الكلية	التربية للعلوم الصرفة
القسم	الفيزياء
المادة باللغة الانجليزية	**Advanced Electricity**
المادة باللغة العربية	كهربائية متقدم
المرحلة الدراسية	الثانية
اسم التدريسي	د. مصطفى زعين محمد
عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية	**The Magnetic Field of a Solenoid**
عنوان المحاضرة باللغة العربية	المجال المغناطيسي لملف حلزوني
رقم المحاضرة	3
المصادر والمراجع	كتاب الكهربائية والمغناطيسية المتقدم
	Advanced Electricity and Magnetism in English

ثالثاً: المجال المغناطيسي لملف حلزوني

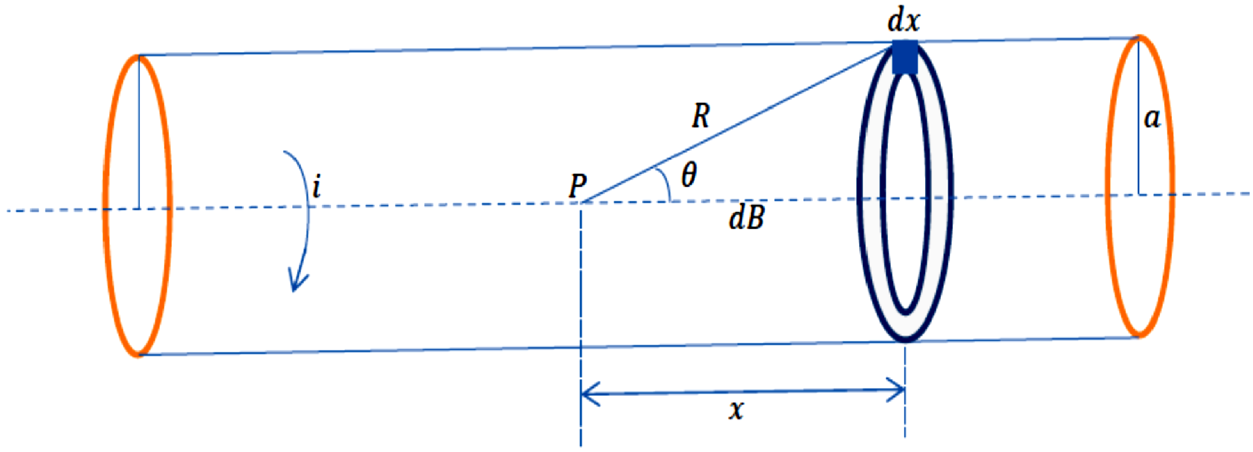
The Magnetic Field of a Solenoid

إيجاد B في نقطة واقعه على محور ملف إسطواني:

يسمى التيار المار في سلك ملفوف لفاً متلاصقاً حول إسطوانة بالتيار الحلزوني، ولايجاد قيمة الحث المغناطيسي عند النقطة P كما في الشكل، نفرض أن الملف يمر به تيار شدته i وطوله l وعدد لفاته N فتكون عدد اللفات لوحدة الطول n هي $n = \frac{N}{l}$ والناتجه من قسمة عدد اللفات على الطول.

وعن اخذ مقطع صغير من الاسطوانه مقداره dx فإن عدد اللفات التي يحويها هذا الطول هي $N = ndx$

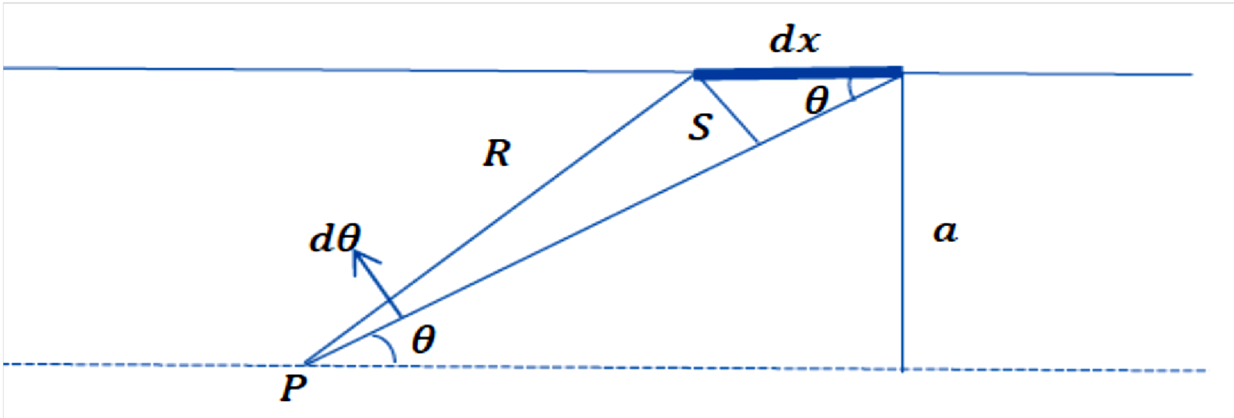
ان الجزء المستقطع من الاسطوانة في هذه الحالة يكون اشبه بالسلك الدائري وبالتالي فان لدينا سلكا دائريا نصف قطره a يسري فيه تيار كهربائي شدته i والمطلوب ايجاد المجال المغناطيسي B في نقطة P التي تبعد عن مركز السلك مسافة x ، وبالعودة للمعادله السابقة فإن قيمة الحث dB الناشئ عن الجزء dx عند النقطة P هو:



d

من الشكل نجد أن

عند تكبير الجزء dx للتوضيح وكما في الشكل،



نجد أن الزاويه θ مقاسة بالقياس النصف قطري أي ان:

وعند مساواة القيميتين نحصل على $Rd\theta = dxsin\theta$ ← $dx = \frac{Rd\theta}{sin\theta}$

$\therefore$

من الرسم نجد أن $sin\theta = \frac{a}{R}$

$\therefore$

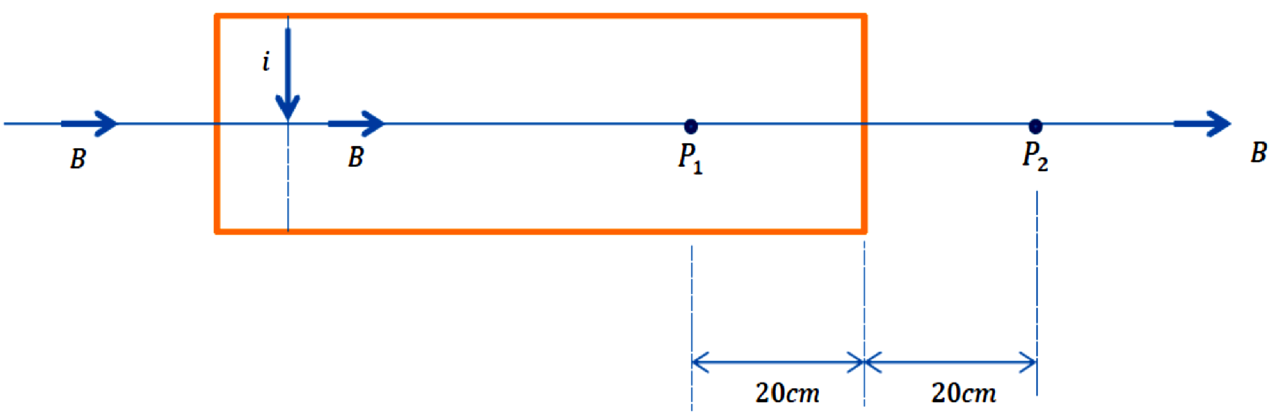
نأخذ التكامل للطرفين نحصل على

B

ويمكن إيجاد قيمة كل من $cos \propto_1$, $cos \propto_2$ من خلال قوانين المثلثات البسيطة.

حالة خاصة: إذا كان الملف الحلزوني طويل جداً وكانت النقطة P بعيدة عن أي من الطرفين فإن $\propto_2 = \pi$, $\propto_1 = 0$ عندئذٍ فإن B تساوي:

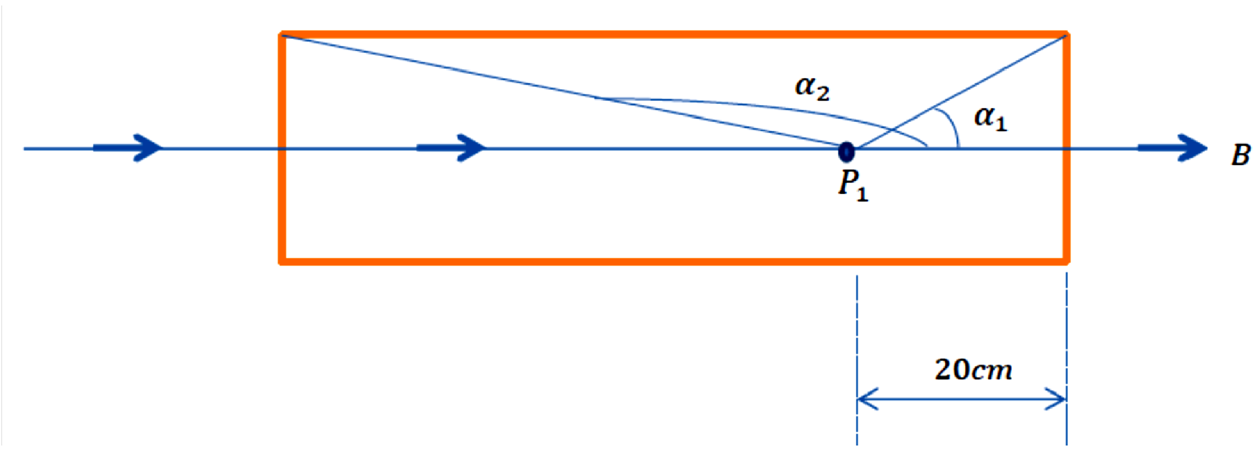
مثال: ملف إسطواني نصف قطره 10cm وطوله 80cm يتألف من 1200 لفة ويمر فيه تيار شدته 5amp. كما في الشكل. جد B في كل من النقطتين P_1 ، P_2



الحل/

أولاً: B عند النقطة P_1

من تحليل الرسم بالنسبه للنقطة P_1



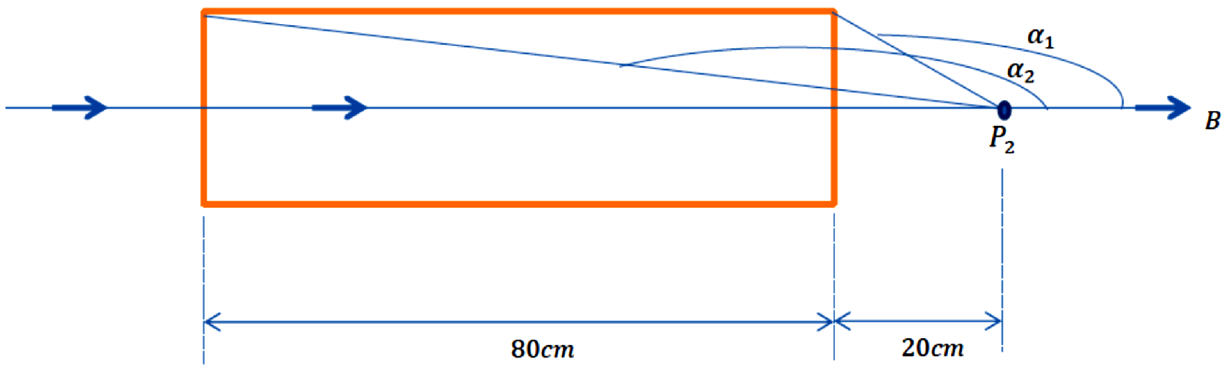
cos

cos

$B = \frac{4\pi * 10^{-}}{}$

$=$

ثانياً: B عند النقطة P_2



cos

cos

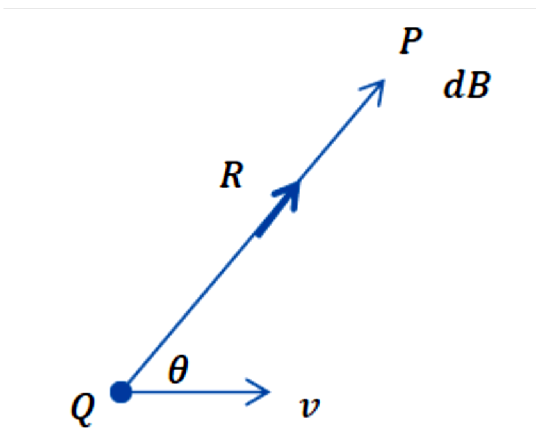
$B = \frac{4\pi * 10^{-}}{}$

$=$

الحث المغناطيسي لشحنة كهربائية متحركة:

الشحنة الكهربائية المتحركة تكون مجال مغناطيسي، والحث المغناطيسي الناشيء عن شحنة متحركه في نقطة ما يتوقف على نوع الوسط، مقدار الشحنة الكهربائية، سرعة الشحنة، وبعد النقطة من الشحنة وموقعها منها.

فاذا كان لدينا شحنة مقدارها q تتحرك بسرعة V والمطلوب ايجاد المجال المغناطيسي في نقطة مثل P التي تبعد مسافة R عن الشحنة كما في الشكل.



حسب قانون بايوت ـ سافرت فإن الحث المغناطيسي يساوي:

θ تمثل الزاوية المحصورة بين R والسرعة V (إتجاه حركة الشحنة)

وجدنا سابقا أن التيار يساوي $i = nevA$ وعند تعويضه بالمعادلة اعلاه نحصل:

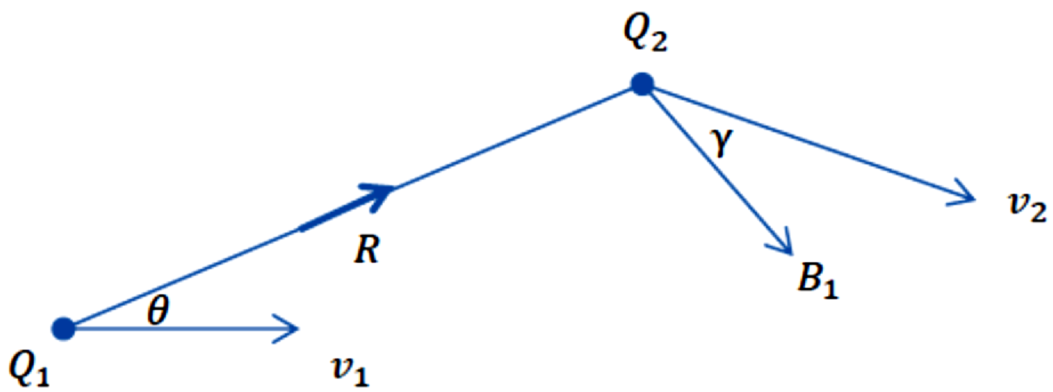
$dB =$

يمثل المقدار (neAdl) كمية الشحنة المكونه للتيار في الجزء dl أي أن

بتكامل الطرفين نحصل على:

المعادلة اعلاه تعطينا المجال المغناطيسي الناشئ عن شحنة مقدارها Q تتحرك بسرعة V في نقطة P التي تبعد مسافة R عن الشحنة.

الان لو وضعنا في النقطة P شحنة ثانية مقدارها Q_2 تتحرك بسرعة V_2 لاصبح لدينا شحنة كهربائية متحركة في مجال مغناطيسي B_1 متولد من الشحنة الاولى وبالتالي ستتولد على الشحنة الثانية قوة مغناطيسية كما حصلنا عليها في الفصل الثاني مقدارها وكما مبين بالرسم:



حيث أن γ هي الزاوية المحصورة بين B_1 وبين V_2 إتجاه حركة الشحنة الثانية

نعوض عن المجال المغناطيسي بالقوة المغناطيسية التي حصلنا عليها(المعادلة أعلاه) نحصل على:

حيث أن θ الزاوية المحصورة بين R وبين V_1 اتجاه حركة الشحنة الاولى.

حيث أن γ هي الزاوية المحصورة بين B_1 وبين V_2 إتجاه حركة الشحنة الثانية.

أما R فتمثل المسافة بين الشحنتين Q_1 و Q_2

في الوقت نفسه هناك مجالا مغناطيسيا B_2 ناشئ عن الشحنة الثانية Q_2 يؤثر على الشحنة الاولى Q_1 بقوة مغناطيسية F_1 ولها نفس قيمة القوة الثانية وتعاكسها بالاتجاه.

مثال: شحنة نقطية مقدارها $8*10^{-12}$ coul تتحرك بسرعة مقدارها $2*10^5$ m/sec نحو الشرق. جد مقدار B في الحالات التالية:

أولاً: في نقطة تقع 30^0 شمال شرق الشحنة وتبعد عنها بمسافة 2m .

ثانياً: في نقطة تقع شرق الشحنة وتبعد عنها بمسافة 30cm .

ثالثاً: في نقطة تقع جنوب الشحنة وتبعد عنها بمسافة 40cm .

الحل/ نجد المجال المغناطيسي باستخدام المعادلة التالية:

اولاً: عندما تكون $\theta = 30^0$

$$\therefore B = \frac{(4\pi * \ldots}{}$$

ثانياً: تكون $\theta = 0^0$

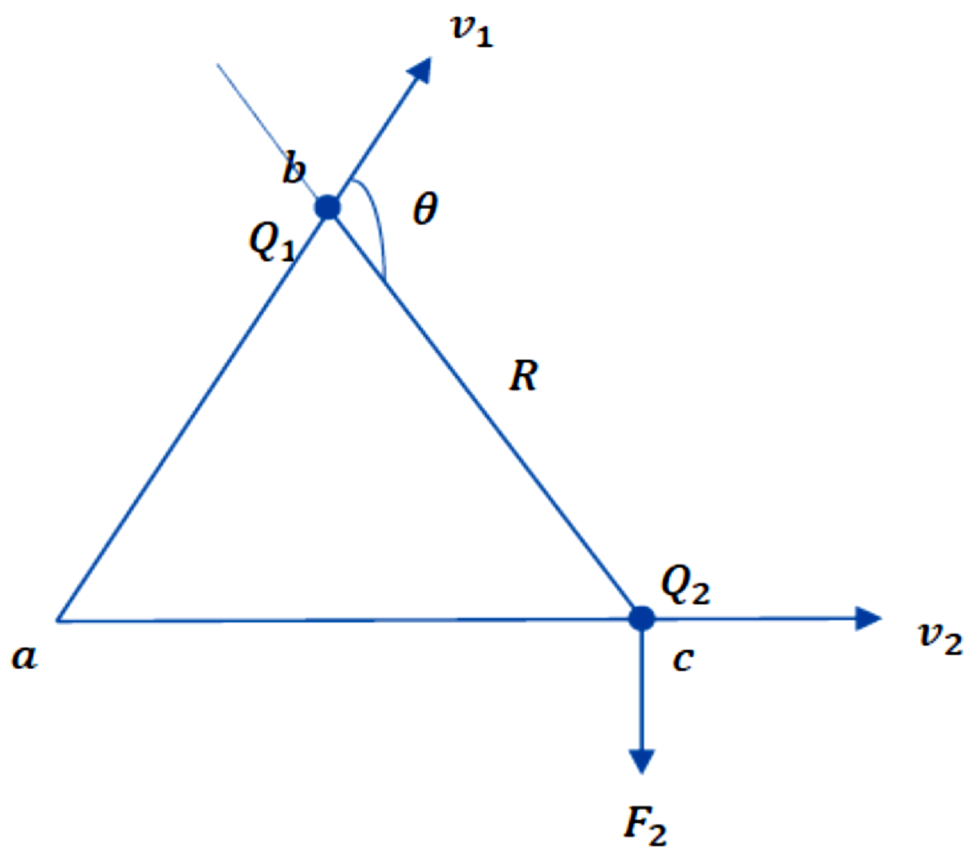
بما أن $\theta = 0^0$ أذن $B = 0$

ثالثاً: $\theta = 90^0$

$$\therefore B = \frac{(4\pi *$$

مثال: abc مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه 50cm ، شحنتان Q_1 ، Q_2 انطلقتا من نقطة a ، عندما مرت الشحنه Q_1 من النقطة b كانت سرعتها $2*10^5$m/sec ومتجهه بإستقامة $\overrightarrow{ab}$ وبنفس تلك اللحظة مرت الشحنة Q_2 من النقطة c وبسرعه مقدارها $3*10^5$m/sec ومتجهه بإستقامة $\overrightarrow{ac}$. جد مقدار القوة بين الشحنتين في تلك اللحظة إذا كانت

$Q_2 = -6 * 10^{-8}$ coul ‘ $Q_1 = 4 * 10^{-8}$ coul



الحل/ نستخدم المعادله التاليه

حيث أن θ الزاوية المحصورة بين R وبين V_1 اتجاه حركة الشحنة الاولى، ويمكن تحديدها من خلال إكمال الزاوية المستقيمة 180^0 ، ومن المعلوم أن كل زاوية من زوايا المثلث المتساوي الاضلاع هي 60^0 وبالتالي فالزاوية المقابلة لزاوية بالرأس هي 60^0 أيضاً أي أن $\theta = 180 - 60 = 120$

الحث B يكون عمودي V_2 وهذا يعني ان $\gamma = 90^0$

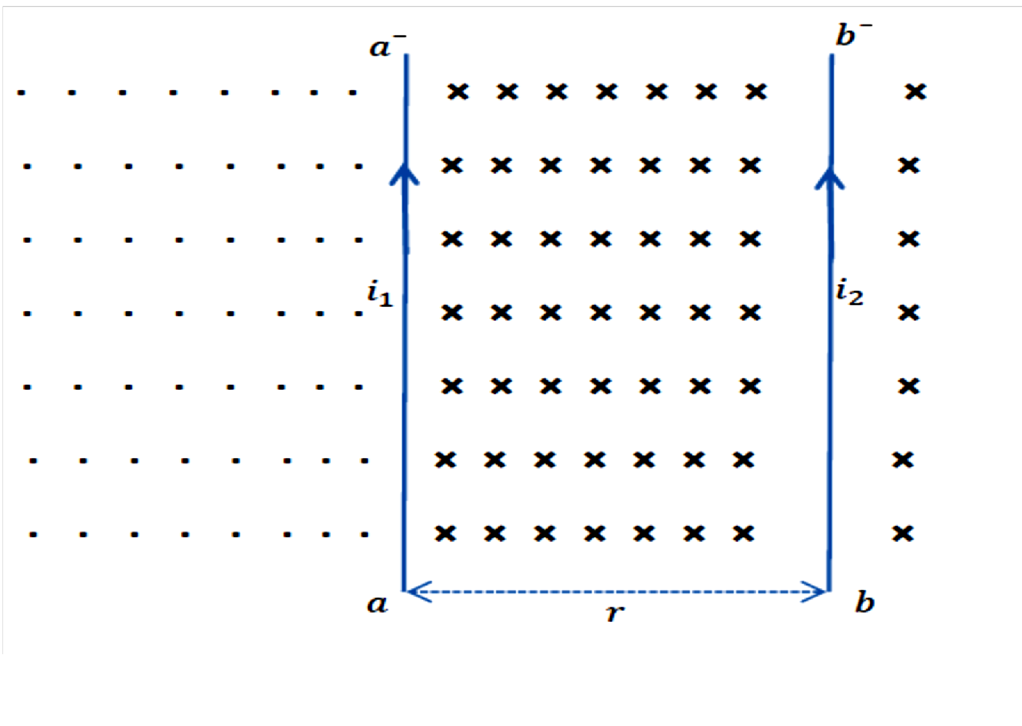
F_2

$= \frac{(4\pi * 10^{-7}}{}$

$* sin120sin9$

القوة بين سلكين مستقيمين متوازيين طويلين يسري في كل منهما تيار كهربائي:

أي موصلين أو أكثر يسري خلالهما تيار فهناك قوة مغناطيسية بينهما.



الحث المغناطيسي لسلك مستقيم طويل في نقطة على بعد r

السلك □bb واقع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $B = \frac{\mu_\circ i_1}{2\pi r}$ يؤثر بصوره عمودية على السلك.

القوة المؤثرة على طول مقداره l من السلك □bb

القوة على وحدة الطول هي:

القوة واقعة في مستوى الصفحة أيضاً وتؤثر بصورة عمودية على السلك وتتجه نحو السلك □bb .

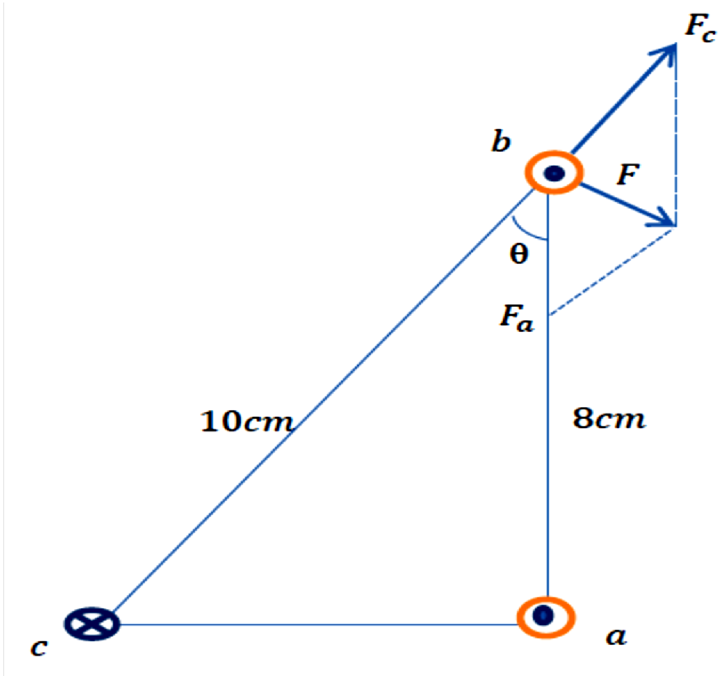
إذا كان التياران i_1 و i_2 بإتجاه واحد يتجاذبان وإذا كانا بإتجاهين متعاكسين يتنافران.

لو جعلنا شدة التيار في كل من السلكين عبارة عن أمبير واحد والمسافة بينهما متر واحد وكانا في الهواء أو الفراغ

$F =$

إذن الامبير: هو ذلك التيار ثابت الشدة لو سرى في كل من سلكين متوازيين طويلين المسافة بينهما متر واحد موجودين في الهواء تولد نتيجه لذلك قوة مقدارها $2*10^{-7}$ على كل متر من السلكين.

مثال: a , b , c تمثل ثلاث اسلاك مستقيمة طويلة عمودية على سطح الصفحة يمر في السلك a تيار شدته .4amp وفي السلك b يمر تيار شدته .5amp بنفس إتجاه التيار في السلك a ويمر خلال السلك c تيار شدته .2amp بعكس إتجاه التيار في a . جد مقدار القوة المسلطه من قبل السلكين c , a معاً على 2.5m من السلك b.



الحل/ القوة على وحدة الطول

القوة المسلطة من قبل c على متر واحد من b هي:

القوة المسلطة من قبل السلك a على متر واحد من b هي:

لحساب محصلة القوى المؤثرة نستخدم قانون الجيب تمام

$F = \sqrt{F_c$

وعليه فإن القوة على 2.5m ون السلك b تساوي: