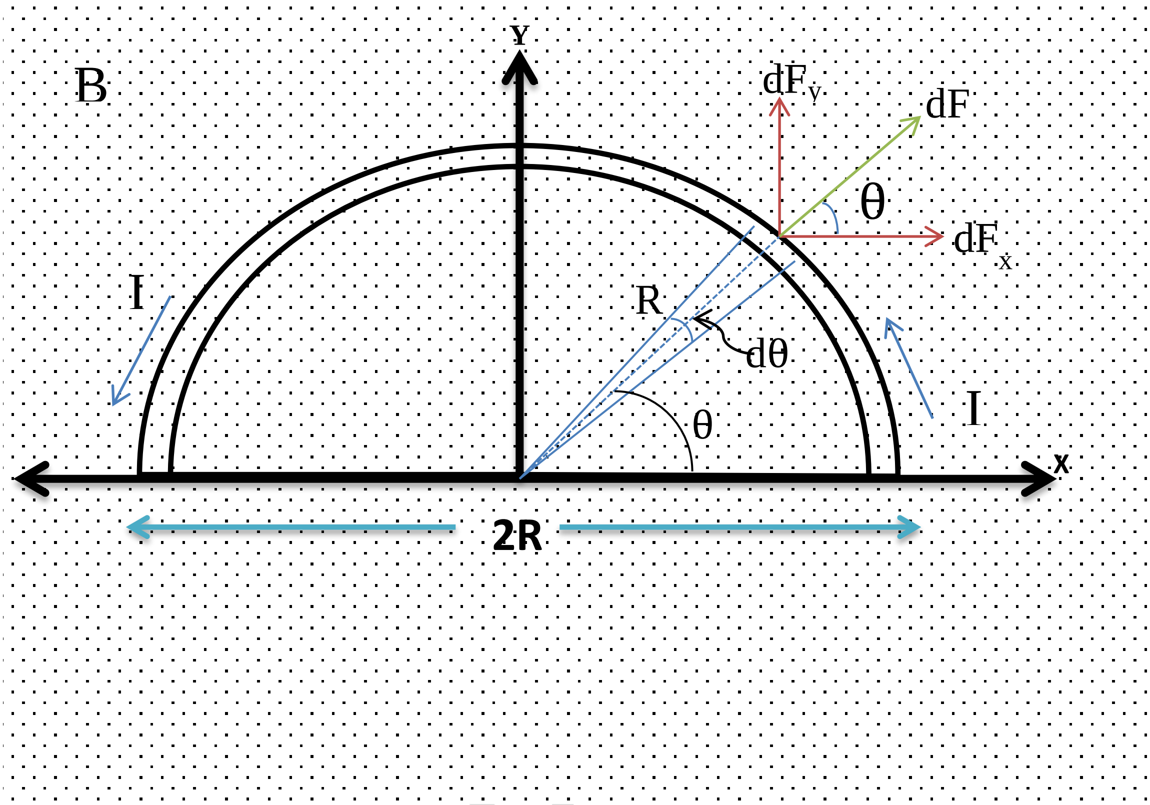
- ان اقصى قيمة للقوة نحصل عليها عندما يكون السلك عمودياً على المجال (θ=90°) . وتصبح القوة تساوي صفر عندما يكون السلك موازياً للمجال (θ=0).
- يمكن حساب القوة المؤثرة على الاسلاك غير المستقيمة وذلك بإيجاد القوة التي تنشأ على عنصر تفاضلي من السلك طوله (dL) حيث ان :

$$d\vec{F} = I\, d\vec{L} \times \vec{B}$$

ومن ثم تكامل هذه المعادلة فنحصل على القوة المؤثرة على السلك بأجمعه.

<u>مثال:</u>

اوجد مقدار القوة التي تنشأ على سلك بشكل نصف دائرة نصف قطرها (R) ويحمل تياراً مقداره (I) وموضوعاً بصورة عمودية في مجال مغناطيسي منتظم (B) كما في الشكل:



الحل:

ان القوة المؤثرة على العنصر dl

$$dF = IB\,dL$$

$$d\theta = \frac{dl}{R} \Rightarrow dL = R\,d\theta$$

$$\therefore dF = IBR\,d\theta$$

نحلل القوة الى مركبتين

$$F_y = \int dF_y = \int dF \sin\theta$$

$$= \int_0^{\pi} IBR(d\theta)\sin\theta$$

$$= IBR \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta$$

$$= IBR[-\cos\theta]_0^{\pi} = -IBR[(-1) - (1)]$$

$$F_y = 2IBR$$

اما المركبة الافقية فتصبح:

$$F_x = \int dF_x = \int_0^{\pi} dF \cos\theta$$

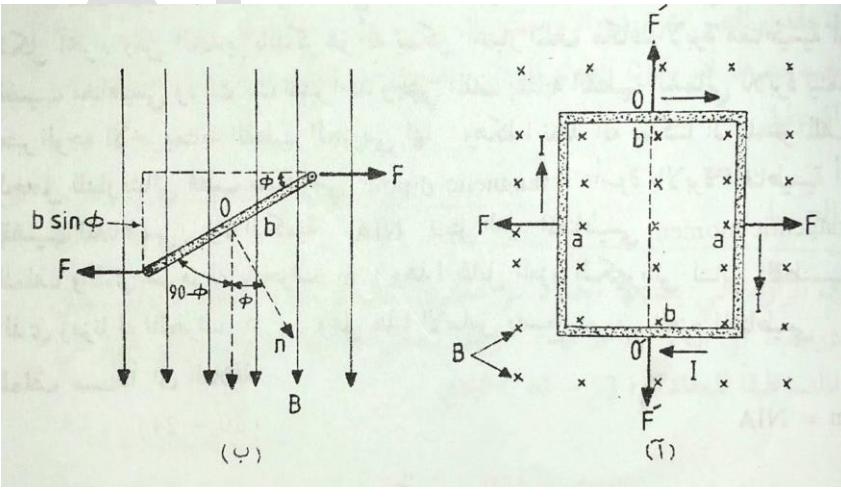
$$F_x = 0$$

وهذا واضح من التناظر حيث ان المركبات الافقية المؤثرة على عناصر النصف الاول تمحي نظيراتها من عناصر الجزء الاخر من السلك لكونها متعاكسة في الاتجاه، لذا فان القوة الكلية المؤثرة على السلك هي:

$$F = 2IBR$$

العزم الدوراني المؤثر على ملف يحمل تياراً

الشكل التالي يمثل ملفاً مستطيل الشكل يتكون من لفة واحدة موضوعاً بصورة عمودية في مجال مغناطيسي منتظم ، اي ان العمود المقام على مستوي الملف يصنع زاوية قدرها صفراً مع اتجاه المجال.



لنفرض ان الملف يحمل تياراً قدره (I) وان المجال عمودياً على الاضلع الاربعة للمستطيل فان كل من الضلعين المؤشرين بالحرف a سيتأثران بقوة مقدارها $(F = IaB)$ وان كل من الضلعين الاخريين b سيتأثران بقوة مقدارها $(F' = IbB)$.

لذا يصبح التالي:

- محصلة القوة المؤثرة على الملف صفراً.
- العزم الدوراني المؤثر على الملف صفراً ايضاً. لماذا؟

وذلك لان كل قوتين متقابلتين تعملان على خط العمل نفسه.

والان على فرض ان الملف دار قليلاً حول المحور (O'O) بحيث اصبح العمود المقام على مستواه يصنع زاوية قدرها $\emptyset$ مع اتجاه المجال وعليه:

- ان المجال سيبقى عمودياً على الضلعين (a) وان القوة المؤثرة على كل من هذين الضلعين ستبقى محافظة على قيمتها وهي:

$$F = IaB$$

- ولكن المجال سيصنع زاوية قدرها $(90 - \emptyset)$ مع الضلعين (b) وعليه تصبح القوة المؤثرة على كل منهما تساوي:

$$F' = IbB\sin(90 - \emptyset)$$

- بعد هذه العملية تبقى محصلة القوة المؤثرة على الملف صفراً
- الا ان العزم الدوراني المؤثر عليه حول المحور (O'O) لم يعد يساوي صفر. لماذا؟
- ان هاتان القوتان تشكلان ما يسمى بالمزدوج couple.
- الان العزم الدوراني لهذا المزدوج يساوي حاصل ضرب احدى القوتين في المسافة العمودية بين خطي عملهما. اي ان:

$$\tau = (IaB)(b\,sin\emptyset)$$

- المسافة العمودية بين هاتين القوتين في هذه الحالة تساوي $(b\,sin\emptyset)$.
- الكمية (ab) تساوي مساحة المستطيل (A) لذا فان العزم الدوراني المؤثر على الملف يصبح:

$$\boxed{\tau = IAB\,sin\emptyset}$$

$\emptyset$: الزاوية المحصورة بين العمود على مستوي الملف واتجاه المجال.

يمكن كتابة العزم الدوراني بالصيغة الاتجاهية التالية:

$$\boxed{\vec{\tau} = I\,\vec{A} \times \vec{B}}$$

$\vec{A}$: متجه المساحة.

- اذا كان الملف مكون من عدد من اللفات ولتكن N فان العزم الدوراني يتضاعف بقدر عدد اللفات ليصبح:

$$\tau = (\mathrm{NIA})B\ sin\emptyset$$

- العلاقة اعلاه تعتبر صيغة عامة لأي شكل من اشكال الملف.
- يمكن اعتبار احد اوجه الملف مكافئ للإبرة المغناطيسية وعليه يمكن تسمية الملف الحامل للتيار بثنائي القطب المغناطيسي magnetic dipole وان المقدار (NIA) تمثل العزم المغناطيسي magnetic moment والذي يرمز له بالرمز (m) وهو يقابل العزم الكهربائي لثنائي القطب والذي يرمز له (p).

$$m = NIA$$

$$\boxed{\begin{gathered} \therefore \tau = mB\ sin\emptyset \\ or \\ \vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} \end{gathered}}$$

❖ اشتق وحدة العزم الدوراني τ.(H.W.)

مسائل الفصل الاول

س1: دخل بروتون المجال المغناطيسي الارضي فوق الاستواء بسرعة عمودية على المجال قدرها $(10^7 m/s)$. احسب مقدار القوة الجانبية التي تنشأ عليه علماً بان شدة المجال المغناطيسي الارضي في تلك المنطقة تساوي $(1.3 \times 10^{-7} T)$. ثم قارن هذه القوة مع قوة جذب الارض للبروتون.

س2: أُطلق جسيم كتلته (0.5 g) بسرعة افقية قدرها $(6 \times 10^4 m/s)$ وشحنته $(2.5\ \mu C)$ ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب تسليطه لكي يستمر الجسيم متحركاً بالاتجاه الافقي نتيجة تعادل قوة الجاذبية الارضية مع القوة المغناطيسية؟.

س3: عُجل الكترون خلال فرق جهد مقداره (182 v) فاذا سلط مغناطيس منتظم مقداره $(0.01\ T)$ بصورة عمودية على اتجاه حركة الالكترون. ما مقدار القوة المغناطيسية الجانبية المؤثرة على الالكترون؟

س4: اذا علمت ان شدة المجال المغناطيسي الارضي في منطقة ما على سطح الارض تساوي $(3.5 \times 10^{-5} T)$ وان زاوية الميل المغناطيسي في هذه المنطقة مقدارها $30°$. احسب الفيض المغناطيسي خلال سطح افقي مساحته $150\ cm^2$.

س5: برهن على ان وحدة الفيض المغناطيسي (الويبر) تعادل (فولت×ثانية) $wb = V.s$.

س6: حلقة دائرية قطرها $(40\ cm)$وضعت بصورة عمودية في مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.5T) ما مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة. كم يصبح مقدار الفيض المغناطيسي عندما يصنع المجال المغناطيسي زاوية (37°) مع مستوى الحلقة؟.

س7: قذف الكترون في مجال مغناطيسي بصورة عمودية عليه فصنع مسارا دائرياً نصف قطره $(1.2\ cm)$ احسب الفيض المغناطيسي خلال المسار الدائري للإلكترون اذا علمت ان سرعة الالكترون كانت $(10^6\ m/s)$.

س8: دخل الكترون طاقته (10 Kev) بصورة عمودية في مجال كهربائي منتظم شدتـــــه $(10^4$ V/m) ما مقدار اصغر مجال مغناطيسي يمكن تسليطه بحيث يستمر الالكترون متحركاً بنفس اتجاهه الاصلي دون اي انحراف؟ اهمل قوة جاذبية الارض للإلكترون.

س9: اطلقت حزمة من الالكترونات بسرعة $(10^6\ m/s)$ بصورة عمودية على مجال مغناطيسي منتظم . فاذا علمت ان هذه الالكترونات صنعت مسارا دائرياً نصف قطره (0.1 m) احسب شدة المجال المغناطيسي وكذلك عدد الدورات التي تعملها الالكترونات في الثانية الواحدة.

س10: وضع ملف مستطيل الشكل طوله (8 cm) وعرضه (5 cm) بصورة موازية لمجال مغناطيسي منتظم شدته (0.15 T) فاذا علمت ان الملف مكون من عشر لفات ويحمل تيار مقداره (1A) ما مقدار:

a) العزم الدوراني للملف؟
b) العزم المغناطيسي؟
c) اقصى عزم دوراني يمكن ان يولده هذا المجال على ملف يحمل نفس مقدار التيار؟ علماً ان الطول الكلي المصنوع منه الملف مساوياً لطول سلك الملف المستطيل.

س11: احسب مقدار القوة المؤثرة على سلك طوله (1 m) ويحمل تيار قدره (10 A) ويصنع زاوية قدرها (30°) مع مجال مغناطيسي شدته (1.5 T).
س12:سلك من الالمنيوم يمتد افقياً من الشرق الى الغرب في المجال المغناطيسي الارضي فوق منطقة خط الاستواء . احسب مقدار كثافة التيار اللازم امراره في هذا السلك بحيث تتعادل القوة المغناطيسية المؤثرة عليه مع قوة جذب الارض له اذا علمت ان شدة المجال المغناطيسي في تلك المنطقة تساوي $(7 \times 10^{-5} T)$ وان كثافة الالـــمنيوم هي $(2.7 \times 10^{3} kg/m^{3})$.