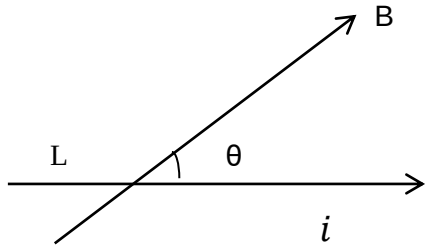
الفصل الثاني // القوة على موصل يمر فيه تيار كهربائي

1-2 القوة على موصل يسري فيه تيار كهربائي موجود في مجال مغناطيسي

اذا سلط مجال مغناطيسي على موصل يسري خلاله تيار كهربائي ظهرت على الموصل قوة مغناطيسية . يتكون الموصل من عدد كبير من الشحنات (الالكترونات) الحرة وكما قلنا سابقا فان كل شحنة ستتأثر بقوة مغناطيسية وما القوة على الموصل الا محصلة تلك القوى المغناطيسية المؤثرة على الشحنات الحرة



اذا كان لدينا موصل (سلك) طوله(L) يسري فيه تيار شدة (i) يقع تحت تأثير مجال مغناطيسي مقداره Bيصنع زاوية θ مع السلك ستتولد قوة مغناطيسية على كل الكترون من الالكترونات المكونة للتيار مقدارها

$$F = eVBsin\theta ----(1)$$

فاذا كان(n) يمثل عدد الالكترونات الحرة في المتر المكعب الواحد، فالسلك الذي طوله (L) يحوي عدد من الالكترونات الحرة يساوي(nAL) حيث A مساحة مقطع السلك، وعليه تكون محصلة القوى على الطول :

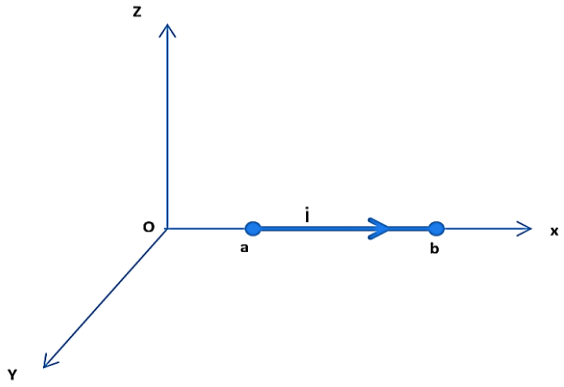
$$F = (eVBsin\theta)nAL = enVALBsin\theta \quad -----(2)$$

من الفصل السابق لدينا $i = enVB$

$$\therefore F = iLBsin\theta$$

وهي القوة المغناطيسية على سلك طوله (L) والتيار المارفيه (i) واقع تحت تأثير مجال مغناطيسي (B) الزاوية (θ) هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه السلك (اتجاه التيار).

مثال1// في الشكل التالي السلك(ab) طوله 140 cm والمسافة oa=60 cm ويمر فيه تيار شدته (3A) سلط عليه مجال مغناطيسي منتظم B= 0.2T . جد مقدار القوة المسلطة على السلك اذا كانت B تؤثر: 1-باتجاه المحور Z. 2-في مستوى بموازاة السطح XY وباتجاه يصنع زاوية 60^0 مع محور X- 3باتجاه محور.



1) B باتجاه المحور Z وعليه تكون القوة:

$$F = iLBsin\theta = 3 \times 1.4 \times 0.2 \times sin90 = 0.84\ N$$

2) في هذه الحالة فان الزاوية θ المحورة بين اتجاه المجال واتجاه السلك هي 60^o اي ان:

$$F = iLBsin\theta = 3 \times 1.4 \times 0.2 \times sin60 = 0.42\sqrt{3}\ N$$

3) B باتجاه المحور X وعليه فان الزاوية θ المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه السلك هي 0 اي ان:

$$F = iLBsin\theta = 3 \times 1.4 \times 0.2 \times sin0 = 0$$

مثال2// جد مقدار القوة المسلطة على السلك ab في المثال السابق اذا كانت B تؤثر باتجاه المحور Z الا انها تتغير وفق المعادلة التالية: $B = (x^2 + 2x + 1)mT$

الحل : في هذا المثال نجد ان B المؤثرة على السلك تختلف من نقطة الى اخرى الا ان الزاوية θ ثابتة لجميع اجزاء السلك

$$dF = i\ dL\ B\ sin\theta\ \ =\ \ i\ dx\ B\ sin90$$

$$dF = 3 \times (x^2 + 2x + 1) \times 10^{-3}\ dx$$

وبالتكامل ينتج :

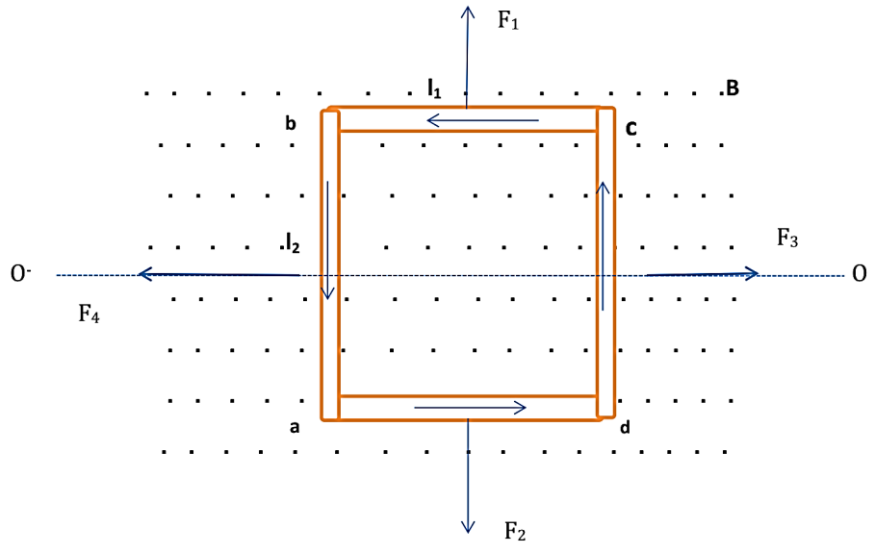
$$F = 3 \times 10^{-3} \int_{0.6}^{2} (x^2 + 2x + 1)dx = 3 \times 10^{-3} \left(\frac{x^3}{3} + x^2 + x\right)_{0.6}^{2} = 0.022N$$

2-2 عزم الازدواج على ملف يمر خلاله تيار كهربائي موجود في مجال مغناطيسي

اذا كان لدينا ملف على شكل مستطيل قابل للدوران حول المحور OÓ يسري خلاله تيار شدته (i) بالاتجاه المبين، فعند تسليط مجال مغناطيسي عمودي على الملف تتولد قوة مغناطيسية على كل ضلع من اضلاعه مقدارها iBL تؤثر بصورة عمودية على كل ضلع وستكون كل قوتين متقابلتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه:

$$F_1 = -F_2 = iBL_1$$

$$F_2 = -F_3 = iBL_2$$



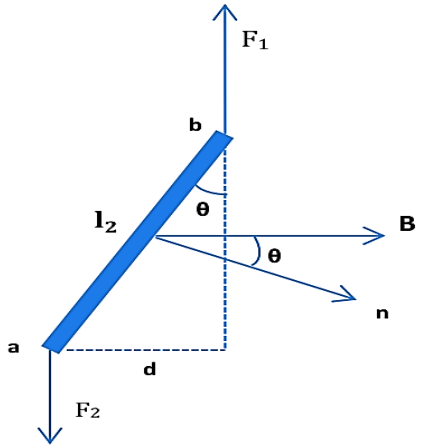
اذا لم يكن المجال المغناطيسي عموديا على الملف بل كان يميل بزاوية θ مع اتجاه سطح الملف(n) فسيتولد **عزم ازدواج(دوران)** حول المحور OÓ مقداره:

$$T = F_1 d - - - -(1)$$

من الشكل التالي نلاحظ ان $sin\theta = \frac{d}{L_2} \rightarrow d = L_2 sin\theta - - - -(2)$

نعوض (2) في (1) ينتج: $T = F_1 L_2 sin\theta = (iBL_1)(L_2\ sin\theta) = iL_1 L_2 B sin\theta$

$$\boldsymbol{T = iABsin\theta} - - - -(\mathbf{3})$$



واذا كان الملف يتكون من عدد N من اللفات فأن **عزم الازدواج** يصبح

$$T = N\ i\ A\ B\ sin\theta ----(4)$$

يمكن كتابة المعادلة (4) بشكل ضرب اتجاهي كما يلي: $T = Ni\ (\bar{A} \times \bar{B}) ----- (5)$

يطلق على المقدار (NiA) اسم **عزم ثنائي القطب المغناطيسي** ويرمز له بالرمز (μ) وبالتالي تصبح المعادلة (5) بالشكل الاتي:

$$T = \bar{\mu} \times \bar{B} ----- (6)$$

مثال3// ملف على شكل مستطيل طوله 40 cm وعرضه 30 cm وعدد لفاته 100 يمر فيه تيار كهربائي 1.5 amp موجود في مجال مغناطيسي B=0.4T. جد عزم الازدواج اذا كان اتجاه السطح يصنع مع لتجاه Bزاوية مقدارها1- 90^0 . 2- 60^0 . 3- :صفر.

1) اذا كانت الزاوية بين Bو اتجاه السطح هي 90^0 فان :

$$T = N\ i\ A\ B\ sin\theta = 100 \times 1.5 \times (0.4 * 0.3) \times 0.4 \times sin90 = 7.2\ (N.m)$$

2) اذا كانت الزاوية بين B و اتجاه السطح هي 60^0 فان :

$$T = N\ i\ A\ B\ sin\theta = 100 \times 1.5 \times (0.4 * 0.3) \times 0.4 \times sin60 = 3.6\sqrt{3}\ (N.m)$$

3) اذا كانت الزاوية بين B و اتجاه السطح هي 0^0 فان :

$$T = N\ i\ A\ B\ sin\theta = 100 \times 1.5 \times (0.4 * 0.3) \times 0.4 \times sin0 = 0$$

3-2 الكلفانومتر ذو الملف المتحرك

الكلفانومتر هو جهاز يستخدم لقياس شدة التيارات الكهربائية الضعيفة . يتكون الجزء الاساسي فيه من ملف من الاسلاك معلق في مجال مغناطيسي ثابت (فكي مغناطيس) فعند مرور تيار كهربائي خلال الملف يتولد عليه عزم ازدواج فيدور حول محور التعليق فيدور معه المؤشر (X) المتصل به والذي يتحرك طرفه على القرص المدرج (D). مقدار انحراف المؤشر يتناسب مع شدة التيار المار في الجهاز. ان عزم ازدواج الملف هو

$$T = N\ i\ A\ B\ sin\theta \quad -----(1)$$

$$\theta = 90^o$$

$$T = N\ i\ A\ B \quad -----(2)$$

ونتيجة لهذا العزم يدور الملف ويبرم سلك التعليق او النابض فيتولد بذلك عزم لي مضاد مقداره:

$$T = K\Phi \quad -----(3)$$

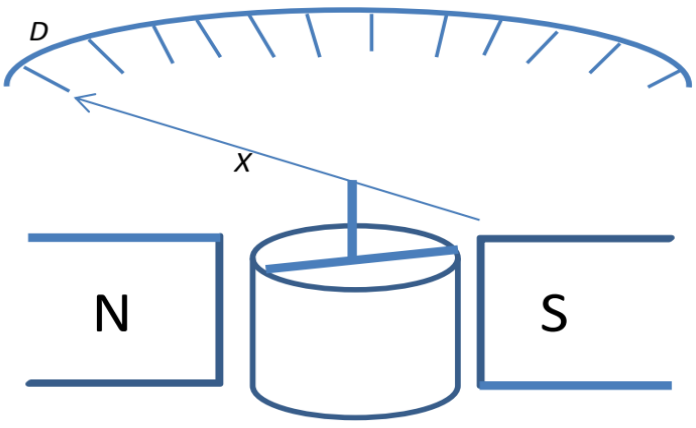
تمثيل K ثابت اللي و Φ زاوية البرم.

يتوقف دوران الملف عندما يتساوى هذان العزمان وعندها يكون:

$$K\Phi = NiAB$$

$$\therefore i = \left(\frac{K}{NAB}\right)\Phi \quad -----(4)$$

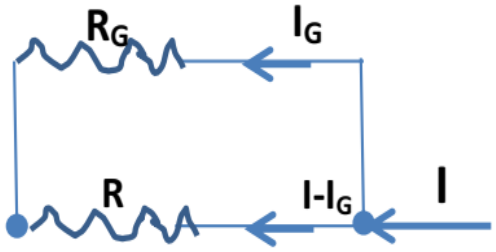
المقدار بين القوسين ثابت ، فالتيار المار خلال الجهاز اذن يتناسب طرديا مع زاوية البرم التي تتناسب بدورها مع حركة المؤشر على القرص المدرج.



تحويل الكلفانومتر الى اميتر:

لنفرض لدينا كلفانومتر مقاومته الداخلية تساوي R_G وينحرف مؤشره عندما يمر فيه تيار شدته I_G فأذا اريد تحويل الكلفانومتر الى اميتر بحيث ينحرف مؤشره عندما يمر خلال الجهاز تيار شدته (I) فاننا نربط مقاومة صغيرة مقدارها R على التوازي مع مقاومة الكلفانومتر R_G .

نحسب قيمة المقاومة R من خلال قوانين ربط المقاومات . المقاومتان R_Gو Rمربوطتان على التوازي، أي ان فرق الجهد بين طرفي المقاومتين متساو: من الرسم نلاحظ ان



$$I_G R_G = (I - I_G)\mathrm{R}$$

$$\therefore \mathbf{R}\frac{\boldsymbol{I_G R_G}}{\boldsymbol{I - I_G}}$$

مثال4// كلفانومتر مقاومته الداخلية 12 Ω وينحرف مؤشره انحرافا كاملا عندما يمر خلاله تيار شدته 20mA المطلوب تحويل هذا الكلفانومتر الى اميتر مدى قياسه 2A .

الحل:

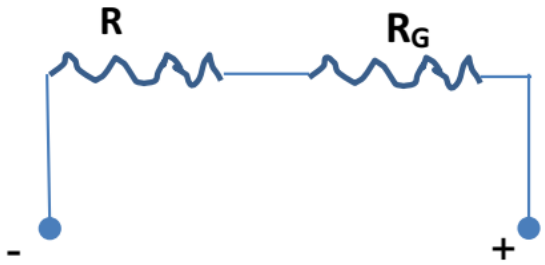
نربط مع الكلفانومتر مقاومة على التوازي مقدارها R ,ونحسب قيمتها من المعادلة:

$$\mathrm{R}\frac{I_G R_G}{I - I_G}$$

$$\mathrm{R} = \frac{20 \times 10^{-3} \times 12}{2 - 20 \times 10^{-3}} = 0.1212\ \Omega$$

تحويل الكلفانومتر الى فولتميتر:

لتحويل الكلفانومتر الى فولتميتر بحيث ينحرف مؤشره عندما يكون فرق الجهد بين قطبيه V فاننا نربط مقاومة كبيرة مقدارها Rعلى التوالي مع مقاومة الكلفانومتر R_G .نحسب قيمة المقاومة Rمن خلال قوانين ربط المقاومات . المقاومتان R_G و R مربوطتان على التوالي ،أي ان فرق الجهد بين قطبي الكلفانومتر:



$$V = I_G R_G + I_G R$$

$$\boldsymbol{R = \frac{V - I_G R_G}{I_G}}$$

مثال5 // كلفانومتر مقاومته الداخلية 15 Ω وينحرف مؤشره انحرافا كاملا عندما يمر خلاله تيار شدته 12mA المطلوب تحويل هذا الكلفانومتر الى فولتميتر مدى قياسه 10 volt .

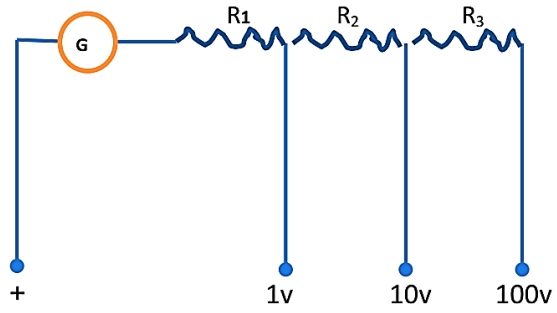
الحل:

نربط مع الكلفانومتر مقاومة على التوالي مقدارها R ,ونحسب قيمتها من المعادلة:

$$\boldsymbol{R = \frac{V - I_G R_G}{I_G}}$$

$$\mathrm{R} = \frac{10 - 12 \times 10^{-3} \times 15}{12 \times 10^{-3}} = 818.3\ \Omega$$

مثال 6// الشكل التالي يمثل فولتميتر ذو اربعة مدى للقياس ، المقاومة الداخلية للكلفانومتر 12Ω وينحرف مؤشره انحرافا كاملا عندما يمر خلاله تيار شدته 10mA .جد قيمة كل من المقاومات R1 و R2 و R3 .



الحل//

$$\boldsymbol{R = \frac{V - I_G R_G}{I_G}}$$

$$\mathrm{R_1} = \frac{1 - 10 \times 10^{-3} \times 12}{10 \times 10^{-3}} = 88\Omega$$

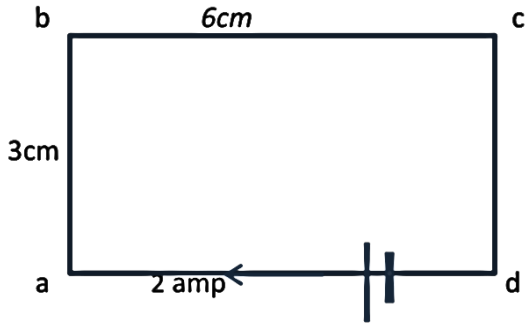
$$\mathrm{R_2} = \frac{10 - 10 \times 10^{-3} \times (12 + 88)}{10 \times 10^{-3}} = 900\Omega$$

$$\mathrm{R_3} = \frac{100 - 10 \times 10^{-3} \times (12 + 88 + 900)}{10 \times 10^{-3}} = 9000\Omega$$

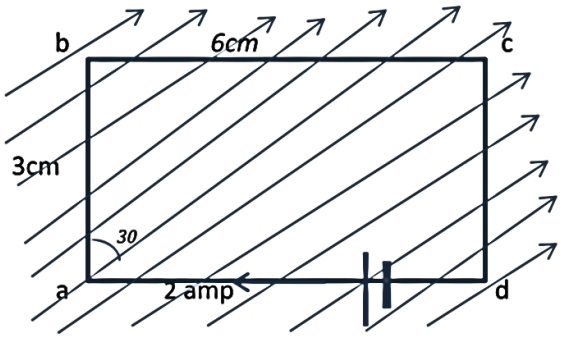
واجبات الفصل الثاني:

1) سلك مستقيم طويل يمتد بصورة افقية باتجاه شمال – جنوب – يمر خلاله تيار شدته (623mA) نحو الشمال . فاذا كان الحث المغناطيسي الارضي في تلك المنطقة يساوي ($10^2\mu T$) وكانت زاوية الميل 53^0 فما مقدار واتجاه القوة المسلطة على (0.15cm) من ذلك السلك.

2) الشكل التالي يمثل ملف سلكي على شكل مستطيل يمر خلاله تيار شدته 2amp بالاتجاه المبين . جد مقدار القوة على كل ضلع عند تسليط مجال مغناطيسي منتظم 1- B=0.5T باتجاه عمودي على السطح ومتجه نحو القارئ 2- باتجاه يوازي سطح المستطيل ويوازي الضلع*ab* . 3- جد عزم الازدواج في كل حالة.



3) حل السؤال السابق اذا كان المجال المغناطيسي يؤثر بصورة موازية لسطح المستطيل وباتجاه يصنع زاوية مقدارها 30 مع ab



4) كلفانومتر مقاومته 20Ω وينحرف مؤشره انحرافا كاملا عندما يمر خلاله تيار شدته 20mA .جد مقدار المقاومة الواجب ربطها مع الكلفانومتر وبين كيفية الربط لتحويله؟

1-الى اميتر مدى قياسه (4A) . 2-الى فولتميتر مدى قياسه (20V).