**Sources of Magnetic Fields مصادر المجال المغناطيسي**

درسنا في الفصل الاول تعريف المجال المغناطيسي وخصائصه وتأثيره على الشحنة المتحركة وتأثيره على سلك يمر به تيار كهربائيين بقوة وعلى ملف يمر به تيار مما يؤثر عليه بازدواج، لكننا لم نتعرض إلى دراسة تفصيلية لمصدر المجال وكيفية حسابه، في هذا الفصل سوف نتعرض إلى دراسة مصادر المجال المغناطيسي وكيفية حسابه وندرس قانونين من القوانين التي تتعامل مع هذه الموضوع القانون الأول يدعى قانون بيوت - سافارت (Biot - Savart law) والقانون الثاني هو قانون امبير(Ampere's Law). وهذين القانونين يناظران قانونين سبق وان دُرست في الكهربائية والمغناطيسية (المرحلة الاولى) وهما قانون كولوم وقانون كاوس لحساب المجال الكهربائي.

­­

**2-1 قانون بيوت – سافارت Biot - Savart Law[[1]](#footnote-1) The**

بعد اكتشاف التأثير المغناطيسي بواسطة العالم اورستد Oersted)) لسلك يمر به تيار كهربائي ويؤثر على ابرة مغناطيسية موضوعة بالجوار. قام العالمين بيوت و سافارت بعدة تجارب وقد توصلوا للعلاقة بين التيار المار في سلك والمجال المغناطيسي الناتج عنه عند اية نقطة في الفراغ. وهذه العلاقة مبنية على المشاهدات الناتجة عن مجال مغناطيسي d عند نقطة ((P والمتعلق بعنصر طول من سلك يحمل تيار كهربائي مقدارة I شكل 1، وهذه المشاهدات هي:

1. أن متجه المجال المغناطيسي d لعنصر صغير من السلك طوله عند نقطة P في الفراغ يكون دائما عموديا على كلاً من ( التي تشير باتجاه التيار) ومتجه الوحدة الذي يتجه من إلى النقطة P.
2. يتناسب مقدار المجال المغناطيسي d عكسيا مع مربع المسافة r2 الواقعة بين والنقطة P.
3. يتناسب مقدار المجال المغناطيسي d طرديا مع كل من التيار المار في السلك I و عنصر الطول dℓ.
4. يتناسب مقدار المجال المغناطيسي d طرديا معsin θ حيث أن الزاويةθ هي الزاوية المحصورة بين متجه الازاحة والعنصر من السلك .

هذه المشاهدات اخُتصرت بالصيغة الرياضية المعروفة بقانون بيوت - سافارت:

**(1)**

حيث ان *Km* ثابت التناسب تعتمد قيمته على اختيار وحدات القياس وقيمته في النظام العالمي (.S.I):

**(2)**

حيث ان:

ويُحصل من المعادلتين 1 و 2 على قانون بيوت - سافارت للمجال المغناطيسي الناتج عن عنصر صغير من سلك وهي كالتالي:

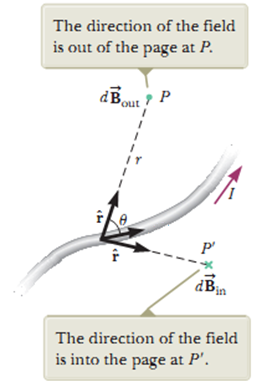
**(3)**

لا حظ ان المعادلة 3 مشابهة لقانون كولوم للمجال الكهربائي الناتجة عن عنصر الشحنة :dq

**(4)**

المعادلة 3 تعطي قيمة المجال المغناطيسي الناشئ عن عنصر صغير من السلك dℓ ولذلك يجب اجراء عملية التكامل للمعادلة 3 للحصول على قيمة المجال المغناطيسي الناتج من السلك كله:

**(5)**



**الشكل (1): المجال مغناطيسي d عند نقطة P نتيجة لمرور تيار كهربائي مقداره I بعنصر طول من سلك (قانون بيوت و سافارت) [4].**

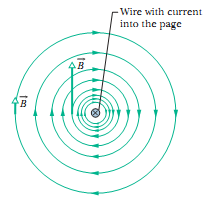
ويمكن التعبير عن الحث المغناطيسي B بدلالة كثافة التيار J، وكما يلي:

**(6)**

حيث S مساحة مقطع السلك، وdV الحجم، وبالتعويض من المعادلة 6 في المعادلة 5 يُحصل على:

**(7)**

وبدراسة المجال المغناطيسي حول موصل مستقيم يمر به تيار كهربائي I بواسطة إبره مغناطيسية صغيرة نجد ان خطوط القوى المحيطة بالموصل عبارة عن دوائر مغلقة مركزها الموصل وفي مستوى عمودي عليه واتجاهها يعين بقاعدة ابهام اليد اليمنى، بحيث يشير الابهام إلى اتجاه التيار ويشير اتجاه الاصابع الاخرى حول السلك الى اتجاه خطوط القوى المغناطيسية، بينما يمثل المماس عند أي نقطة على خط القوى اتجاه الحث المغناطيسي B كما في الشكل 2.



**الشكل (2): خطوط المجال المغناطيسي الناتجة عن مرور تيار في موصل مستقيم، حيث يلاحظ ان خطوط القوى له عباره عن دوائر مغلقة مركزها الموصل، واتجاه التيار يكون الى داخل الصفحة كما مشار اليه بالرمز [6].**

اذا كان هنالك مجالات مغناطيسية ناتجة عن مصادر تياريه (current sources) يمكن جمعها جمعا اتجاهيا للحصول على محصلة المجالات، كما حصل بالنسبة للمجال الكهربائي الناتج عن شحنات مختلفة.

ولذلك اذا كان لدينا دوائر مغلقة تمر بها التيارات , I3 , …. , In , I2 I1 بحيث تعطى كل دائرة مجالا مغناطيسيا قيمها على التوالي , B3 , …. , Bn , B2 B1 فإن محصلة هذه المجالات هي:

**(8)**

وحسب المعادلة 5 فإن:

**(9)**

**2-2 التفرق الاتجاهي للحث المغناطيسي B Divergence of Magnetic Induction**

يشكل الحث المغناطيسي B مجالا متجها له تفرق اتجاهي يمكن كتابته بالصورة التالية:

**(10)**

هذه المعادلة مهمه وهي احدى معادلات ماكسويل، وبمقارنتها بالمعادلة الخاصة بالمجال الكهربائي E (التي تم دراستها في المرحلة الاولى) وهي:

**(11)**

نجد ان ρ تمثل كثافة الشحنة الكهربائية لشحنة منفردة سواء كانت موجبة او سالبة. وهذا الوضع لا يمكن حدوثة في المغناطيسية لأنه لا يمكن الحصول على وحدات منفردة لشحنة مغناطيسية تماثل الشحنة الكهربائية وهذه الشحنات تسمى بالمغناطيس أحادي القطب (magnetic monopoles)، والأبحاث التجريبية لم تنجح في اثبات وجوده كما تكلمنا في الفصل الاول من هذا المقرر، ولذلك ستبقى صحيحة ما لم يتم اكتشاف مغناطيس احادي القطب.

**2-3 قانون امبير Ampere's Law**

قانون أمبير هو صياغة أخرى للعلاقة بين التيار والمجال المغناطيسي الناشئ عنه في صورته التكاملية ويستخدم في حل المسائل التي تحتوي على درجة عالية من التماثل. وينص هذا القانون على ان التكامل الخطي(line integral) للحث المغناطيسي حول مسار مغلق اختاري يساوي مجموع التيارات داخل هذا المسار مضروبا في معامل نفاذية الفراغ 0µ، أي ان:

**(12)**

*حيث عنصر الطول من المسار المغلق c و θ الزاوية بين و* B

*المعادلة 12 هي في حالة وجود اكثر من تيار داخل المسار المغلق. اما في حالة وجود تيار واحد فيمكن ان تكتب هذه المعادلة بالصيغة الآتية:*

**(13)**

تسمى المعادلة 13 بقانون امبير الدائري ( الدوائري) او قانون امبير. والاشارة السالبة او الموجبة التي تسبق تعتمد على اشارة المسار والتيار I المار بالدائرة C. فإذا اختير اتجاه التكامل للمسار C بحيث يمثل العمودي عليه n الاتجاه الموجب وكان اتجاه التيار في الدائرة Cمع اتجاه فإن قيمة موجبة. أما إذا كان ضده فإن سالبة.

ولما كان التيار يعطى بالمعادلة :

فإن المعادلة 13 يمكن ان تكتب بدلاله كثافة التيارJ ، كالآتي:

**(14)**

ولكن حسب نظرية ستوكس:

فإن:

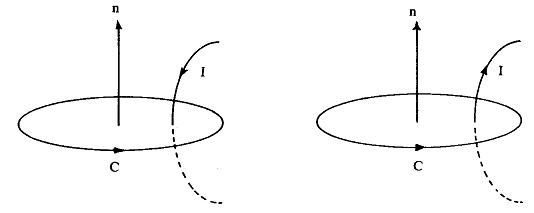
**(15)**

حيث S هي المساحة المحاطة بالمسار المغلق C.

ويحصل من المعادلتين 14 و 15 على:

**(16)**

وهذه المعادلة تدل على ان الحث المغناطيسي ليس مجالاً محافظاً لان لا تساوي دائما الصفر، وهذه النتيجة تخالف المجال الكهربائي الساكن.



**الشكل (3):يمثل الاتجاه المصطلح للتيار وعلاقته بالتكامل حول المسار cحسب قانون امبير.**

**2-4 تطبيقات لحساب المجال المغناطيسي Application of magnetics field**

**2-4-1 حساب المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمر في موصل مستقيم**

**Magnetics field due to a current in straight conductor**

لحساب الحث المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في سلك رفيع مستقيم عند نقطة تقع خارجة مثل النقطة P كما في الشكل 4، نتبع ما يلي:

1. **باستعمال قانون بيوت – سافارت**

يٌقسم السلك الى اجزاء صغيرة طول كل جزء dx فيكون الحث المغناطيسي عند النقطة P الناتج عن مرور التيار في هذا الجزء هو dB، ويعطى بالمعادلة الآتية:

ويكون الحث المغناطيسي الناتج عن كامل السلك هو:

**(17)**

حيث r المسافه بين dx و P ، *θ* الزاوية بين dx و r ، كما في الشكل 4.

فاذا استعملت المحاور الديكارتية لتحديد اتجاه عنصر الحث المغناطيسي dB بحيث يقع التيار I على محور x وياخذ الاتجاه الوارد في الشكل 4 وتقع P على محور zفإن dB يقع في المستوي yz ويتخذ الاتجاه العمودي على المستوي xz، الذي يقع فيه كل من r و dx و مماس لخط القوة C.

ولتسهيل حساب التكامل يٌستبدل المتغير بالزاويه *θ، وبالعودة للشكل 4 ، يمكن الحصول على:*

*r=a* csc*θ , x=a cotθ , dx= - a csc2θ dθ*

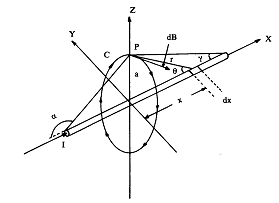
وبالتعويض في المعادلة 17 يكون:

**(18)**

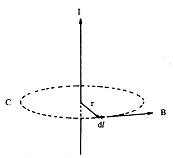
فإذا كان السلك طويلا جدا بالمقارنة الى المسافة a، ولم تكن النقطة P قريبة من طرفي السلك فإن:

γ=0 , α=π

**(19)**



**الشكل (4): حساب الحث المغناطيسي، عند النقطة P الناتج عن مرور تيار كهربائي في موصل مستقيم، باستعمال قانون بيوت – سافارت.**



**الشكل (5): حساب الحث المغناطيسي ، الناتج عن مرور تيار كهربائي في موصل مستقيم، باستعمال قانون امبير.**

1. **باستعمال قانون امبير الدوائري**

اذا مر تيار كهربائي I في موصل مستقيم فإن خطوط القوى المغناطيسية حول الموصل عبارة عن دوائر مركزها الموصل نفسه. فإذا أعتبر أن إحدى هذه الدوائر تمثل مسارا مغلقا حول التيار وكان نصف قطر هذا المدار r، كما في الشكل 5، فإن اتجاه هو اتجاه نفسه، مماس لخطوط القوى. وبتطبيق قانون امبير يٌحصل على:

**or**

وهي المعادلة 19 نفسها.

اذا كان للسلك سمك نصف قطر a وكانت كثافة التيار J منتظمة خلال مقطعه الداخلي فإن التيار داخل الاسطوانة ( ) سيكون:

,

وبتطبيق قانون امبير داخل الاسطوانة يُحصل على:

**or**  , r ≤ a  **(20)**

وعند تطبيق قانون امبير للتيار خارج الاسطوانة، فإنه يعطي نفس النتيجة في المعادلة 19 اي ان:

r ˃ a **(21)**

1. (play [/](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English)[ˈbiːoʊ](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English#Key) [səˈvɑr](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English#Key)[/](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English) or [/](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English)[ˈbjoʊ](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English#Key) [səˈvɑr](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English#Key)[/](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:IPA_for_English))   [↑](#footnote-ref-1)