# الكهربائية والمغناطيسية

## الكهرومغناطيسية

الكهرومغناطيسية – بإختصار- تصف التفاعل الذي يتم بين الجسيمات المشحونة وبين مجالات كهربائية ومجالات مغناطيسية. ويمكن تقسيم الكهرومغناطيسية إلى:

1) الإليكتروستاتيكا التي تدرس الشحنات الكهربائية في حالة السكون.

2) الإليكترودينامكا التي تدرس التفاعل بين الشحنات المتحركة والإشعاع.

****النظرية الكلاسيكية للكهرومغناطيسية:** تعتمد علي قانون قوى لورنتز ومعادلات ماكسويل.

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

* **الإليكترودينامكا:** هو دراسة الظواهر المرتبطة بالأجسام المشحونة المتحركة. حيث أن الشحنات الكهربائية المتحركة تنتج مجالاً كهربائياً يحيط بها، فإن الإليكترودينامكا تختص بالآثار الناتجة عن ذلك مثل؛ المغناطيسية والإشعاع الكهرومغناطيسي والحث الكهرومغناطيسي. هذه المواضيع من الإليكترودينامكا تُعرَّف بالإليكترودينامكا الكلاسيكية، وكانت قد شُرِحت لأول مرة بواسطة جيمس ماكسويل، ومعادلات ماكسويل تصف ظواهر هذا المجال أي الإليكترودينامكا الكلاسيكية بطريقة جيدة وعامة. الآن هناك تطور حديث لمجال الإليكترودينامكا الكمومية الذي يتضمن قوانين نظرية الكم لشرح تأثير الإشعاع الكهرومغناطيسي علي المادة. ديراك وهايسينبيرج وباولي كانوا رواداً في صياغة الإليكترودينامكا الكمية. الإليكترودينامكا النسبية – من جهة أخرى – تفسر التصحيحات التي تجريها النظرية النسبية على 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، الهوائيات، الآلات الكهربائية، الاتصالات الفضائية، الكهرومغناطيسية الحيوية، البلازما، الأبحاث النووية، الألياف البصرية، التداخل والتوافق الكهرومغناطيسي، تحويل الطاقة الكهروميكانيكية، معرفة الأرصاد من خلال الرادار والإستشعار عن بعد.

**وتشمل الأجهزة الكهرومغناطيسية: المحولات الكهربية، المبادلات، أجهزة الراديو والتلفاز، الهاتف، المحركات الكهربائية، خطوط الإرسال، موجهات الموجات، الألياف البصرية وأجهزة الليزر.

## *مقدمة عن المجال الكهربائي

**1- الشحنات الكهربائية نوعان:**

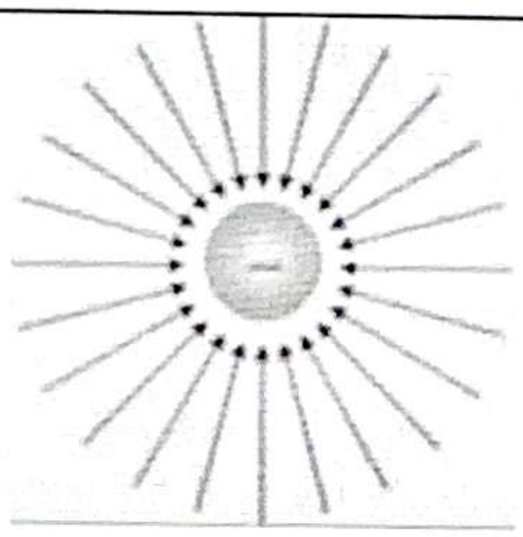
ولوحظ ما يلي:

أ) حول الشحنات الكهربائية خطوط مجال كهربائي يختلف إتجاهها بنوع الشحنة.

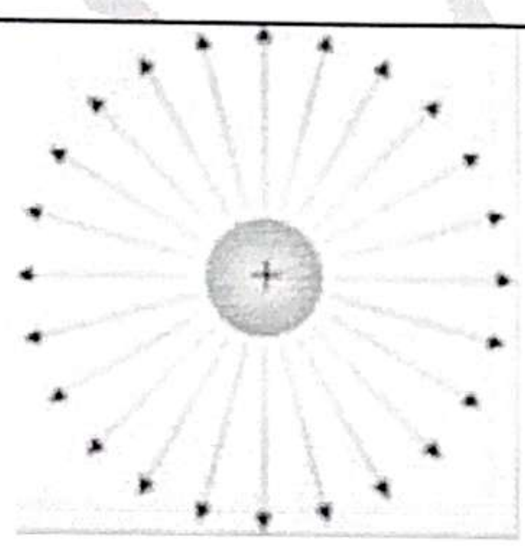
ب) الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب.

ج) أقل شحنة كهربائية هي شحنة الإلكترون أو البروتون.

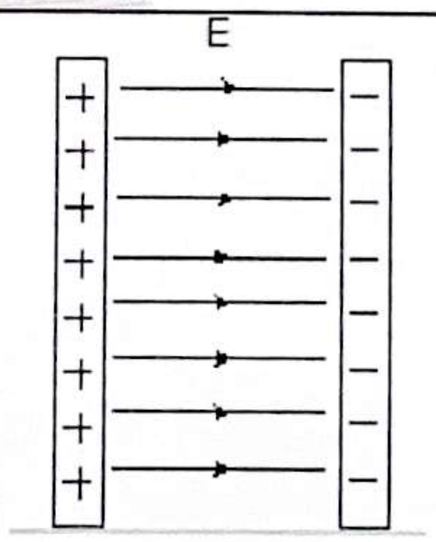
د) شحنة الإلكترون = $1.6 \times 10^{-19}$ كولوم.



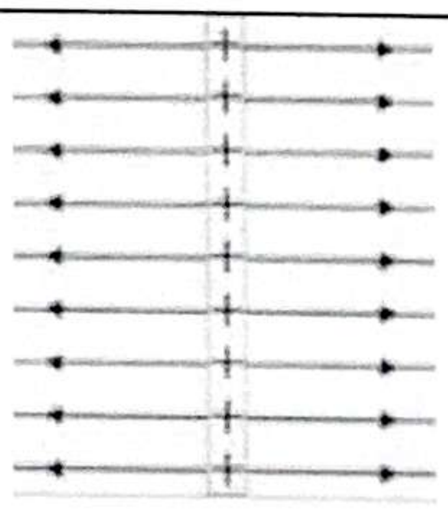
*Electric field lines due to -ve charge*



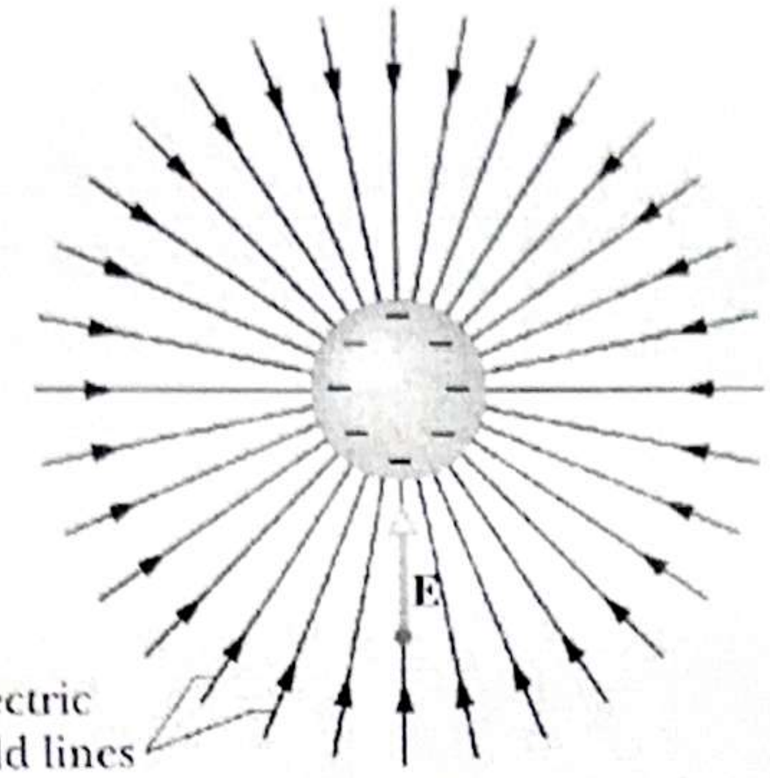
*Electric field lines due to +ve charge*

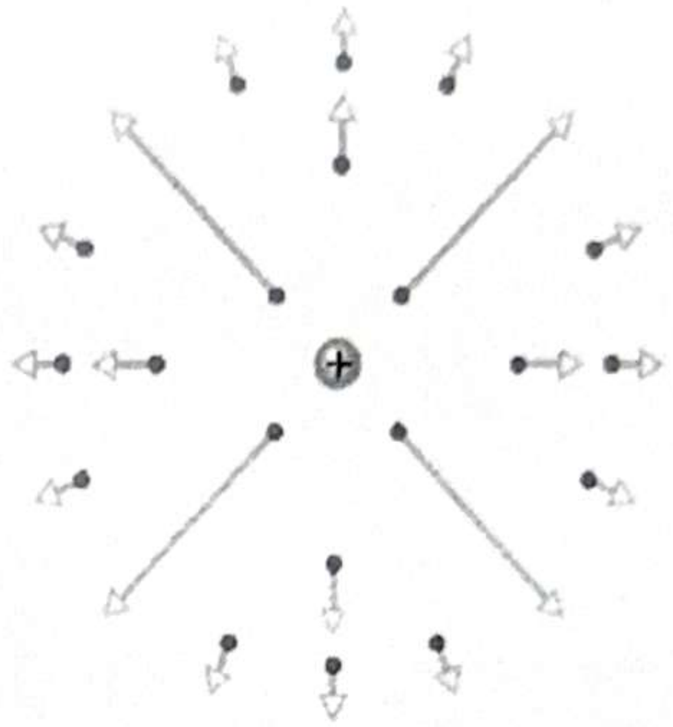


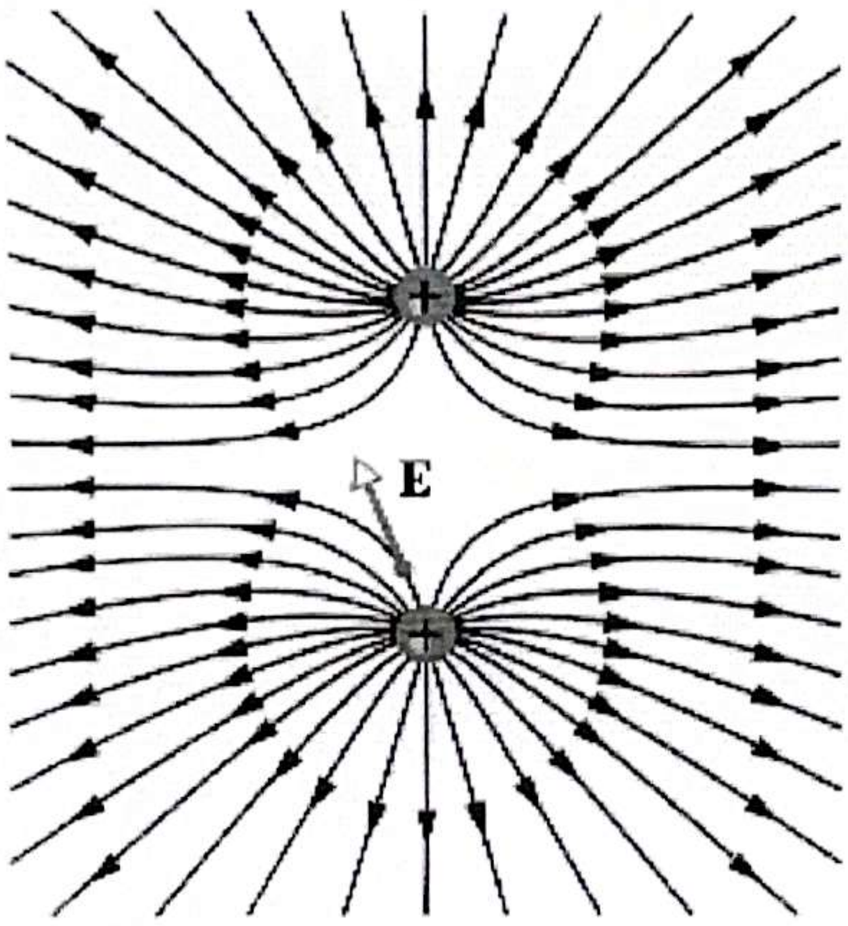

*Electric field lines due two surface charge*

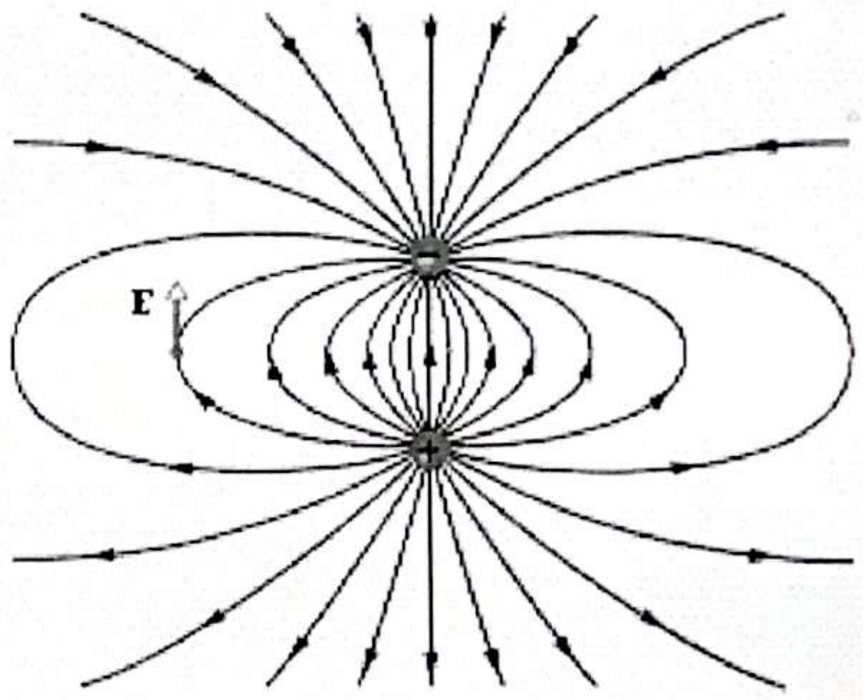


*Electric field lines due to +ve line charge*


E
Electric
field lines

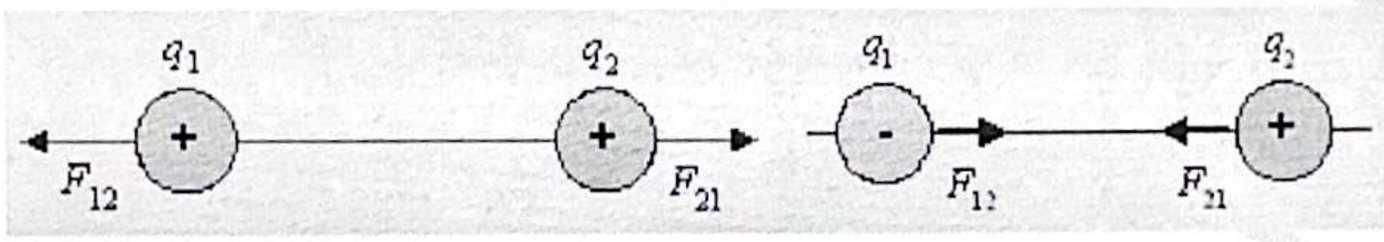


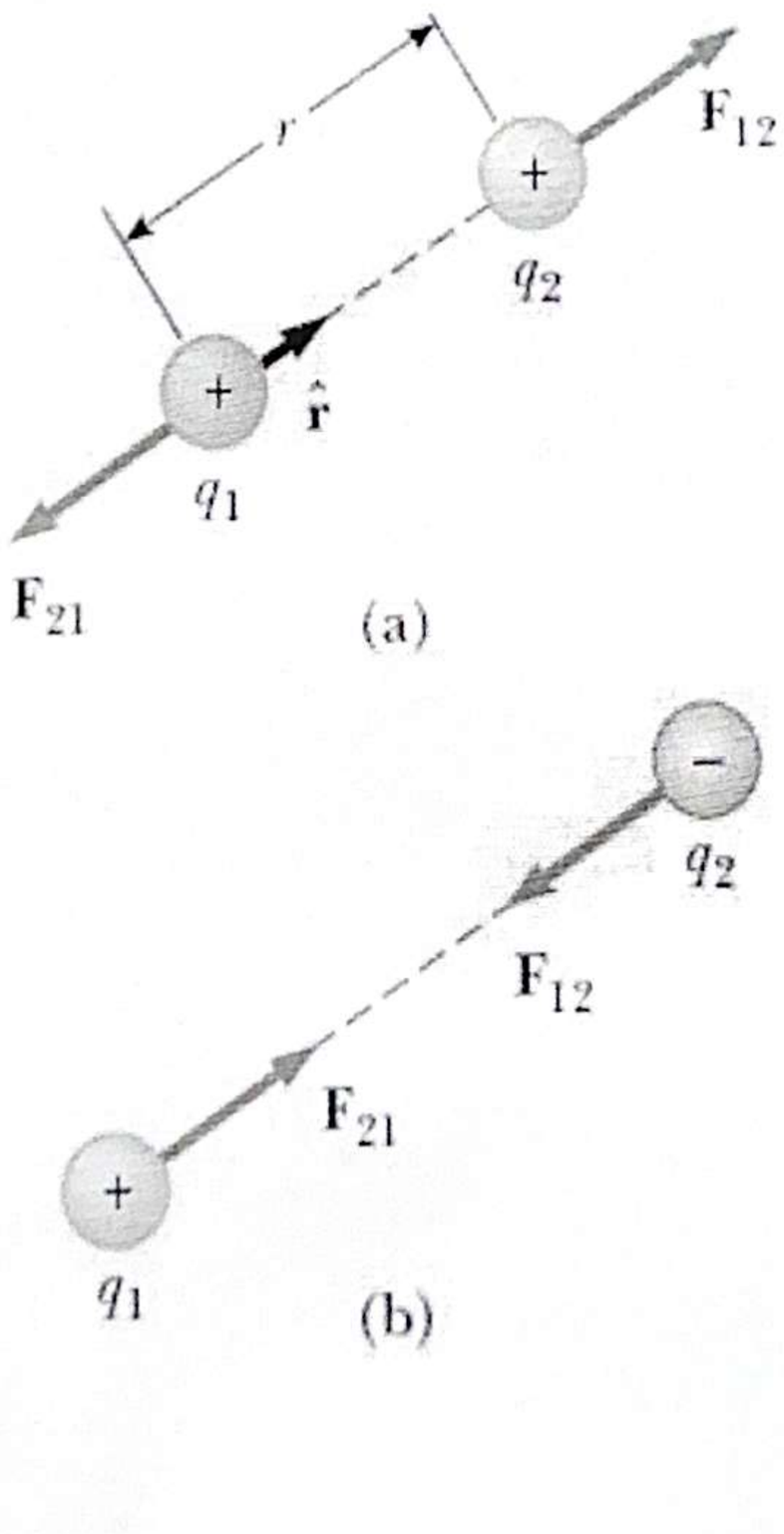

E


E

## 2- قانون كولوم

عندما تتقارب شحنتين يحدث بينهما أحد إحتمالين (تجاذب أو تنافر) وكلاهما قوى كهربائية يحكمها قانون كولوم وينص على "تتناسب قوى التجاذب أو التنافر بين جسمين مشحونين تناسباً طردياً مع حاصل ضرب شحنتيهما وعكسياً 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

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

و هو يعتمد نفاذية الوسط $( \varepsilon_o = 8.85\times10^{-12} )$

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

**3- المجال الكهربائي:**

هي منطقة محيطة بالشحنات الكهربائية، يمكن التعرف على منطقة المجال الكهربائي بوضع شحنة موجبة في هذه المنطقة وملاحظة تأثير المجال.

- المجال يؤثر بقوة كهربائية على أي شحنة كهربائية

**** شدة المجال الكهربي (E):**

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

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

** المجال الكهربائي كمية متجهة تعتمد على إتجاه خطوط القوى الكهربائية أو خطوط الفيض الكهربائي.

## قانون جاوس : Gauss`s low

من المعروف إن خطوط القوى الكهربائية يمكن إستخدامها في:

أ) معرفة إتجاه المجال الكهربائي.

ب) حساب شدة المجال الكهربائي.

ويمكن معرفة المجال الكهربائي بمعرفة:

** **الفيض الكهربائي** $\Phi$ (التدفق Flux ) ....." وهو العدد الكلي لخطوط الفيض الكهربائي".

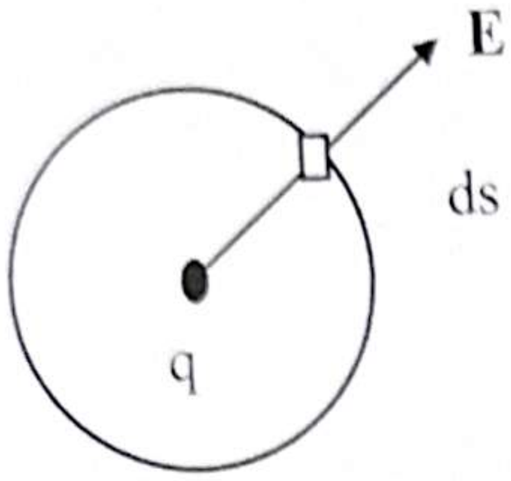
بمعنى أنَّ: **شدة المجال الكهربائي** عند نقطة تمثل

"عدد خطوط القوى الكهربائية (الفيض الكهربائي) التي تقطع وحدة المساحات عمودياً عند هذه النقطة".

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

ويمكن تمثيل الفيض الكهربائي بالعلاقة ..... $\varphi = E.S$ أو $\varphi = E.S\cos\theta$

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




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

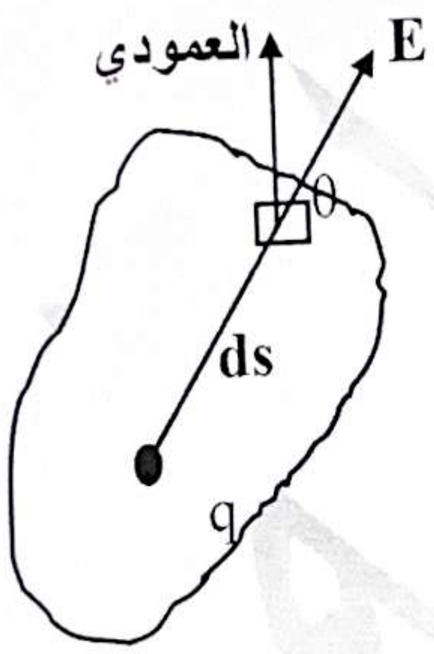
ومنها يكون ..... $$d\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}dS$$

ويكون الفيض الكلي على السطح الكروي هو:

$$\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\int_0^{4\pi^2} dS = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\times 4\pi r^2$$

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

- وهذا التدفق (الفيض) يكون موجباً عندما تكون خطوط الفيض خارجة من السطح ويكون سالباً عندما تكون خطوط المجال الكهربائي داخلة إلى السطح.




**ثانيا: في حالة السطح الغير منتظم:**

إذا فرض وجود سطح غير منتظم حول شحنة كهربائية q

فتكون خطوط المجال غير عمودية على السطح لذلك نفرض

عنصر من السطح (dS) فيكون الفيض الكهربائي ($d\varphi$) هو:

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

وبالتكامل على السطح كله ينتج: $\boxed{\varphi = \oint E.\cos\theta.dS}$ ..... (2)

وبربط المعادلتين 1، 2 ينتج قانون جاوس:

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

** من العلاقة السابقة يمكن أن نُعرِّف قانون جاوس على إنه:

"إذا تعرض أي سطح مقفل لمجال كهربائي فان الفيض الكهربائي الذي ينفذ منه للخارج يساوي ( $\frac{1}{\varepsilon_0}$ ) مضروباً في المجموع الجبري للشحنات المحصورة داخل هذا السطح".

** وتعتمد سهولة حساب شدة المجال الكهربائي بإستخدام قانون جاوس على حسن إختيار السطح المغلق المناسب حول الشحنة الكهربائية.

س: ما هي شروط اختيار سطح جاوس؟

ج: أربعة شروط هي: 1- أن يمر السطح المغلق بالنقطة المراد إيجاد شدة المجال عندها.

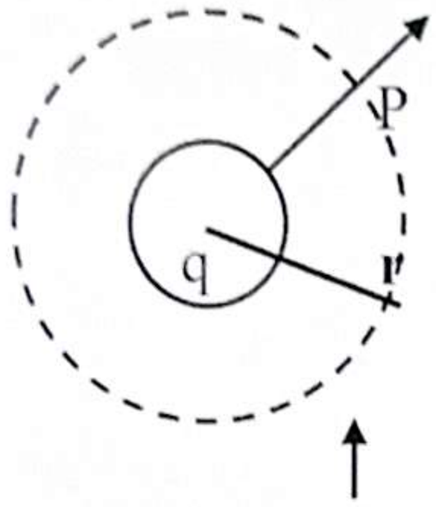
2- أن يكون السطح مغلق ومنتظم قدر الإمكان.

3- أن تكون خطوط الفيض عمودية أو موازية للسطح أو تصنع زاوية ثابتة.

4- 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: ..... $\oint E.\cos\theta\, dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$

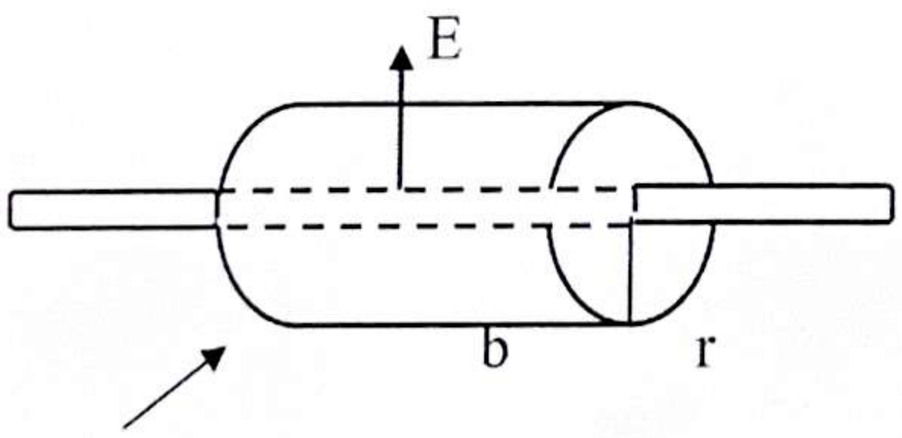
** وحيث ان اتجاه المجال عمودي على سطح جاوس الكروي ومنها يكون الزاوية بين إتجاه المجال والعمودي على السطح $\theta$ هي صفر وهذا يعنى أن $(\cos 0 = 1)$

فتكون معادلة جاوس: $E\int_0^{4\pi r^2} dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$ فتصبح $E.4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_o}$

ومنها يكون شدة المجال الكهربائي هي:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}$$ ... أو هو ..... $E = \frac{1}{4\pi r^2}\frac{q}{\varepsilon_o}$

### ب) شدة المجال الناشىء عن سلك طويل مشحون:




سنفرض سطح جاوس حول السلك على شكل غلاف

إسطواني حول السلك طوله (b) ونصف قطره (r)

وإذا كانت الشحنة لوحدة الأطوال هي ($\lambda$)

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

وحيث أن خطوط القوى الكهربائية عمودية على

سطح جاوس فيمكن تطبيق قانون جاوس كما يلي:

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

بمعنى ان $(\cos 0 = 1)$ ومساحة الإسطوانة $(2\pi r b)$

فتكون معادلة جاوس: $$E\int_0^{2\pi\, r\, b} dS = \frac{\lambda\, b}{\varepsilon_o}$$

وبعد إجراء التكامل تصبح المعادلة: $$E.2\pi\, r\, b = \frac{\lambda\, b}{\varepsilon_o}$$

وتكون شدة المجال الكهربائي هي: ..... $$\boxed{E = \frac{1}{2\pi\,\varepsilon_o}\frac{\lambda}{r}}$$

**ج) شدة المجال خارج موصل مستوي لانهائي الأبعاد مشحون:**

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

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

حيث $(\sigma)$ هي الشحنة لوحدة المساحات، $(S)$ مساحة قاعدة الإسطوانة.

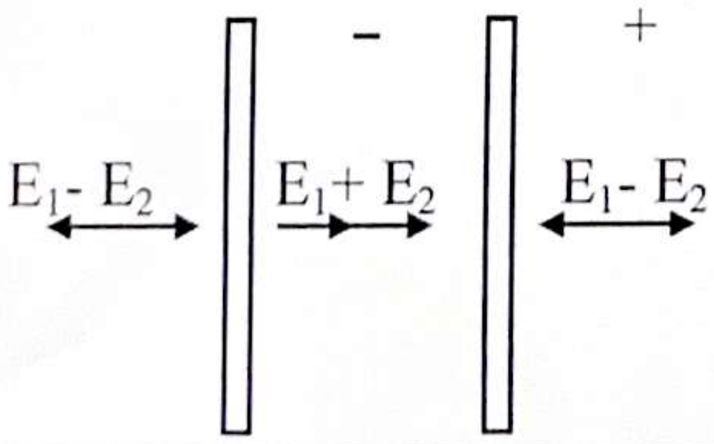
ولإنَّ $(\theta = \text{صفر})$ لإن إتجاه خطوط المجال عمودية على قاعدة الإسطوانة (سطح جاوس) ومساحة قاعدة الإسطوانة $(S)$ فبتطبيق قانون جاوس على قاعدتي الإسطوانة يصبح القانون كما يلي:

$$E.S + E.S = \frac{q}{\varepsilon_o} \quad \text{..... ومنها} \quad 2E.S = \frac{\sigma.S}{\varepsilon_o}$$

ويكون شدة المجال الكهربائي هي:.... $$E = \frac{1}{2\varepsilon_o}\frac{\sigma.S}{S} = \frac{1}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{..... أو} \quad \boxed{E = \frac{1}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}}$$

**د) المجال بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين:**

لإنَّ الصفيحتين متساويتين في الأبعاد والشحنة، أحدهما موجبة والأخرى سالبة فتكون شدة المجال عند كل نقطة من النقط الخارجية يكون صفر $(E = 0)$ بينما شدة المجال بينهما هي



المحصلة لمجالي الصفيحتين.

* فمما سبق نجد إن شدة المجال للصفيحة الواحدة هي: ..... $(E = \frac{1}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_o})$

وتكون شدة المجال بين اللوحين هي: $E = E_1 + E_2$

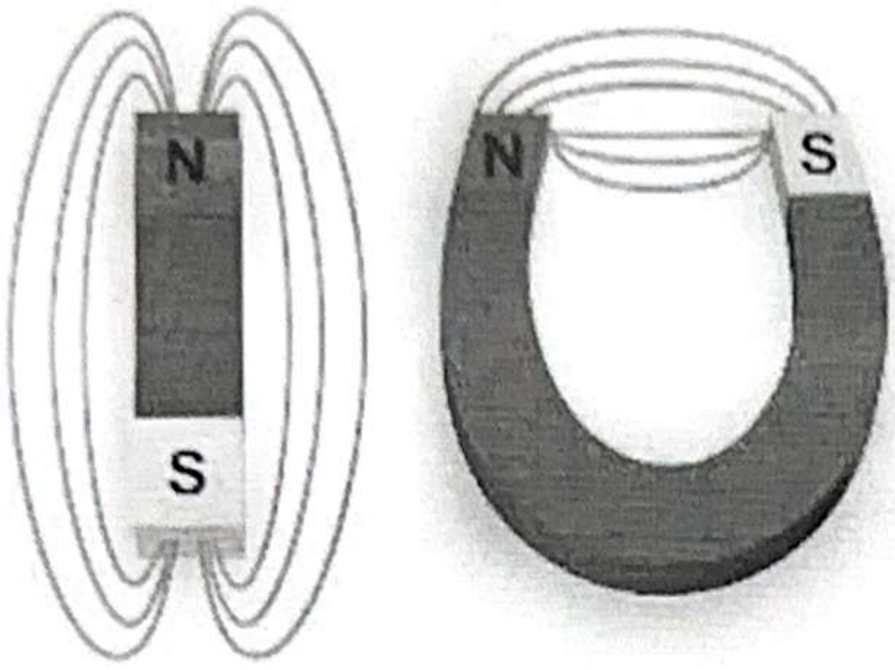
وحيث أن $(E_1 = E_2)$ وأيضاً مما سبق .... $E = \frac{1}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$

فتكون شدة المجال الكلية هي: $E = 2 \times \frac{1}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$ ..... او $\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}}$

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

# الكهربائية والمغناطيسية

## المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي




في البداية نذكر خواص المغناطيس الدائم بإعتبارها

معلومات مفيدة لدراسة المجالات المغناطيسية.

*** معلومات خاصة بالمغناطيس الدائم:**

1- له قطبان شمالي وجنوبي.

2- الأقطاب المتشابه تتنافر والمختلفة تتجاذب بقوة تبعاً لقانون نيوتن وهو يشبه قانون كولوم.

3- يحيط بالمغناطيس منطقة تسمى بالمجال المغناطيسي وتحتوي على خطوط المجال المغناطيسي.

4- المجال المغناطيسي نوعان غير منتظم (مغناطيس مستقيم) و منتظم (مغناطيس حرف U).

5- شدة المجال المغناطيسي (H) لها علاقة بكثافة الفيض المغناطيسي (B) والعلاقة هي:

$B = \mu_0 . H \rightarrow \text{Tesla}$ ..... حيث $\mu_0$ نفاذية الفراغ أو الهواء.

****كثافة الفيض المغناطيسي (B):**

هو عدد خطوط الفيض المغناطيسي ($\Phi$) التي تنفذ عموديا على سطح مساحته ($S$)

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

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

أما إذا كان السطح غير عمودي (يميل بزاوية $\theta$)

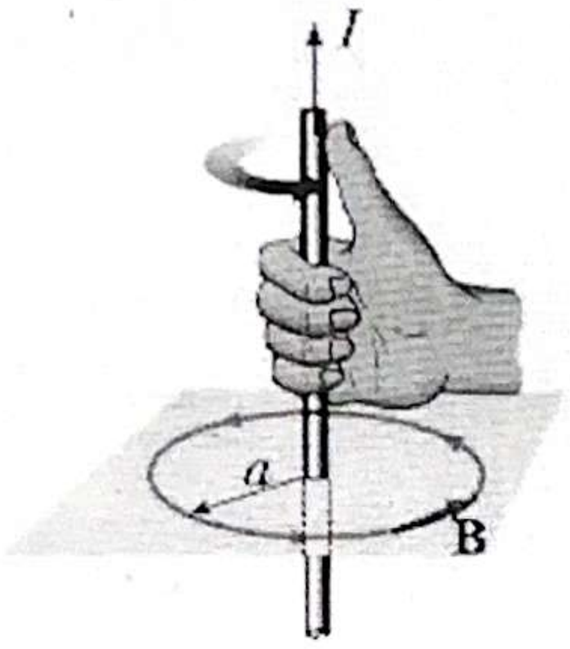
تصبح العلاقة: $\Phi = B.S.\cos\theta$

* **ملاحظة:**

أستمر العلماء لسنوات طويلة يدرسون المجال المغناطيسي منفصل تماما عن المجال الكهربي حتى استطاع العالم اورستد (1820م) 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.

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

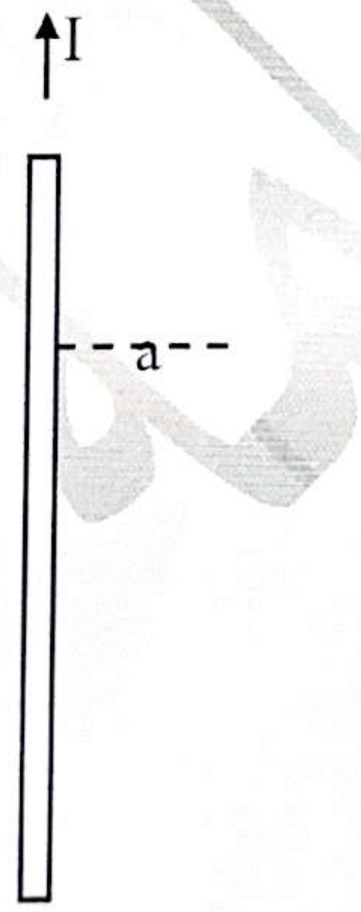



** وجد العلماء أن الحث المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر به تيار كهربي هو على شكل دوائر مركزها السلك ويمكن تعين اتجاه المجال **بقاعدة إبهام اليد اليمنى** وهي تنص على:

**"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)




** إن العوامل المؤثرة على الحث المغناطيسي في هذه الحالة وهي:

**1- شدة التيار الكهربي في السلك (I) $\Leftarrow$ (B α I)**

**2- بعد النقطة عن السلك (a) $\Leftarrow\Leftarrow \left(B\alpha\frac{1}{a}\right)$**

$$B = const.\frac{I}{a} \rightarrow \quad B = 2\times10^{-7}\frac{I}{a} \rightarrow$$

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

حيث ($K_m$) ثابت التناسب وتساوي ($K_m = \frac{\mu_o}{4\pi} = 10^{-7}$ Wb/A.m)

وتكون شدة المجال المغناطيسي: $\Leftarrow\Leftarrow$ $\boxed{H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{1}{2\pi}\frac{I}{a}}$

---

*** مثال:** يمر تيار كهربي قيمته 5 A في موصل طويل. احسب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد 10 cm من منتصف السلك ثم احسب الحث المغناطيسي.

*** الحـل:**

$$H = \frac{1}{2\pi}\frac{I}{a} = \frac{1}{2\pi}\frac{5}{10\times10^{-2}} = 7.96 \quad A/m$$

$$B = \mu_o .H = 4\pi\ 10^{-7} \times 7.96 = 10^{-5}\ Wb/m^2 \quad (T)$$

---

***مثـال:** يمر تيار في سلك رفيع نتج عنه مجال مغناطيسي قيمة حثه $10^{-4}$ T عند نقطة تبعد 5 cm من منتصف السلك: أ) ما قيمة هذا التيار الكهربائي

ب) ما قيمة شدة المجال المغناطيسي

ج) إذا كانت قيمة التيار 10 A ، فما هو بعد النقطة التي يكون عندها الحث المغناطيسي مساوياً $10^{-4}$ Wb/m$^2$.

*** الحـل:**

أ) $B = 10^{-4}$ T , a = 5 cm , I = ?? , H = ???

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

$$I = \frac{2\pi B}{\mu_o} = \frac{2\pi\times5\times10^{-2}\times10^{-4}}{4\pi\times10^{-7}} = 25\ A$$

ب) $H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7}} = 79.577 \text{ A/m}$

ج) $B = 10^{-4} \text{ Wb/m}^2 \quad , \quad I = 10 \text{ A} \quad , \quad a = ??$

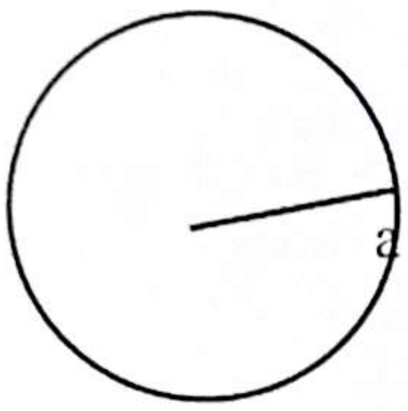
$$a = \frac{\mu_o I}{2\pi B} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

# الكهربائية والمغناطيسية

## المجالات الكهربائية للتيار الكهربائي

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

*** لتعيين الحث المغناطيسي عند مركز ملف دائري نبحث عن العوامل المؤثر وهي:**




1ـ شدة التيار الكهربي (I) حيث: $(B\alpha I)$

2ـ نصف قطر الملف (a) حيث: $(B\alpha 1/a)$

3ـ عدد لفات الملف (N) حيث: $(B\alpha N)$

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

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

---

***مثال:** ملف دائري عدد لفاته 200 لفة ومتوسط نصف قطر اللفة 20 cm أحسب شدة المجال المغناطيسي في مركز الملف إذا كان التيار المار به 3.5 A ثم أحسب الحث المغناطيسي.

***الحـل:**

$$H=\frac{N.I}{2a}=\frac{200\times3.5}{2\times20\times10^{-2}}=1.75\times10^{3} \quad A/m$$

$$B=\mu_o.H=4\times10^{-7}\times1.75\times10^{3}=2.2\times10^{-3} \quad Wb/m^2$$

---

***واجب بيتي:**

1) أحسب قيمة شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد 100 cm عن موصل طويل ورفيع ويحمل تيار شدته 1 أمبير.

2) يحمل سلك طويل ورفيع تياراً قيمته 10 A أحسب المسافة من هذا السلك إلى النقطة التي يكون فيها الحث المغناطيسي مساويا $10^{-4}$ تسلا.

3) ملف دائري نصف قطره 10 cm ويمر به تيار شدته 10 A فإذا كان التيار ينتج مجالا مغناطيسيا كثافة فيضه 0.003 T في مركز الملف احسب عدد لفات الملف.

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

---

## ج) الحث المغناطيسي لملف حلزوني:

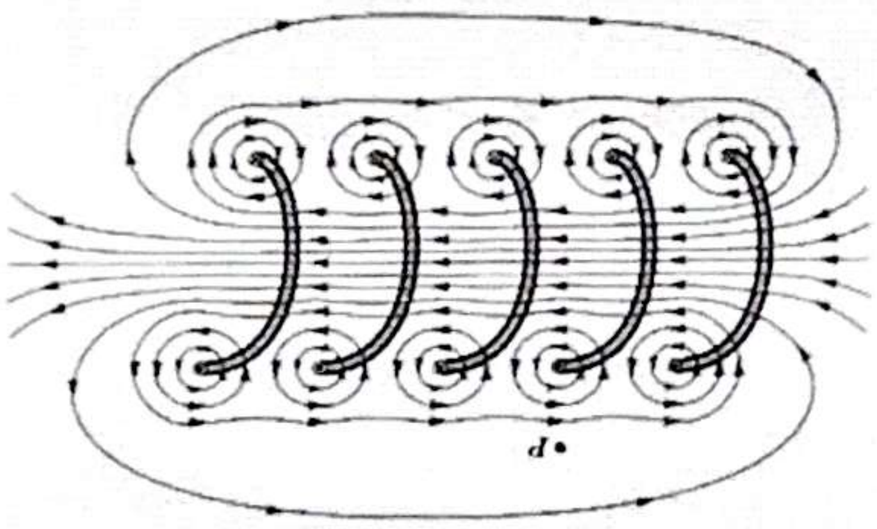
الملف الحلزوني عبارة عن ملف لفاته متقاربة وعدد لفاته ( N ) وطوله ( ℓ ) ويمر به تيار كهربي شدته ( I ) ففي هذه الحالة يكون الملف الحلزوني وكأنه مغناطيس طويل له قطبان أحدهما شمالي والآخر جنوبي ويتوقف نوع القطب وإتجاه المجال على إتجاه التيار في الملف .

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

1- يتناسب الحث المغناطيسي ( B ) طردياً مع كل من شدة التيار ( I ) وعدد لفات الملف (N) .

2- يتناسب الحث المغناطيسي ( B ) عكسياً مع طول الملف ( ℓ ) .

هذا يمكن تمثيل ذلك رياضياً:



حيث إنَّ: $B \alpha I$

وأيضاً $B \alpha N$

وكذلك $B\alpha \frac{1}{\ell}$

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

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

ويمكن الإشارة إلى إن النسبة بين عدد اللفات الى طول الملف تسمى عدد اللفات لوحدة الأطوال (n)

حيث: $n = \frac{N}{\ell}$

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

** ملاحظة:

يختلف حساب الحث المغناطيسي (B) بإختلاف موقع النقطة على محور (أو طول) الملف الحلزوني:

1- الحث المغناطيسي عند منتصف الملف هو: $\mathbf{B} = \mu_o \frac{\mathbf{N.I}}{\ell}$

2- الحث المغناطيسي عند أحد طرفي الملف هو: $\mathbf{B} = \mu_o \frac{\mathbf{N.I}}{2\times\ell}$

---

*مثال: ملف حلزوني طويل عدد لفاته 200 لفة في السنتيمتر يحمل تياراً مقداره 1.5 A أحسب الحث المغناطيسي وشدة المجال المغناطيسي: أ) عند منتصف الملف ب) عند أحد طرفي الملف.

** الحـل:

$$N = 200, \quad \ell = 1 \times 10^{-2}\ m, \quad I = 1.5\ A$$

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

**أ) عند منتصف الملف:**

$$\mathbf{B} = \mu_o \frac{\mathbf{N.I}}{\ell} = 4\pi\times10^{-7}\frac{200\times1.5}{1\times10^{-2}} = 3.769\times10^{-5} Tesla$$

$$\mathbf{H} = \frac{B}{\mu_o} = \frac{\mathbf{N.I}}{\ell} = \frac{200\times1.5}{1\times10^{-2}} = 300\times10^{2}\ A.m$$

**ب) عند أحد الطرفين:**

$$\mathbf{B} = \mu_o \frac{\mathbf{N.I}}{2\times\ell} = 4\pi\times10^{-7}\frac{200\times1.5}{2\times1\times10^{-2}} = 1.88\times10^{-5} Tesla$$

$$\mathbf{H} = \frac{B}{\mu_o} = \frac{\mathbf{N.I}}{2\times\ell} = \frac{200\times1.5}{2\times1\times10^{-2}} = 150\times10^{2}\ A.m$$

---

# الكهربائية والمغناطيسية

## 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:

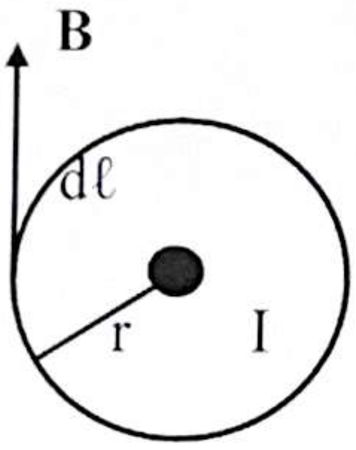
$$\oint \mathbf{B}.\cos\theta.d\ell = \mu_o \sum \mathbf{I}$$

وهذا يعني إن التكامل على مسار مغلق يحيط بالسلك للحث المغناطيسي ( B ) يساوي مجموع قيمة التيارات داخل هذا المسار مضروباً في معامل نفاذية الفراغ $\mu_0$

**** ملاحظة:**

يستخدم قانون أمبير في حساب المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيارات كهربائية في موصلات ذات تماثل هندسي، يسمح بإختيار مسارات مغلقة حولها، بحيث يكون المجال المغناطيسي في كل نقطة من نقاطها معلومة المقدار والإتجاه .

**** تفسير قانون أمبير:**




إذا إعتبرنا وجود سلك مستقيم يمر به تيار

كهربائي في إتجاه ما فتولد حوله خطوط مجال

مغناطيسي على شكل دوائر مركزها السلك (مسار مغلق)

كما بالشكل ويكون الحث المغناطيسي (B) على بعد (r)

مماساً لأحد المسارات المغلقة للمجال هي: $B = \frac{\mu_o}{2\pi a} \frac{I}{}$

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

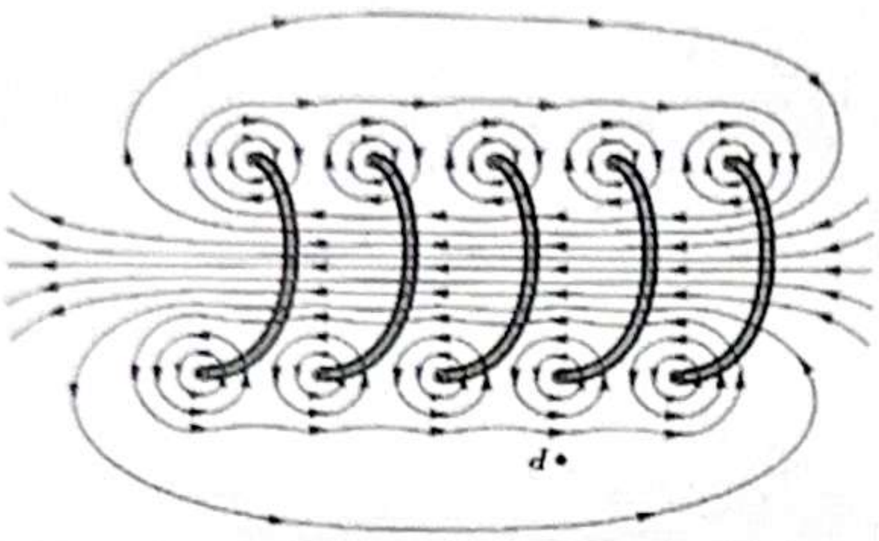
$$\oint \mathbf{B}.\cos\theta.c\ell = \int_0^{2\pi r} \frac{\mu_o}{2\pi} \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{r}} d\ell = \frac{\mu_o.\mathbf{I}}{2\pi\ \mathbf{r}} \int_0^{2\pi r} d\ell = \frac{\mu_o.\mathbf{I}}{2\pi\ \mathbf{r}} \times 2\pi\,\mathbf{r} = \mu_o.\mathbf{I}$$

ومنها يكون الشكل العام لقانون أمبير:

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

## ** تطبيقات على قانون أمبير

### 1) الحث المغناطيسي لملف حلزوني:



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

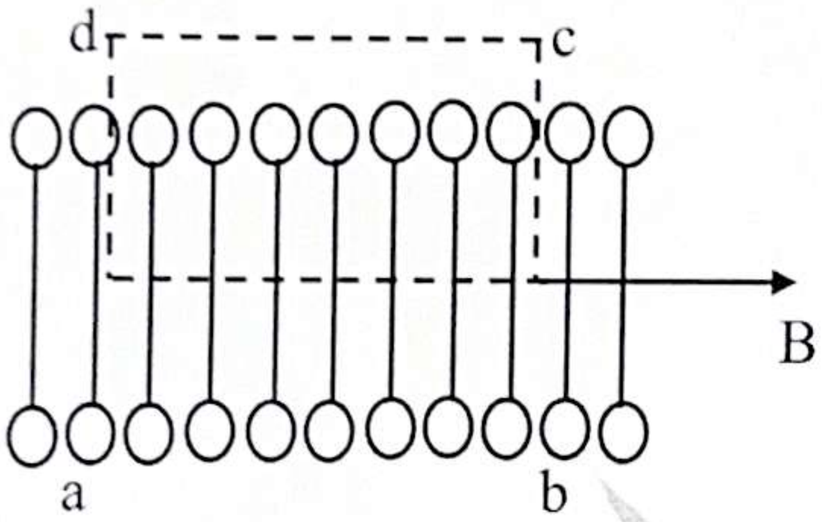
لذلك يرسم مسار مغلق على شكل مستطيل

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 ( $\theta = 90^o$ ) وبتطبيق قانون أمبير على الاضلاع الاربعة يمكن الحصول على:

$$\int_a^b B.\cos 0^o\, d\ell + \int_b^c B.\cos 90^o\, d\ell + \int_c^d B.\cos 180^o\, d\ell + \int_d^a B.\cos 90^o = \int_a^b B.d\ell - \int_c^d B.d\ell = \mu_o \sum I$$

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

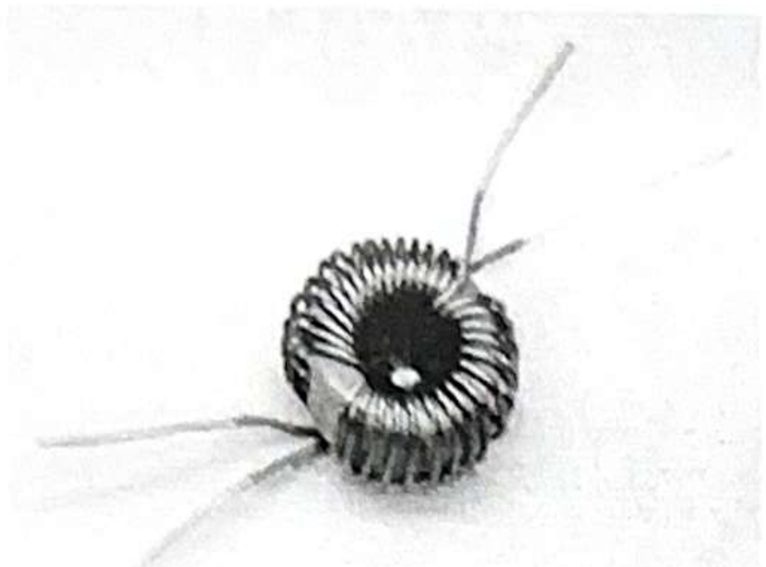
$$\therefore \int_a^b B.d\ell = \int_0^\ell B.d\ell = \mu_o \sum I$$

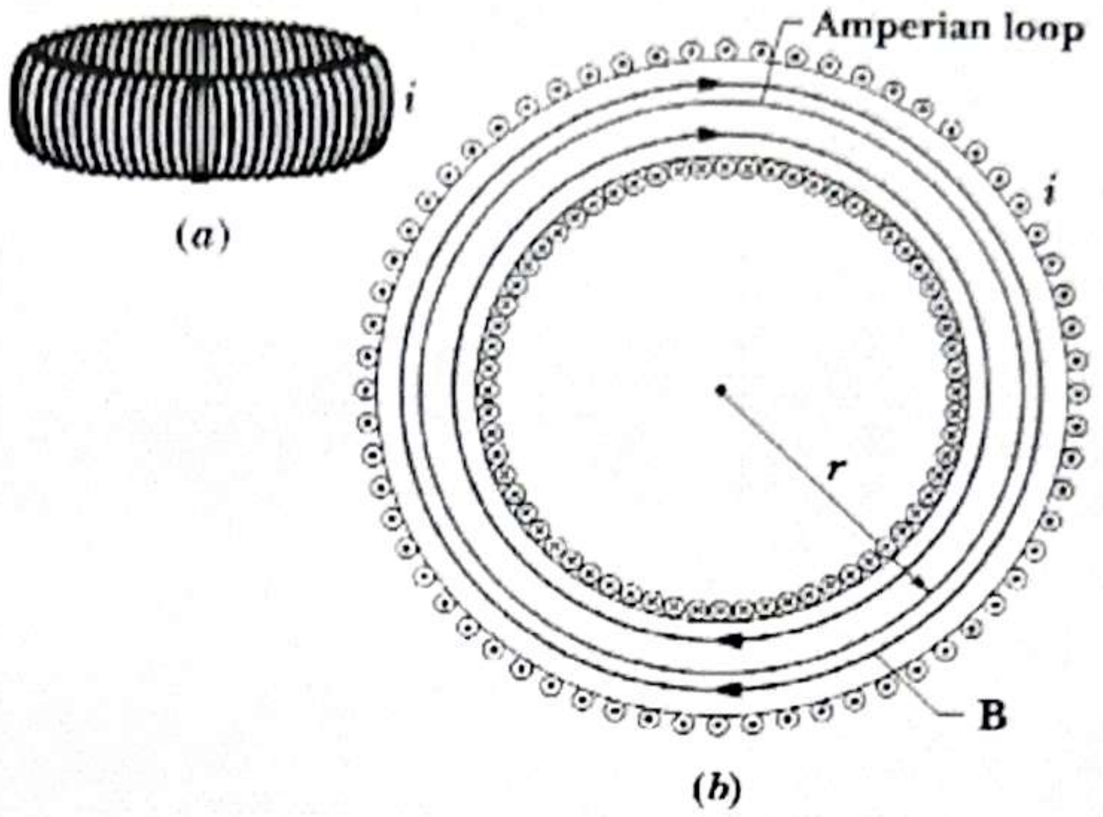
$$\therefore \mathbf{B.}\ell = \mu_o \mathbf{.n.}\ell\mathbf{.I}$$

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

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

## 2) الحث المغناطيسي لملف حلزوني حلقي:






نفترض مرور تيار كهربائي في هذا الملف الذي طوله الدائري ($\ell$) وعدد لفاته في وحدة الأطوال (n) ولحساب الحث المغناطيسي نستخدم قانون أمبير:

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

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

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

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

# الكهربائية والمغناطيسية

## الحـث الكهرومغناطيسي

*** مقدمة:**

* استطاع أورستد إكتشاف أنَّ: التيار الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً

- حاول فاراداي إثبات عكس ما قاله أورستد وحقق ذلك فعلا عام 1831 ونجح في : "توليد تيار كهربائي من مجال مغناطيسي" وسميت هذه الظاهرة: (الحث الكهرومغناطيسى).

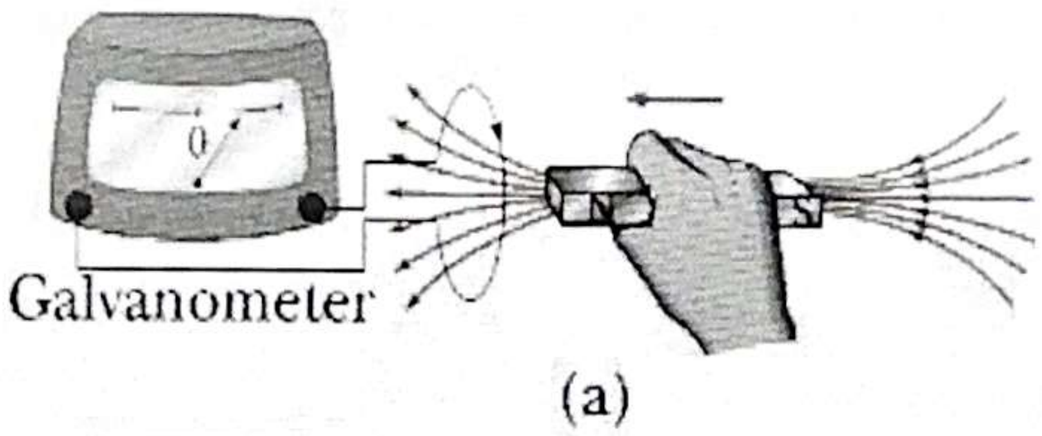
  ويسمى التيار الناتج : تيار كهربائي حثي (I) والقوة الدافعة الكهربائية حثية (ε).

**** تعريف الظاهرة:**

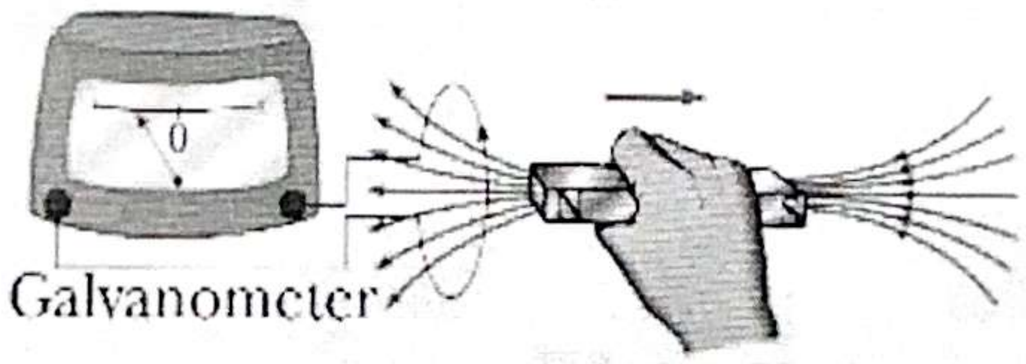
"إذا قطع سلك فيضاً مغناطيسياً يتولد في السلك قوة دافعة كهربائية مستحثة وكذلك تيار مستحث".

* هذا يعنى أن: [شـرط تولد قوة دافعة مستحثة

  هـو قطع خطوط الفيض المغناطيسي]




(a)




(b)

*** الإستنتاج:**

* حركة مؤشر الجلفانومتر تعني تولد قوة

  دافعة مستحثة وتيار مستحث.

*إتجاه حركة مؤشر الجلفانومتر تعتمد

على إتجاه حركة المغناطيس.

* الحقيقة هـي:

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

*يضيف هذا الإكتشاف نوعاً جديداً ومهماً لإنتاج الطاقة الكهربائية وهو تحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية.

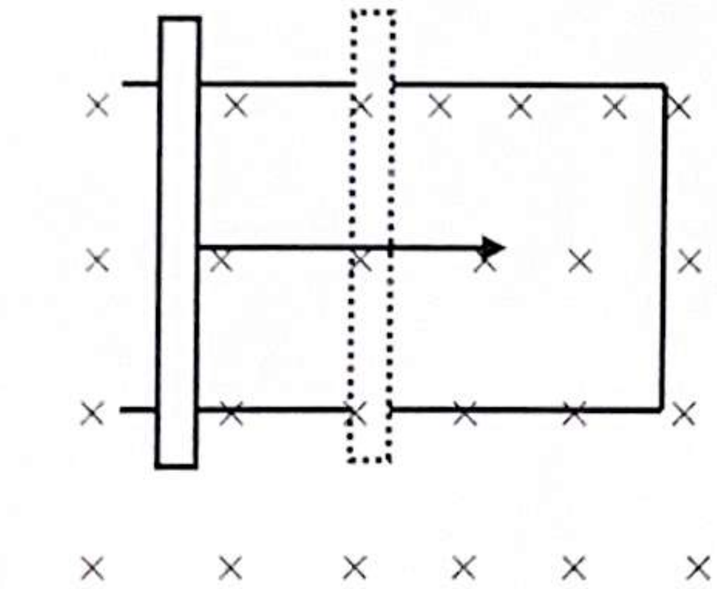
*** حركة موصل في مجال مغناطيسي:**

من المعروف سابقاً أنه عند وضع سلك مستقيم طوله ($\ell$) يمر به تيار كهربائي (I) في مجال مغناطيسي عمودي حثه (B) فإنه يتولد قوة مغناطيسية تحركه (F) قيمتها:

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

أما الآن نعكس التجربة:

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




*** نلاحظ ان الشغل المبذول لتحريك السلك هو:**

$$dW = F.dx$$

ومعلوم إنَّ: $F = I.\ \ell.\ B$ & $dx = v\ .\ dt$

بالتعويض في الشغل نجد إنَّ:

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

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

فتكون المعادلة: $dW = B.\ \ell\ .\ v\ .\ dq$

ومن المعروف إن القوة الدافعة الكهربائية هي الشغل المبذول (dW) لنقل شحنة كهربائية (dq):

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

حيث إنَّ (v) هي سرعة حركة السلك في المجال المغناطيسي وهنا ملاحظة مهمة:

1- إذا كان إتجاه حركة السلك عمودية على إتجاه المجال تكون القوة الدافعة الحثية هي:

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

2- عندما يكون إتجاه حركة السلك يميل بزاوية ($\theta$) مع المجال المغناطيسي فتصبح العلاقة:

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

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

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

***قاعدة فلمنج لليد اليمنى:**

هي قاعدة لمعرفة إتجاه التيار الحثي المتولد في سلك مستقيم يتحرك عمودي على مجال المغناطيسي.

وهي تنص على إنه:

[عند تعامد أصابع اليد اليمنى الثلاثة الإبهام والسبابة والوسطى فإذا كان الإبهام يشير لإتجاه الحركة والسبابة لإتجاه المجال المغناطيسي فتكون الوسطى تشير إلى إتجاه التيار الحثي الناتج].

** **مثال:** تحرك سلك طوله 1.2 m على موصل به مقاومة 6 Ω في مجال مغناطيسي عمودي على سطح الموصل حثه المغناطيسي 2.5 $Wb/m^2$ أحسب سرعة حركة السلك التي تعطي تياراً مقداره 0.3 A، ثم أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية وكذلك القدرة الضائعة في المقاومة.

** **الحـــل:**

$\ell = 1.2$ m, $R = 6\ \Omega$, $B = 2.5\ Wb/m^2$, $I = 0.3$ A, $\varepsilon = ??$, $P = ??$

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

$$\therefore v = \frac{I.R}{B.\ell} = \frac{0.3\times 6}{2.5\times 1.2} = 0.6\ \text{m/s}$$

$$\varepsilon = 2.5 \times 1.2 \times 0.6 = 1.8\ \text{V}$$

$$P = \varepsilon . I = 1.8\times 0.3 = 0.54\ \text{W}$$

# الكهربائية والمغناطيسية

* **تجربة فاراداي لتوليد قوة دافعة مستحثة في ملف:**

1- وصل فاراداي طرفي ملف حلزوني بجلفانومتر حساس مؤشره في المنتصف.

2- عند إدخال مغناطيس في الملف لاحظ إنحراف مؤشر الجلفانومتر (لحظياً) في إتجاه ما.

3- وعند لحظة إخراج المغناطيس من الملف ينحرف مؤشر الجلفانومتر في إتجاه مضاد.

4- وعند توقف المغناطيس عن الحركة يعود المؤشر للصفر ويتوقف التيار.

***قانون فاراداي:**

القوة الدافعة المستحثة في ملف تتناسب طردياً مع معدل التغير في الفيض المغناطيسي.

***سؤال: ما هي العوامل المؤثرة في القوة الدافعة الكهربائية المستحثة؟**

**الإجابة:** 1- معدل التغير الزمني لقطع خطوط الفيض المغناطيسي :أي أن: $\left(\varepsilon \alpha \frac{d\varphi}{dt}\right)$

2- عدد لفات الملف: .... $(\varepsilon \alpha N)$

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

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

* **سؤال: ما سبب وجود الإشارة السالبة في قانون فاراداي؟**

**الإجابة:** الإشارة السالبة تدل على إنَّ:

"اتجاه القوة الدافعة الحثية (أو التيار المستحث) بحيث يعطي فيضاً مغناطيسياً يعاكس أو يضاد دائما مقدار التغير في الفيض المغناطيسي المسبب له" وتسمى هذه (قاعدة لنز)