محاضرات في مقرر الكهرومغناطيسية

٢٢١فيز

جامعة الملك سعود - قسم الفيزياء

د. أسعد عبد الخالق

موقع الفريد في الفيزياء

موقع الفريد في الفيزياء

٢٢١ فيز

المحاضرة الأولى

الكهرومغناطيسية

الكهرومغناطيسية – باختصار- تصف التفاعل الذي يتم بين الجسيمات المشحونة وبين مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية . ويمكن تقسيم الكهرومغناطيسية إلى ؛
١) الإليكتروستاتيكا التي تدرس الشحنات الكهربية في حالة السكون ،
٢) والإليكتروديناميكا التي تدرس التفاعل بين الشحنات المتحركة والإشعاع .
**النظرية الكلاسيكية للكهرومغناطيسية: تعتمد علي قانون قوي لورنتز ومعادلات ماكسويل

* بالنسبة للإليكتروستاتيكا: فهي دراسة الظواهر المرتبطة بالأجسام المشحونة في حالة السكون ، وهذه الأجسام بالتأكيد تبذل قوي باتجاه بعضها البعض ، كما وصفها قانون كولوم . وسلوك هذه الأجسام يمكن تحليلها ومعرفتها من خلال مفهوم أن أي جسم مشحون يكون محاطا بمجال كهربي بحيث إذا كان هناك جسم مشحون آخر يقع في مجال الجسم الأول فإنه بدوره يقع تحت تأثير قوي تتناسب مع مقدار الشحنة والقطبية التي تسبب حدوث تجاذب أو تنافر بين الجسيمات المشحونة . الإليكتروستاتيكا لها تطبيقات كثيرة، بدءا من تحليل الظواهر مثل العواصف الرعديه إلي دراسة سلوك أنابيب الإلكترون

* الإليكتروديناميكا: هو دراسة الظواهر المرتبطة بالأجسام المشحونة المتحركة . حيث أن الشحنات الكهربية المتحركة تنتج مجال كهربيا يحيط بها، فإن الإليكتروديناميكا تختص بالآثار الناتجة عن ذلك مثل؛ المغناطيسية و الإشعاع الكهرومغناطيسي و الحث الكهرومغناطيسي. هذه المواضيع من الإليكتروديناميكا

موقع الفيزياء

تعرف بالإليكتروديناميكا الكلاسيكية ، وكانت قد شرحت لأول مرة بواسطة جيمس ماكسويل، ومعادلات ماكسويل تصف ظواهر هذا المجال أي الإليكتروديناميكا الكلاسيكية بطريقة جيدة وعامة . الآن هناك تطور حديث لمجال الإليكتروديناميكا الكمومية الذي يتضمن قوانين نظرية الكم لشرح تأثير الإشعاع الكهرومغناطيسي علي المادة . ديراك و هايسينبيرج و باولي كانوا روادا في صياغة الإليكتروديناميكا الكمية . الإليكتروديناميكا النسبية – من جهة أخري – تفسر التصحيحات التي تجريها نظرية النسبية علي سرعة الجسيمات المشحونة عندما تقترب من سرعة الضوء . وهي تنطبق على الظواهر المتضمنة في معجلات الجسيمات ، و أنابيب الإلكترون التي تحمل فروق جهد وتيارات عالية . الكهرومغناطيسية تشمل عديد من ظواهر العالم الحقيقي التي في ذاتها تعتبر ظواهر ذات خواص كهرومغناطيسية . فعلى سبيل المثال ، الضوء عبارة عن مجال كهرومغناطيسي متذبذب الذي يُشع من جسيمات مشحونة معجلة . مبادئ الكهرومغناطيسية تجد العديد من التطبيقات في مختلف المجالات مثل موجات الميكروويف ، والهوائيات ، والآلات الكهربائية ، والاتصالات الفضائية، والكهرومغناطيسية الحيوية ، البلازما ، والأبحاث النووية ، والألياف البصرية، والتداخل والتوافق الكهرومغناطيسي، وتحويل الطاقة الكهروميكانيكية، ومعرفة الأرصاد من خلال الرادار ، والإستشعار عن بعد.

**وتشمل الأجهزة الكهرومغناطيسية : المحولات الكهربية ، والمبادلات ، وأجهزة الراديو والتلفاز ، والهاتف ، والمحركات الكهربائيه ، وخطوط الإرسال ، وموجهات الموجات ، والألياف البصرية ، وأجهزة الليزر.

مقدمة عن المجال الكهربي

١ – الشحنات الكهربية نوعان:

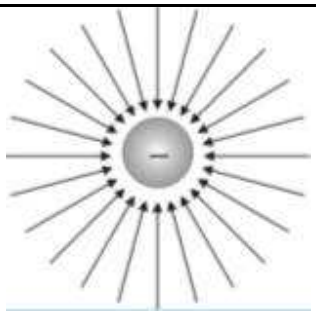
ولوحظ ما يلي:

أ) حول الشحنات الكهربية خطوط مجال كهربي يختلف اتجاهها بنوع الشحنة

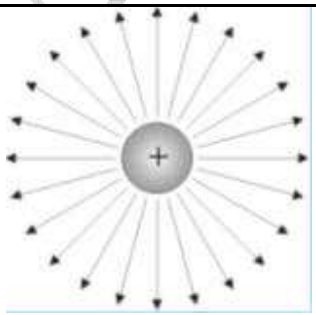
ب) الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب

ج) اقل شحنة كهربية هي شحنة الإلكترون أو البروتون

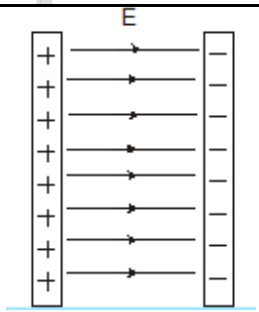
د) شحنة الإلكترون = $١٠^{-١٩} \times ١,٦$ كولوم



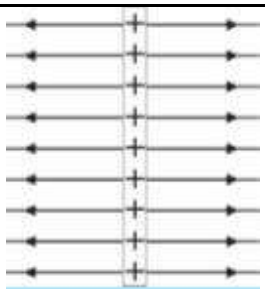
Electric field lines due to -ve charge



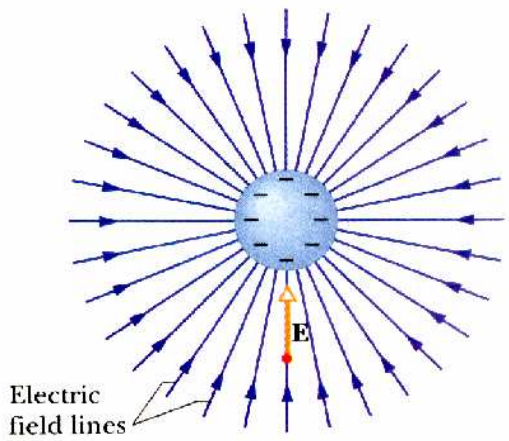
Electric field lines due to +ve charge

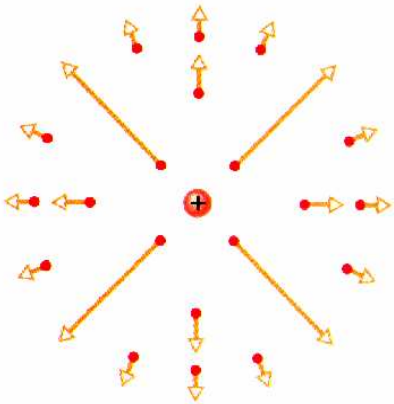


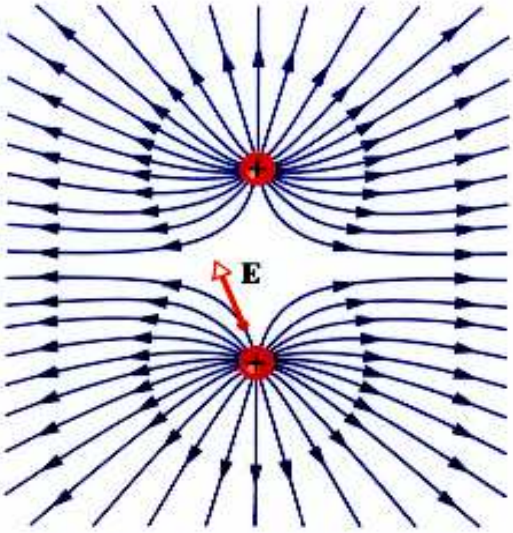
Electric field lines due two surface charge

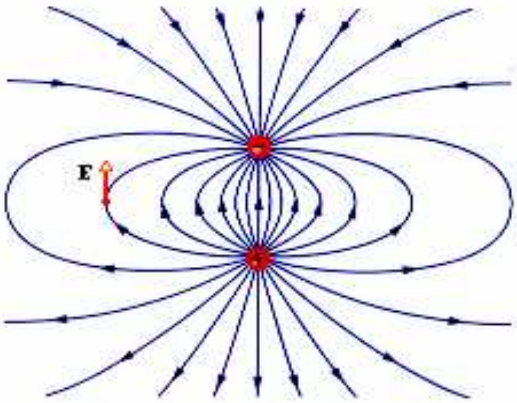


Electric field lines due to +ve line charge



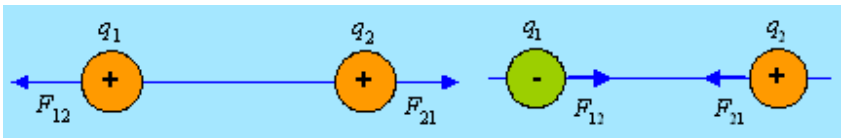


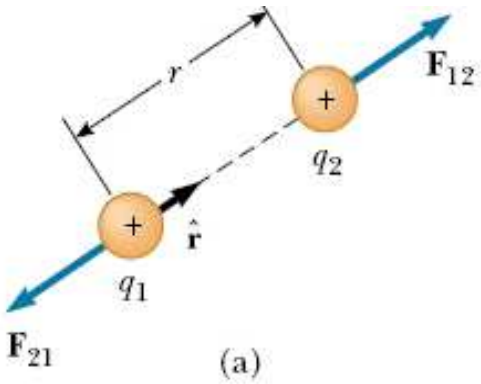




٢. قانون كولوم

عندما تتقارب شحنتين يحدث بينهما احد احتمالين (تجاذب أو تنافر) وكلاهما قوى كهربية يحكمها قانون كولوم وينص على " تتناسب قوى التجاذب أو التنافر بين جسمين مشحونين تناسبا طرديا مع حاصل ضرب شحنتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما "





القانون هو: $F = K_c \frac{q_1 . q_2}{r^2}$

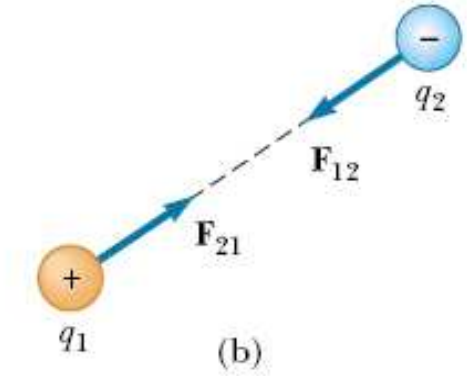
حيث: q_1 , q_2 هما قيمة الشحنتين،

r المسافة بينهما , K_c هو ثابت التناسب يساوي

$(K_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9 N.m^2/C^2)$

وهو يعتمد نفاذية الوسط $(\varepsilon_0 = 8{,}85\times10^{-12})$

** القوة الكهربية هي: $\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 . q_2}{r^2}}$



٣- المجال الكهربي:

هي منطقة محيطة بالشحنة الكهربية يمكن التعرف على منطقة المجال الكهربي بوضع شحنة موجبة في هذه المنطقة وملاحظة تأثير المجال.

- المجال يؤثر بقوة كهربية على اى شحنة كهربية

** شدة المجال الكهربي (E):

هي القوة الكهربية المؤثرة على وحدة الشحنات الموضوعة في هذا المجال.

$\boxed{E = \frac{F}{q}} \rightarrow \boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2}}$

** المجال الكهربي كمية متجه تعتمد على اتجاه خطوط القوى الكهربية او خطوط الفيض الكهربي

موقع الفيزياء في الفيزياء

قانون جاوس : Gauss`s low

من المعروف إن خطوط القوى الكهربية يمكن استخدامها في:

أ) معرفة اتجاه المجال الكهربي

ب) حساب شدة المجال الكهربي

ويمكن معرفة المجال الكهربي بمعرفة:

** **الفيض الكهربي** Φ (التدفق Flux) ..... " وهو العدد الكلي لخطوط الفيض الكهربي"

بمعنى أن : **شدة المجال الكهربي** عند نقطة تمثل

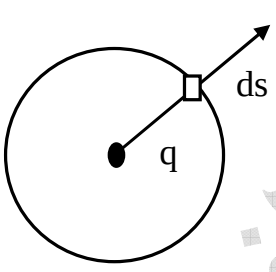
" عدد خطوط القوى الكهربية (الفيض الكهربي) التي تقطع وحدة المساحات عموديا عند هذه النقطة "

وتكون شدة المجال الكهربي (**E**) هي: $\boxed{E = \frac{\varphi}{S}}$

ويمكن تمثيل الفيض الكهربي بالعلاقة ..... $\boxed{\varphi = E.S}$ او $\boxed{\varphi = E.S\cos\theta}$

حيث: **E** هي شدة المجال الكهربي ، S المساحة

أولا: في حالة السطح الكروي المنتظم:



نأخذ عنصر صغير من سطح الكرة المحيطة بالشحنة وليكن (dS)

التي يمر بها فيض ($d\varphi$) فتكون العلاقة هي: $d\varphi = E.dS$

وحيث ان شدة المجال مما سبق هي: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}$

ومنها يكون ..... $d\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}dS$

ويكون الفيض الكلي على السطح الكروي هو:

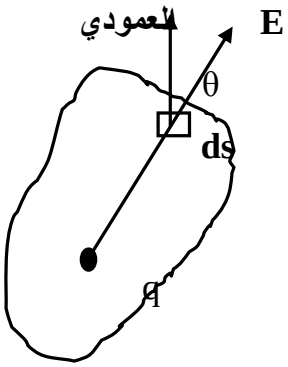
$$\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\int_{\cdot}^{4\pi r^2} dS = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\times 4\pi r^2$$

فيكون الفيض الكلي هو: $\boxed{\varphi = \frac{q}{\varepsilon_o}}$ .... او هو: $\boxed{\varphi = \frac{1}{\varepsilon_o}\sum q}$ ..... (١)

- وهذا التدفق (الفيض) يكون موجبا عندما تكون خطوط الفيض خارجة من السطح ويكون سالبا عندما تكون خطوط المجال الكهربي داخلة الى السطح.

موقع الفريد في الفيزياء

ثانيا: في حالة السطح الغير منتظم:



إذا فرض وجود سطح غير منتظم حول شحنة كهربية q فتكون خطوط المجال غير عمودية على السطح لذلك نفرض عنصر من السطح (dS) فيكون الفيض الكهربي ($d\varphi$) هو:

$$d\varphi = E.\cos\theta.dS$$

وبالتكامل على السطح كله ينتج: $\boxed{\varphi = \oint E.\cos\theta.dS}$ ..... (٢)

وبربط المعادلتين ١ ، ٢ ينتج قانون جاوس:

$$\boxed{\oint E.\cos\theta.dS = \frac{1}{\varepsilon_o}\sum q}$$

**** في النهاية من العلاقة السابقة يقول جاوس:**

" إذا تعرض اى سطح مقفل لمجال كهربي فان الفيض الكهربي الذي ينفذ منه للخارج يساوي ($\frac{1}{\varepsilon_o}$) مضروبا في المجموع الجبري للشحنات المحصورة داخل هذا السطح"

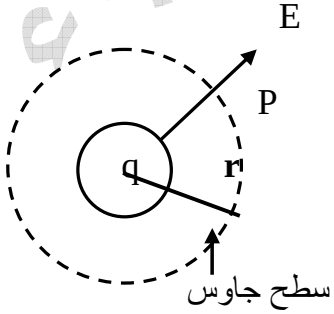
** وتعتمد سهولة حساب شدة المجال الكهربي باستخدام قانون جاوس على حسن اختيار السطح المغلق المناسب حول الشحنة الكهربية.

س: ما هي شروط اختيار سطح جاوس ؟

ج: أربعة شروط هي: ١ـ أن يمر السطح المغلق بالنقطة المراد إيجاد شدة المجال عندها
٢ـ أن يكون السطح مغلق ومنتظم قدر الامكان
٣ـ أن تكون خطوط الفيض عمودية أو موازية للسطح أو تصنع زاوية ثابتة
٤ـ أن تكون شدة المجال ثابتة على أجزاء السطح

تطبيقات على قانون جاوس:

أ) شدة المجال حول كرة مشحونة:



نفرض سطح جاوس هو كرة حول الكرة المشحونة بحيث سطح جاوس يمر بالنقطة (P) ونصف قطرها (r) وحيث أن خطوط المجال عمودية على سطح جاوس فيمكن تطبيق قانون جاوس كما يلي:

قانون جاوس: ..... $\oint E.\cos\theta.dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$

** وحيث ان اتجاه المجال عمودي على سطح جاوس الكروي ومنها يكون الزاوية بين اتجاه المجال والعمودي على السطح θ هي صفر وهذا يعنى أن ($\cos ٠ = ١$)

فتكون معادلة جاوس: $E \int_{\cdot}^{٤\pi r^٢} dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$ فتصبح $E.\varepsilon\pi r^٢ = \frac{q}{\varepsilon_o}$

ومنها يكون شدة المجال الكهربي هي:

$E = \frac{١}{\varepsilon\pi r^٢}\frac{q}{\varepsilon_o}$ ... أو هو ..... $\boxed{E = \frac{١}{\varepsilon\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^٢}}$

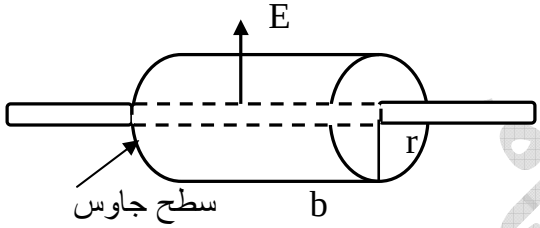
ب) شدة المجال الناشىء عن سلك طويل مشحون:

سنفرض سطح جاوس حول السلك على شكل غلاف اسطواني حول السلك طوله (b) ونصف قطره (r)

وإذا كانت الشحنة لوحدة الأطوال هي (λ)

فتكون الشحنة الكلية للاسطوانة هي ($q = \lambda\, b$)

وحيث أن خطوط القوى الكهربية عمودية على سطح جاوس فيمكن تطبيق قانون جاوس كما يلي:



$\oint E.\cos\theta.dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$ ..... وحيث (θ = صفر)

بمعنى ان ($\cos ٠ = ١$) ومساحة الاسطوانة ($٢\pi\, rb$)

فتكون معادلة جاوس: $E \int_{\cdot}^{٢\pi r b} dS = \frac{\lambda b}{\varepsilon_o}$

وبعد إجراء التكامل تصبح المعادلة: $E.٢\pi r\, b = \frac{\lambda b}{\varepsilon_o}$

وتكون شدة المجال الكهربي هي: ..... $\boxed{E = \frac{١}{٢\pi\varepsilon_o}\frac{\lambda}{r}}$

موقع الفيزياء

ج) شدة المجال خارج موصل مستوى لانهائي الأبعاد مشحون:

لدينا سطح مستوى عليه شحنه موزعة وسنفرض سطح جاوس حول اللوح المستوى المشحون ويكون سطح جاوس على شكل اسطوانة تخترق اللوح بحيث نصفها أمامه ونصفها الآخر خلفه ويكون اتجاه المجال عمودي على قاعدتي الاسطوانة والشحنة الكلية على قاعدة الاسطوانة (سطح جاوس) هي (q) .

وتكون شحنة قاعدة الاسطوانة هي ($q = \sigma S$)

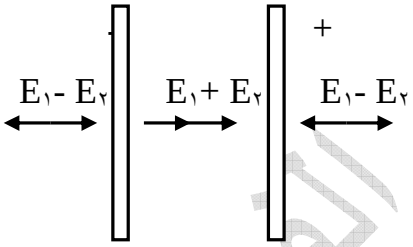
حيث (σ) هي الشحنة لوحدة المساحات ، (S) مساحة قاعدة الاسطوانة.

ولان (θ = صفر) لان اتجاه خطوط المجال عمودية على قاعدة الاسطوانة (سطح جاوس) ومساحة قاعدة الاسطوانة (S) فبتطبيق قانون جاوس على قاعدتي الاسطوانة يصبح القانون كما يلي:

$$E.S + E.S = \frac{q}{\varepsilon_o} \quad \text{..... ومنها} \quad ٢E.S = \frac{\sigma.S}{\varepsilon_o}$$

ويكون شدة المجال الكهربي هي:..... $E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma.S}{S} = \frac{1}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon}$ ..... أو $\boxed{E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}}$

د) المجال بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين:



لان الصفيحتين متساويتين الأبعاد والشحنة واحدهما موجبة والأخرى سالبة فتكون شدة المجال عند كل نقطة من النقط الخارجية يكون صفر (E= ٠) بينما شدة المجال بينهما هي المحصلة لمجالي الصفيحتين.

* فمما سبق نجد ان شدة المجال للصفيحة الواحدة هي: ..... ($E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$)

وتكون شدة المجال بين اللوحين هي: $E = E_١ + E_٢$

وحيث أن ($E_١ = E_٢$) وأيضا مما سبق .... $E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$

فتكون شدة المجال الكلية هي: $E = ٢ \times \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$ ..... او $\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}}$

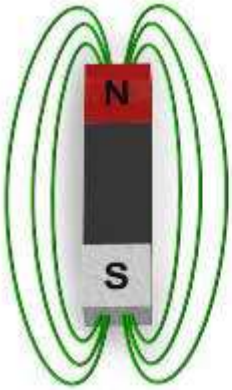
* ونلاحظ أن المجال بين الصفيحتين هو مجال منتظم عبارة عن خطوط متوازية.

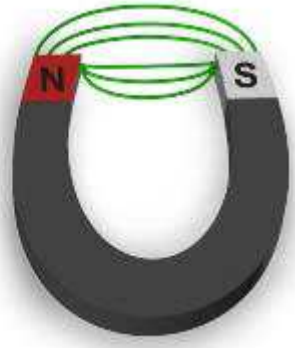
===== أتمنى لكم التوفيق إن شاء الله ===== **د. أسعد عبد الخالق**

٢٢١ فيزياء

المحاضرة الثانية

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربي





في البداية نتذكر خواص المغناطيس الدائم وهي معلومات سابقة ولكنها مفيدة في هذه المحاضرة

**** معلومات خاصة بالمغناطيس الدائم:**

١ـ له قطبان شمالي وجنوبي

٢ـ الأقطاب المتشابه تتنافر والمختلفة تتجاذب بقوة تبعا لقانون نيوتن وهو يشبه قانون كولوم

٣ـ يحيط بالمغناطيس منطقة تسمى بالمجال المغناطيسي وتحتوي على خطوط المجال المغناطيسي

٤ـ المجال المغناطيسي نوعان غير منتظم (مغناطيس مستقيم) و منتظم (مغناطيس حرف U)

٥ـ شدة المجال المغناطيسي (H) لها علاقة بكثافة الفيض المغناطيسي (B) والعلاقة هي:

$B = \mu_o . H$ ..... حيث μ_o نفاذية الفراغ أو الهواء $\rightarrow$ Tesla

**** كثافة الفيض المغناطيسي (B):**

هو عدد خطوط الفيض المغناطيسي (Φ) التي تنفذ عموديا على سطح مساحته (S)

$$B = \frac{\phi}{S} \rightarrow \text{Tesla} = Wb/m^2$$

ومنه يكون ..... $\Phi = B.S \rightarrow Wb$

أما إذا كان السطح غير عمودي (يميل بزاوية θ)

تصبح العلاقة: $\Phi = B.S.\cos\theta$

*** ملاحظة :**

استمر العلماء لسنوات طويلة يدرسون المجال المغناطيسي منفصل تماما عن المجال الكهربي حتى استطاع العالم اورستد (١٨٢٠م) أن يؤكد العلاقة الوثيقة بين المجالين الكهربي والمغناطيسي عندما اكتشف انحراف إبرة مغناطيسية عندما تقترب من سلك يمر به تيار كهربائي.

*** الخلاصة :** المجال المغناطيسي يحدث نتيجة مرور التيار الكهربي.

موقع الفيزيائي

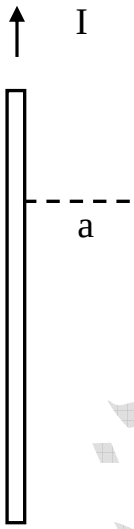
ويمكن الآن استنتاج قانون لحساب الحث المغناطيسي لاى دائرة كهربية او لحساب كثافة الفيض المغناطيسي الناشيء عن مرور التيار الكهربي في موصل.

** وجد العلماء أن الحث المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر به تيار كهربي هو على شكل دوائر مركزها السلك ويمكن تعين اتجاه المجال **بقاعدة إبهام اليد اليمنى** وهي تنص على:

" عندما يشير إبهام اليد اليمنى لاتجاه التيار في السلك يصبح اتجاه الأصابع الباقية يمثل اتجاه المجال حول السلك"

أ- الحث المغناطيسي او كثافة الفيض المغناطيسي (B) بالقرب من موصل مستقيم:

إذا كان لدينا سلك مستقيم يمر به تيار كهربي (I)



والمطلوب إيجاد الحث المغناطيسي (B) على بعد عمودي على السلك (a) ومنها يمكن إيجاد شدة المجال المغناطيسي (H)

** بداية ندرس العوامل المؤثرة على الحث المغناطيسي فى هذه الحالة وهي:

١. شدة التيار الكهربي فى السلك (I) $\Leftarrow$ ($B \alpha I$)

٢. بعد النقطة عن السلك (a) $\Leftarrow\Leftarrow$ ($B\alpha \frac{١}{a}$)

$$B = const. \frac{I}{a} \longrightarrow B = ٢ \times ١٠^{-٧} \frac{I}{a} \longrightarrow$$

$$\boxed{B = ٢K_m \frac{I}{a} = \frac{\mu_o}{٢\pi} \frac{I}{a}}$$

حيث (K_m) ثابت التناسب وتساوي ($K_m = \frac{\mu_o}{٤\pi} = ١٠^{-٧}$ Wb/A.m)

وتكون شدة المجال المغناطيسي: $\Leftarrow\Leftarrow$

$$\boxed{H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{١}{٢\pi} \frac{I}{a}}$$

*** مثال (١):**

يمر تيار كهربي قيمته A ٥ في موصل طويل. احسب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد ١٠ cm من منتصف السلك ثم احسب الحث المغناطيسي.

*** الحـل:**

$$H = \frac{١}{٢\pi a} I = \frac{١}{٢\pi \times ١٠^{-٢}} \frac{٥}{} = ٧,٩٦ \quad A/m$$

$$B = \mu_o .H = ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٧,٩٦ = ١٠^{-٥} \; Wb/m^٢ \quad (T)$$

• مثـال (٢):

يمر تيار في سلك رفيع نتج عنه مجال مغناطيسي قيمة حثه $١٠^{-٤}$ T عند نقطة تبعد ٥ cm من منتصف السلك: أ) ما قيمة هذا التيار الكهربي

ب) ما قيمة شدة المجال المغناطيسي

ج) إذا كانت قيمة التيار ١٠ A فما هو بعد النقطة التي يكون عندها الحث المغناطيسي مساويا $١٠^{-٤}$ $Wb/m^٢$.

*** الحـل :**

أ) $B = ١٠^{-٤}$ T , a = ٥ cm , I = ?? , H = ???

$$B = \frac{\mu_o I}{٢\pi a}$$

$$I = \frac{٢\pi B}{\mu_o} = \frac{٢\pi \times ٥ \times ١٠^{-٢} \times ١٠^{-٤}}{٤\pi \times ١٠^{-٧}} = ٢٥ \; A$$

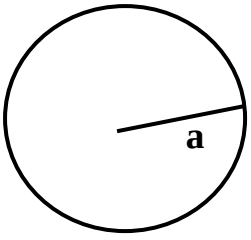
ب) $$H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{١٠^{-٤}}{٤\pi \times ١٠^{-٧}} = ٧٩,٥٧٧ \quad A/m$$

ج) $B = ١٠^{-٤}$ $Wb/m^٢$, I = ١٠ A , a = ??

$$a = \frac{\mu_o I}{٢\pi B} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ١٠}{٢\pi \times ١٠^{-٤}} = ٢ \times ١٠^{-٢} \; m$$

ب ـ الحث المغناطيسي أو كثافة الفيض عند مركز ملف دائري يمر به تيار كهربي:

** لتعيين الحث المغناطيسي عند مركز ملف دائرى نبحث عن العوامل المؤثر وهى:



١. شدة التيار الكهربي (I) حيث: ($B \alpha I$)

٢. نصف قطر الملف (a) حيث: ($B\alpha\frac{١}{a}$)

٣. عدد لفات الملف (N) حيث: ($B \alpha N$)

وهدا يعني ان: $B \alpha \frac{N.I}{a} \leftarrow B = const. \frac{N.I}{a} \leftarrow \boxed{B = \frac{\mu_o}{2} \frac{N.I}{a}}$

وتكون شدة المجال المغناطيسي: $\boxed{H = \frac{N.I}{2a}}$

- **مثال (٣):**

ملف دائري عدد لفاته ٢٠٠ لفة ومتوسط نصف قطر اللفة ٢٠ cm احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز الملف اذا كان التيار المار به ٣,٥ A ثم احسب الحث المغناطيسي.

- **الحـل:**

$$H = \frac{N.I}{2a} = \frac{200 \times 3,5}{2 \times 20 \times 10^{-2}} = 1,75 \times 10^{2} \quad A/m$$

$$B = \mu_o .H = 4 \times 10^{-7} \times 1,75 \times 10^{3} = 2,2 \times 10^{-3} \quad Wb/m^2$$

• الواجب:

١) احسب قيمة شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد ١٠٠ cm عن موصل طويل ورفيع ويحمل تيار شدته ١ أمبير.

٢) يحمل سلك طويل ورفيع تيارا قيمته ١٠ A احسب المسافة من هذا السلك الى النقطة التي يكون فيها الحث المغناطيسي مساويا 10^{-4} تسلا.

٣) ملف دائري نصف قطره ١٠ cm ويمر به تيار شدته ١٠ A فإذا كان التيار ينتج مجالا مغناطيسيا كثافة فيضه ٠,٠٠٣ T في مركز الملف احسب عدد لفات الملف.

٤) سلك طويل يصنع تحدبا نصف دائري ويمر به تيار كهربي شدته I احسب الحث المغناطيسي B في مركز نصف الدائرة.

========== أتمنى لكم التوفيق والتفوق إن شاء الله

د/ أسعد عبد الخالق

٢٢١ فيز

المحاضرة الثالثة

ج) الحث المغناطيسي لملف حلزوني:

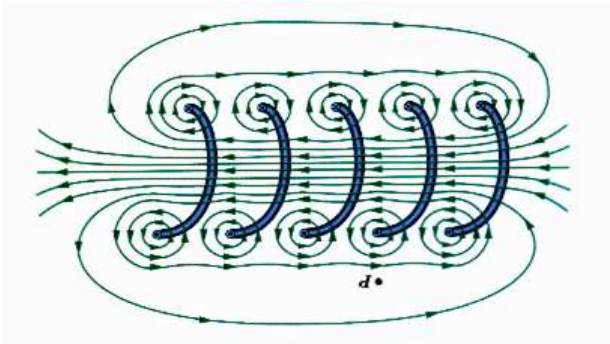
الملف الحلزوني عبارة عن ملف لفاته متقاربة وعدد لفاته (N) وطوله (ℓ) ويمر به تيار كهربي شدته (I) ففي هذه الحالة يكون الملف الحلزوني وكانه مغناطيس طويل له قطبان احدهما شمالي والاخر جنوبي ويتوقف نوع القطب واتجاه المجال على اتجاه التيار في الملف .

والمطلوب تعيين الحث المغناطيسي (B) على محور الملف الحلزوني:

١ـ يتناسب الحث المغناطيسي (B) طرديا مع كل من شدة التيار (I) وعدد لفات الملف (N)

٢ـ يتناسب الحث المغناطيسي (B) عكسيا مع طل الملف (ℓ)

وهذا يمكن تمثيل ذلك رياضيا:



حيث ان: $B \alpha I$

وايضا $B \alpha N$

وكذلك $B\alpha \frac{١}{\ell}$

فتكون العلاقة هي: $B\alpha \frac{N.I}{\ell}$

ومنها تكون .... $\boxed{B = \mu_o \frac{N.I}{\ell}}$

ويمكن الاشارة الى ان النسبة بين عدد اللفات الى طول الملف تسمى عدد اللفات لوحدة الاطوال (n)

حيث: $n = \frac{N}{\ell}$

فتكون العلاقة بالشكل: $\boxed{B = \mu_o \, n. \, I}$

**** ملحوظة هامة:**

يختلف حساب الحث المغناطيسي (B) باختلاف موقع النقطة على محور (او طول) الملف الحلزوني:

١ـ الحث المغناطيسي عند منتصف الملف هو: $B = \mu_o \frac{N.I}{\ell}$

٢ـ الحث المغناطيسي عند احد طرفي الملف هو: $B = \mu_o \frac{N.I}{٢ \times \ell}$

• مثال:

ملف حلزوني طويل عدد لفاته ٢٠٠ لفة في السنتيمتر يحمل تيارا مقداره ١,٥ A احسب الحث المغناطيسي وشدة المجال المغناطيسي: أ) عند منتصف الملف ب) عند احد طرفي الملف.

**** الحـل:**

$$N = ٢٠٠ \quad , \quad \ell = ١ \times ١٠^{-٢}\ m \quad , \quad I = ١,٥\ A$$

من المعروف ان شدة المجال المغناطيسي هي: $H = \frac{B}{\mu_o}$

أ) عند منتصف الملف:

$$B = \mu_o \frac{N.I}{\ell} = ٤\pi \times ١٠^{-٧} \frac{٢٠٠ \times ١.٥}{١ \times ١٠^{-٢}} = ٣.٧٦٩ \times ١٠^{-٥} Tesla$$

$$H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{N.I}{\ell} = \frac{٢٠٠ \times ١.٥}{١ \times ١٠^{-٢}} = ٣٠٠ \times ١٠^{٢} A.m$$

ب) عند احد الطرفين:

$$B = \mu_o \frac{N.I}{٢ \times \ell} = ٤\pi \times ١٠^{-٧} \frac{٢٠٠ \times ١.٥}{٢ \times ١ \times ١٠^{-٢}} = ١.٨٨ \times ١٠^{-٥} Tesla$$

$$H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{N.I}{٢ \times \ell} = \frac{٢٠٠ \times ١.٥}{٢ \times ١ \times ١٠^{-٢}} = ١٥٠ \times ١٠^{٢} A.m$$

موقع الفيزياء

قانون أمبير(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 ويأخذ قانون امبير الصورة التالية:

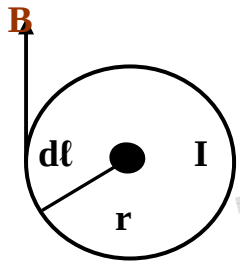
$$\oint B.\cos\theta.d\ell = \mu_o \sum I$$

وهذا يعني أن التكامل على مسار مغلق يحيط بالسلك للحث المغناطيسي (B) يساوي مجموع قيمة التيارات داخل هذا المسار مضروبا في معامل نفاذية الفراغ μ_o.

** ملاحظه هامه :

يستخدم قأنون امبير في حساب المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيارات كهربائيه في موصلات ذات تماثل هندسي ، يسمح بإختيار مسارات مغلقة حولها، بحيث يكون المجال المغناطيسي في كل نقطة من نقاطها معلومة المقدار والاتجاه .

** تفسير قانون أمبير:



اذا اعتبرنا وجود سلك مستقيم يمر به تيار كهربي في اتجاه ما فتولد حوله خطوط مجال مغناطيسي على شكل دوائر مركزها السلك (مسار مغلق) كما بالشكل ويكون الحث المغناطيسي (B) على بعد (r) مماسا لاحد المسارات المغلقة للمجال هي:

$$B = \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I}{a}$$

ونفرض طول قدره (dℓ) من المسار المغلق عند النقطة (P) وحيث ان اجاه الحث في نفس اتجاه العنصر (dℓ) لذلك تكون الزاوية ($\theta = 0$) وبالتعويض في معادلة أمبير ينتج:

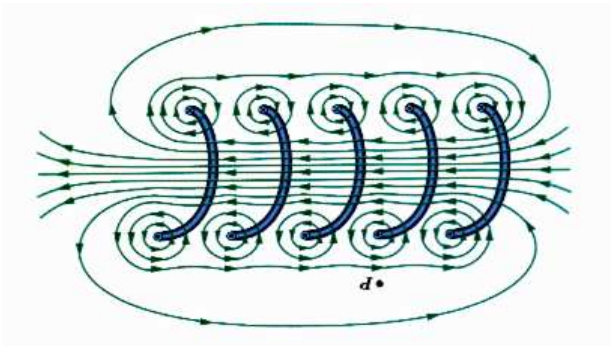
$$\oint B.\cos\theta.c\ell = \int_0^{2\pi r} \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I}{r} d\ell = \frac{\mu_o.I}{2\pi\ r}\int_0^{2\pi r} d\ell = \frac{\mu_o.I}{2\pi\ r}\times 2\pi r = \mu_o.I$$

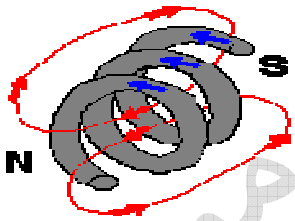
ومنها يكون الشكل العام لقانون أمبير:

$$\oint B.\cos\theta.d\ell = \mu_o.I$$

** تطبيقات على قانون أمبير

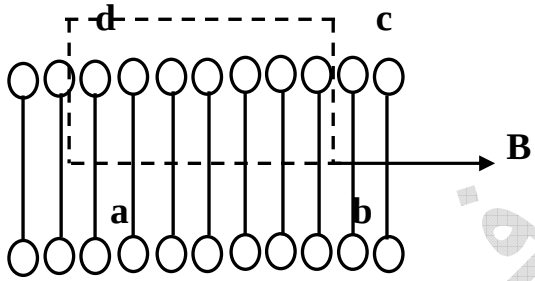
١) الحث المغناطيسي لملف حلزوني:





نفرض وجود ملف حلزوني طوله (ℓ) وعدد لفاته (N) ويمر به تيار شدته (I) والمطلوب حساب الحث المغناطيسي (B) داخل الملف.

لذلك يرسم مسار مغلق على شكل مستطيل كما بالشكل بحيث يكون ضلعه (ab) داخل الملف ومنطبق على محوره وموازي لطوله بينما الضلع (dc) خارج الملف أما الضلعين (ad ، cd) فهما متعامدان على المجال



بمعنى ($\theta = ٩٠^{o}$) وبتطبيق قانون أمبير على الاضلاع الاربعة يمكن الحصول على:

$$\int_{a}^{b} B.\cos ٠^{o}\, d\ell + \int_{b}^{c} B.\cos ٩٠^{o}\, d\ell + \int_{c}^{d} B.\cos ١٨٠^{o}\, d\ell + \int_{d}^{a} B.\cos ٩٠^{o} = \int_{a}^{b} B.d\ell - \int_{c}^{d} B.d\ell = \mu_o \sum I$$

ويمكن اهمال حد التكامل ($\int_{c}^{d} \mathbf{B}.d\ell$) لصغر قيمته فتصبح المعادلة:

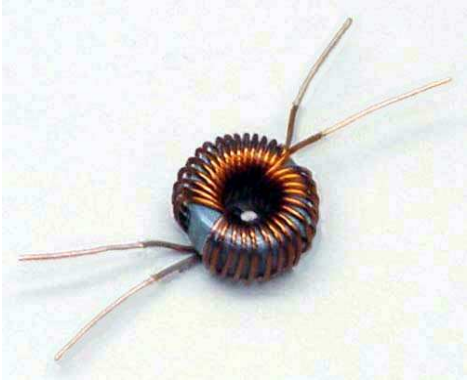
$$\therefore \int_{a}^{b} B.d\ell = \int_{\cdot}^{\ell} B.d\ell = \mu_o \sum I$$

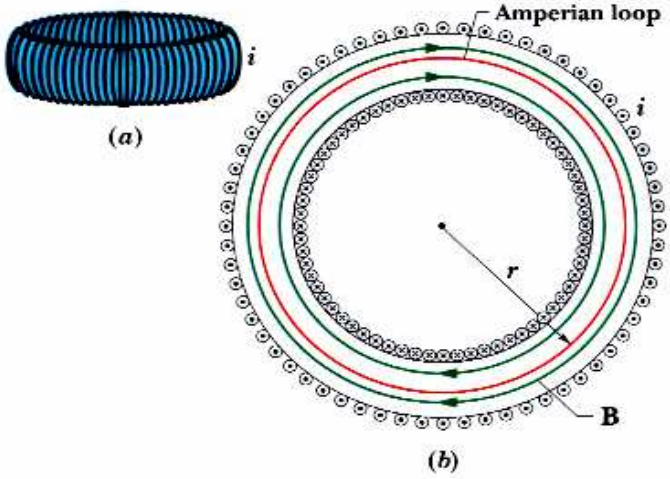
$$\therefore \mathbf{B}.\ell = \mu_o.\mathbf{n}.\ell.\mathbf{I}$$

$$\therefore \mathbf{B} = \mu_o.\mathbf{n}.\mathbf{I} = \frac{\mu_o.\mathbf{N}.\mathbf{I}}{\ell}$$

حيث (n) هي عدد اللفات لوحدة الاطوال لذلك القيمة (n.I) تمثل مجموع شدة التيارات الكهربية داخل المسار المغلق.

٢) الحث المغناطيسي لملف حلزوني حلقي:





نفترض مرور تيار كهربي في هذا الملف الذي طوله الدائري (ℓ) وعدد لفاته في وحدة الاطوال (n)

ولحساب الحث المغناطيسي نستخدم قانون امبير:

$$\oint \mathbf{B}.d\ell = \mu_o \sum \mathbf{I}$$

$$\therefore \mathbf{B}.\ell = \mu_o \mathbf{n}.\ell.\mathbf{I}$$

$$\therefore \mathbf{B} = \mu_o \mathbf{n}.\mathbf{I}$$

ومن المعروف ان: ($\mathbf{n} = \frac{\mathbf{N}}{\ell} = \frac{\mathbf{N}}{2\pi.\mathbf{r}}$) وبالتعويض ينتج: $\boxed{\therefore \mathbf{B} = \frac{\mu_o \mathbf{N}.\mathbf{I}}{2\pi\,\mathbf{r}}}$

والمهم ان المجال لمثل هذا الملف الحلزوني الحلقي يوجد فقط في داخل المنطقة الملفوف عليها الملف.

========== أتمنى لكم التوفيق والتفوق إن شاء الله

د/ أسعد عبد الخالق

Phys ٢٢١

المحاضرة الرابعة

الحـث الكهرومغناطيسى

* مقدمة:

* استطاع أورستد اكتشاف أن: التيار الكهربي يولد مجالا مغناطيسيا

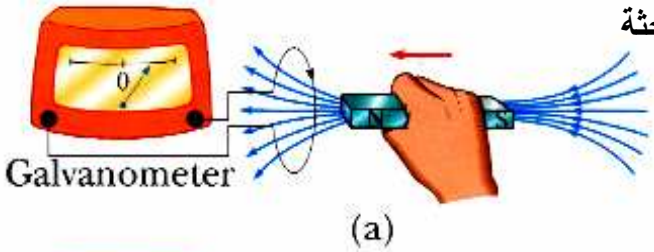
- حاول فاراداى إثبات عكس ما قاله اورستد وحقق ذلك فعلا عام ١٨٣١ ونجح في : "توليد تيار كهربي من مجال مغناطيسي"وسميت هذه الظاهرة:(**الحث الكهرومغناطيسى**)

ويسمى التيار الناتج : تيار كهربي حثي (I) والقوة الدافعة الكهربية حثية (ε)

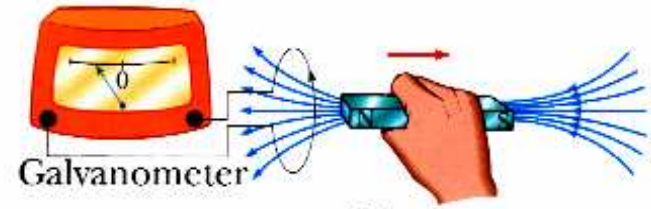
** **تعريف الظاهرة:**

" إذا قطع سلك فيضا مغناطيسيا يتولد في السلك قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار مستحث"

* هذا يعنى أن: [شرط تولد قوة دافعة مستحثة هو قطع خطوط الفيض المغناطيسي]



(a)



(b)

* الاستنتاج:

* حركة مؤشر الجلفانومتر تعنى تولد قوة دافعة مستحثة وتيار مستحث

- اتجاه حركة مؤشر الجلفانومتر تعتمد على اتجاه حركة المغناطيس

***الحقيقة هي :**

أنه عند قطع خطوط الفيض المغناطيسي بواسطة موصل (سلك أو ملف) يحدث إثارة للإلكترونات الحرة في الموصل فتتحرك هذه الإلكترونات في اتجاه ما في الموصل فتسبب فرق في الجهد بين طرفيه وبالتالي تولد تيار مستحث.

- **يضيف هذا الاكتشاف نوعا جديدا ومهما لانتاج الطاقة الكهربية وهو تحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربية.**

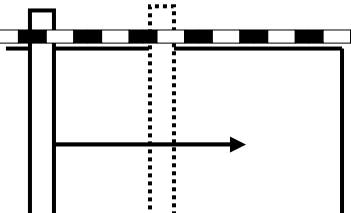
* حركة موصل في مجال مغناطيسي:

من المعروف سابقا انه عند وضع سلك مستقيم طوله (ℓ) يمر به تيار كهربي (I) في مجال مغناطيسي عمودي حثه (B) فانه يتولد قوة مغناطيسية تحركه (F) قيمتها:

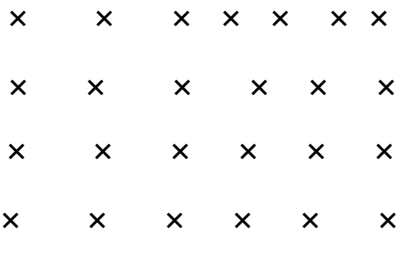
$$F = I.\ell.B$$

اما الآن نعكس التجربة:

B



بتحريك سلك مستقيم طوله (ℓ) عمودي على مجال مغناطيسي حثه (B) وليكن تحرك مسافة (dx) في زمن (dt) فإنه يتولد في السلك قوة دافعة حثية (ε) وكذلك تيار حثي (I)



* نلاحظ ان الشغل النبذول لتحريك السلك هو:

$$dW = F.dx$$

ومعلوم ان: $dx = v\,.\,dt$ & $F = I.\ell.B$ بالتعويض في الشغل نجد ان:

$$dW = F.v\,.\,dt = I.\ell\,.\,B.v\,.\,dt$$

وحيث ان الشحنة التأثيرية التي تولدت خلال زمن (dt) هي: $dq = I.\,dt$

فيكون المعادلة هي: $dW = B.\ell\,.v\,.\,dq$

ومن المعروف ان القوة الدافعة الكهربية هي الشغل المبذول (dW) لنقل شحنة كهربية (dq) :

$$\varepsilon = \frac{dw}{dq} = B.\ell.v$$

حيث ان (v) هي سرعة حركة السلك في المجال المغناطيسي وهنا ملحوظة هامة:

١. اذا كان اتجاه حركة السلك عمودية على اتجاه المجال تكون القوة الدافعة الحثية هي:

$$\boxed{\varepsilon = B.\ell.v}$$

٢. عندما يكون اتجاه حركة السلك يميل بزاوية (θ) مع المجال المغناطيسي فتصبح العلاقة:

$$\boxed{\varepsilon = B.\ell.v.\sin\theta}$$

ولايجاد شدة التيار الكهربي المستحث نستخدم العلاقة:..... $\boxed{I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B.\ell.v}{R}}$

والقدرة الكهربية المستنفذة تكون:..... $\boxed{P = \varepsilon\,.I}$

• قاعدة فلمنج لليد اليمنى :

هي قاعدة لمعرفة اتجاه التيار الحثى المتولد في سلك مستقيم يتحرك عمودي على مجال المغناطيسي

وهي تنص على أنه:

[عند تعامد أصابع اليد اليمنى الثلاثة الإبهام والسبابة والوسطى فإذا كان الإبهام يشير لاتجاه الحركة والسبابة لاتجاه المجال المغناطيسي فيكون الوسطى يشير إلى اتجاه التيار الحثى الناتج.]

** مثال:

تتحرك سلك طوله ١,٢ m على موصل به مقاومة ٦ Ω في مجال مغناطيسي عمودي على سطح الموصل حثه المغناطيسي ٢,٥ Wb/m^2 احسب سرعة حركة السلك التي تعطي تيارا مقداره ٠,٣ A ثم احسب القوة الدافعة الكهربية الحثية وكذلك القدرة الضائعة في المقاومة.

**** الحـــل:**

$\ell = ١,٢\ m$, $R = ٦\ \Omega$, $B = ٢,٥\ Wb/m^2$, $I = ٠,٣\ A$, $\varepsilon = ??$, $P = ??$

$$\varepsilon = B.\ell.v = I.R$$

$$\therefore v = \frac{I.R}{B.\ell} = \frac{٠,٣ \times ٦}{٢,٥ \times ١,٢} = ٠,٦\ m/s$$

$$\varepsilon = ٢,٥ \times ١,٢ \times ٠,٦ = ١,٨\ V$$

$$P = \varepsilon .I = ١,٨ \times ٠,٣ = ٠,٥٤\ W$$

---

* تجربة فاراداى لتوليد قوة دافعة مستحثة في ملف:

١. وصل فاراداى طرفي ملف حلزوني بجلفانومتر حساس مؤشره في المنتصف

٢. عند إدخال مغناطيس فى الملف لاحظ انحراف مؤشر الجلفانومتر (لحظيا) في اتجاه ما.

٣. وعند لحظة إخراج المغناطيس من الملف ينحرف مؤشر الجلفانومتر في اتجاه مضاد.

٤. وعند توقف المغناطيس عن الحركة يعود المؤشر للصفر ويتوقف التيار.

قانون فاراداى:

القوة الدافعة المستحثة في ملف تتناسب طرديا مع معدل التغير في الفيض المغناطيسي

السؤال الآن: ما هي العوامل المؤثرة في القوة الدافعة الكهربية المستحثة ؟؟

الإجابة : ١ـ معدل التغير الزمني لقطع خطوط الفيض المغناطيسي :أي أن: $\left(\varepsilon \propto \frac{d\varphi}{dt} \right)$

٢ـ عدد لفات الملف: .... $(\varepsilon \propto N)$

فتكون الصورة النهائية لقانون فاراداى هي: ⇐ $\boxed{\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}}$

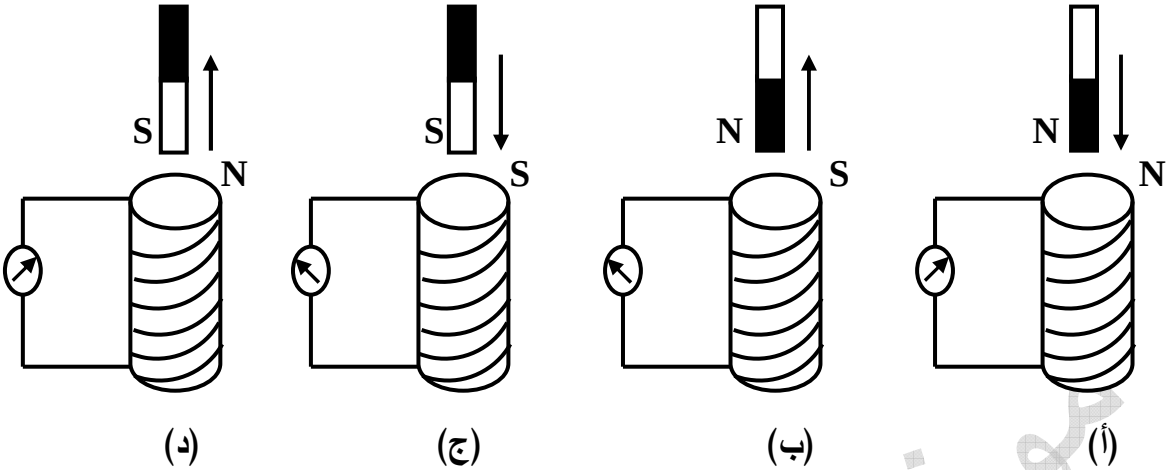
وعندما تكون مقاومة الملف هي (R) فتكون شدة التيار الحثي هي: $\boxed{I = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{N}{R}\frac{d\varphi}{dt}}$

*** يبقى سؤال:** ما سبب وجود الإشارة السالبة في قانون فاراداى ؟؟؟؟

ج : الإشارة السالبة تدل على أن:

" اتجاه القوة الدافعة الحثية (اوالتيار المستحث) بحيث يعطي فيضا مغناطيسيا يعاكس أو يضاد دائما مقدار التغير في الفيض المغناطيسي المسبب له " وتسمى هذه (**قاعدة لـنز**)

**** تفسير قاعدة لـنز :**



(أ) (ب) (ج) (د)

** من الرسم لاحظ في حالة (أ ، ب):-

أ . عند تقريب القطب الشمالي لمغناطيس من الملف يتولد به قوة دافعة حثيه تجعل اللفة العليا تمثل قطب شمالي فتقاوم (تتنافر مع) إدخال المغناطيس من جهة قطبه الشمالي.

ب . عند إخراج المغناطيس من الملف يتولد قوة دافعة كهربية حثية في اتجاه مضاد للحالة الأولى فتجعل اللفة العليا تمثل قطب جنوبي فتعوق خروج المغناطيس من الملف (يحدث تجاذب).

*. يحدث نفس الشيء في حالة (ج ، د) ولكن من جهة القطب الجنوبي ونلاحظ ذلك من انحراف مؤشر الجلفانومتر

*الاستنتاج:

قاعدة لنز ...تنص على أن:

" اتجاه القوة الدافعة الكهربية المستحثة بحيث يعطي فيضا مغناطيسيا يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي المسبب له "

مثال ١:

ملف حلزوني عدد لفاته ٢٠٠ لفة في السنتيمتر ويحمل تيارا شدته ١,٥ A وقطر الملف ٢ cm وضع عند مركزه ملف مكون من عشر لفات لها نفس القطر بحيث يكون المجال المغناطيسي موازيا لمحور الملف الاخير فاذا انقص التيار في الملف الحلزوني الى الصفر ثم زيد في الاتجاه المضاد ليصل الى ١,٥ A بمعدل مرة كل ٠,٠٥ من الثانية فما مقدار القوة الدافعة الكهربية التأثيرية في الملف الصغير اثناء تغير التيار؟

** الحـل:

$n = ٢٠٠$, $I = ١,٥\ A$, $r = ١\times ١٠^{-٢}\ m$, $N = ١٠$

نحسب اولا قيمة الحث المغناطيسي داخل الملف الحلزوني (B):

$$B = \mu_o.n.I = ٤\pi\times ١٠^{-٧}\times ٢٠٠\times ١,٥ = ٣,٨\times ١٠^{-٢}\ \ Wb/m^{٢}$$

ثم نحسب مساحة مقطع الملف (S):

$$S = \pi\, r^{٢} = \pi\,(١\times ١٠^{-٢})^{٢} = ٣,١٤\times ١٠^{-٤}\ m^{٢}$$

$$\varphi = B.S = ٣,٨\times ١٠^{-٢}\times ٣,١٤\times ١٠^{-٤} = ١,٢\times ١٠^{-٥}\ \ Wb$$

هذا الفيض يتغير الى ($١,٢\times ١٠^{-٥}\ Wb$ -) خلال ٠,٠٥ ثانية وبالتالي يكون:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{١,٢\times ١٠^{-٥} - (-١,٢\times ١٠^{-٥})}{٠,٠٥} = ٤,٨\times ١٠^{-٤}\ \ V$$

$$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt} = -١٠\times (٤,٨\times ١٠^{-٤}) = -٤,٨\times ١٠^{-٣}\ \ V$$

الواجـب

١. سلك مستقيم طوله ١٠ سم يتحرك في مستوى أفقي بسرعة ٢ م/ث خلال مجال مغناطيسي رأسي فإذا كانت كثافة الفيض ٠,١ تسلا فاحسب القوة الدافعة الكهربية المستحثة.

٢. ملف مكون من ١٠٠٠ لفة يتصل طرفاه بجلفانومتر مقاومته ٤ اوم وضع الملف داخل فيض مغناطيسي عموديا عليه قيمته ٠,٠٠٥ ويبر. احسب متوسط شدة التيار الكهربي الحثي المار في الجلفانومتر إذا زاد الفيض المغناطيسي إلى ٠,٠٠٧٥ ويبر في زمن قدره ٠,٢٥ ثانية علما بان مقاومة الملف ٦ اوم

٣. ملف عدد لفاته ١٠٠ لفة موضوع عموديا على مجال مغناطيسي منتظم فيضه المغناطيسي ٠,٠٠٢ ويبر فإذا قلب الملف في زمن قدره ٠,٢ ثانية. أوجد متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في الملف.

========== أتمنى لكم التوفيق والتفوق إن شاء الله =======

د/ أسعد عبد الخالق

موقع الفيزياء

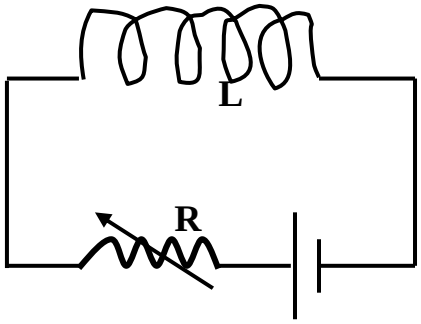
Phys ٢٢١
المحاضرة الخامسة
الحـث الذاتي لملف

** تعريف:

[هو التأثير الكهرومغناطيسى الحادث في نفس الملف عند تغير شدة التيار به.]

** التفسير:

اذا مر تيار شدته (I) في ملف عدد لفاته (N) لفة وكان التيار ثابتا ثم تغيرت شدته بواسطة مقاومة متغيرة كما بالشكل فإن التغير في التيار يؤدي الى تغير الفيض المغناطيسي (φ) داخل هذا الملف نفسه وبهذا تتولد في الملف ذاته قوة دافعة كهربية تأثيرية (حثية) ذاتية عكسية (ε) تقاوم التغير المسبب لها طبقا لقاعدة لنز .....



** بمعنى ان كل لفة تؤثر على اللفة المجاورة في في نفس الملف فتكون المحصلة قوة دافعة حثية تعتمد على تغير التيار في الملف.

* فإذا زاد التيار الاصلي فيكون القوة الدافعة الحثية عكسية بينما عند تناقص التيار يتولد قوة دافعة حثية طردية في الملف

** الخلاصــة:

القوة الدافعة الحثية العكسية او الطردية المتولدة بالحث الذاتي تعمل على تأخير نمو واضمحلال التيار الكهربي في الملف

* وايضا يمكن التأكد من ان الفيض المغناطيسي المتولد يتناسب طرديا مع شدة التيار الكهربي ...

اى ان: $\varphi \propto I$ ومنها يكون: $\varphi = K.I$ ويمكن تكون: $\frac{d\varphi}{dI} = K$

حيث (K) ثابت ، (N) عدد لفات الملف

والقوة الدافعة الكهربية التاثيرية تبعا لقانون فاراداى تعطى بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon = -N.\frac{d\varphi}{dt} = -N.\frac{d\varphi}{dI}.\frac{dI}{dt} = -N.K.\frac{dI}{dt}$$

والقيمة (N.K) تسمى معامل الحث الذاتي (L)

وله وحدة قياس تسمى (هنرى = فولت. ثانية / أمبير)

اى ان العلاقة تصبح:.....

$$\boxed{\varepsilon = -L\frac{dI}{dt}}$$

ويمقارنة هذه المعادلة بمعادلة فاراداى ينتج ما يلي:.... $N\frac{d\varphi}{dt} = L\frac{dI}{dt}$

وباجراء التكامل ينتج: $N\int d\varphi = L\int dI$ ومنها يكون: $N.\varphi = L.I + const.$

والثابت يساوي صفر عند الشروط الاولية فتكون العلاقة هي:... $\boxed{L = \frac{N.\varphi}{I}}$

** معامل الحث الذاتي لملف حلزوني طويل

من المعروف ان قيمة الحث المغناطيسي على محور ملف حلزوني مساحة مقطعه (S) هي:

$$B = \mu_o \frac{N.I}{\ell}$$

ويكون الفيض المغناطيسي (φ) الناتج للتيار هو: $\varphi = B.S = \frac{\mu_o N.I}{\ell} .S$

وبالتعويض في معادلة معامل الحث الذاتي نحصل هلى: $\boxed{L = \frac{\mu_o N^2.S}{\ell}}$

• مثال ١:

يتكون ملف من ٥٠ لفة ومعامل الحث الذاتي له ٦ mH احسب:

أ) الفيض المغناطيسي اذا كان التيار المار فيه قيمته ١٢ mA

ب) القوة الدافعة الحثية إذا كان معدل تغير التيار يساوي ١٠ mA/s

* الحـــل:

أ) الفيض المغناطيسي (φ) يحسب من المعادلة:...

$L = \frac{N.\varphi}{I}$ ..... ومنها يكون:

$$\therefore \varphi = \frac{I.L}{N} = \frac{(١٢\times١٠^{-٣})\times(٦\times١٠^{-٣})}{٥٠} = ١.٤٤\times١٠^{-٦} Wb$$

ب) القوة الدافعة الحثية:

$$\varepsilon = -L\frac{dI}{dt} = -(٦\times١٠^{-٣})\times(١٠\times١٠^{-٣}) = -٦٠\times١٠^{-٦} = -٦٠\,\mu V$$

• مثال ٢:

مر تيار كهربي مقداره ٢A في ملف عدد لفاته ٤٠٠ لفة فحصل على فيض مغناطيسي مقداره 10^{-4} Wb احسب:

أ) القوة الدافعة الكهربية المستحثة إذا انقطع التيار وتوقف تماما في زمن مقداره ٠,٠٨ s

ب) الحث الذاتي للملف

* الحـــــل:

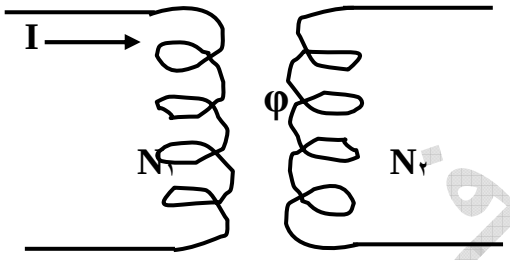
أ) $$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt} = \frac{-٤٠٠(١٠^{-٤} - ٠)}{٠.٠٨} = -٠.٥V$$

ب) $$L = \frac{N.\varphi}{I} = \frac{٤٠٠ \times ١٠^{-٤}}{٢} = ٠.٠٢H$$

الحـث المتبادل

* طريقة أخرى لتوليد قوة دافعة كهربية مستحثة وتيار كهربي مستحث في ملف وذلك باستخدام ملف آخر يمر به تيار كهربي متغير.

* عند تجاور ملفين لهما الشكل الحلزوني الملف الاول متصل بمصدر لتيار كهربي متغير ويسمى ملف ابتدائي والملف الآخر تغلق دائرته بجهاز لقياس القوة الدافعة الحثية ويسمى ملف ثانوي



وعند تغير التيار في الملف الابتدائي يتولد به فيض مغناطيسي يقطع الملف الثانوي ويتولد به قوة دافعة حثية تبعا لقانون فاراداي.

* وايضا يمكن التأكد من ان الفيض المغناطيسي المتولد في الملف الابتدائي ينتقل الى الملف الثانوي ويقطعه وهذا الفيض يتناسب طرديا مع شدة التيار الكهربي .....

اى ان: $\varphi \propto I$ ومنها يكون: $\varphi = K.I$ ويمكن تكون: $\frac{d\varphi}{dI} = K$

حيث (K) ثابت ، ($N_٢$) عدد لفات الملف الثانوي

والقوة الدافعة الكهربية التاثيرية المتولدة بالحث المتبادل في الملف الثانوي وتبعا لقانون فاراداى تعطى بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon = -N_٢.\frac{d\varphi}{dt} = -N_٢.\frac{d\varphi}{dI}.\frac{dI}{dt} = -N_٢.K.\frac{dI}{dt}$$

والقيمة (N.K) تسمى معامل الحث المتبادل (M)

وله وحدة قياس تسمى (هنرى = فولت. ثانية / أمبير)

اى ان العلاقة تصبح:..... $\boxed{\varepsilon = -M \frac{dI}{dt}}$

تعريف الحث المتبادل:

[وهو التأثير الكهرومغناطيسى الحادث بين ملفين متجاورين أو متداخلين يمر في أحدهما تيار متغير الشدة فيتأثر به الآخر ويقاوم التغير الحادث في الملف الأول.]

**** مثـــال:**

ملفان حلزونيان متجاوران (A , B) عدد لفاتهما ٢٠٠ , ٨٠٠ لفة على الترتيب إذا أمر تيار شدته ٢ أمبير في (A) فإنه ينتج فيضا مغناطيسيا قدره $٢,٥\times١٠^{-٤}$ وبر يمر خلال (A) وفيضا قدره $١,٨\times١٠^{-٤}$ وبر يمر خلال الملف (B). أوجد: أ . معامل الحث الذاتي للملف (A)

ب . معامل الحث المتبادل بين (A , B) ج . متوسط القوة الدافعة الحثية في الملف (B) عندما يتوقف التيار المار في الملف (A) لمدة ٠,٣ ث.

**** الحـــل**

$N_١ = ٢٠٠ , N_٢ = ٨٠٠ , I = ٢ A , \varphi_١ = ٢,٥\times١٠^{-٤} Wb , \varphi_٢ = ١,٨\times١٠^{-٤} Wb$

أ) حيث ان: $\varepsilon = -N_١ \frac{d\varphi_١}{dt}$ ، $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$ ومنها يكون:

$-L\frac{dI}{dt} = -N_١ \frac{d\varphi_١}{dt}$ ومنه يكون: $L.I = N_١.\varphi_١$

بالتعويض نوجد معامل الحث الذاتي (L): $L\times ٢ = ٢٠٠\times ٢,٥\times ١٠^{-٤}$

$L = ٢,٥\times١٠^{-٢} H$

ب) بالمثل يمكن الحصول على: $-M\frac{dI}{dt} = -N_٢ \frac{d\varphi_٢}{dt}$ ومنها: $M.I = N_٢.\varphi_٢$

بالتعويض نحصل على معامل الحث المتبادل (M): $M\times ٢ = ٨٠٠\times١,٨\times١٠^{-٤}$

$M = ٧,٢\times١٠^{-٢} H$

ج) $\varepsilon = -N_٢ \frac{d\varphi_٢}{dt} = -٨٠٠ \frac{١.٨\times١٠^{-٤}}{٠.٣} = -٤٨\times١٠^{-٢} V$

========== أتمنى لكم التوفيق والتفوق إن شاء الله ========

د/ أسعد عبد الخالق