الفصل الأول

أســـاسيـات الموجـــات الكهرومغناطيسية

obeikandl.com

1– 1 المجال الكهربائي:

هو المنطقة المحيطة بالجسم المشحون ويؤثر بقوة كهربائية عند دخول شحنة اختباريه (شحنة موجبة مقدارها كولوم واحد) في تلك المنطقة التي تظهر منها القوة الكهربائية للشحنة.

شدة المجال الكهربائي E:هو مقدار القوة (F) التي تؤثر فيها الشحنة على شحنة اختبار q موضوعه في مجال هذه الشحنة.

$$E = \frac{F}{q} \frac{Newton}{Coulomb} \quad \ldots\ldots 1$$

ويمكن التعبير عن شدة المجال من قانون كولوم

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kq_1 q}{r^2 q_1}$$

حيث أن k ثابت التناسب = 9×10^9 نيوتن.م^2/ كولوم^2

$$E = \frac{kq}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots 2$$

أي أن لشدة المجال قانونان الأول من التعريف معادلة ...1 ، والثاني من قانون كولوم معادلة ....2 ، يعتمد استخدام أي منهما على المعطيات في أي مسالة

obeikandl.com

رياضية. شدة المجال تقاس نيوتن/كولوم لان القوة الكهربائيـــة وتقـــاس نيـــوتن ، ومقدار الشحنة الإخبارية وتقاس بالكولوم.

خط المجال الكهربائي: هو المسار الذي تسلُكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال.

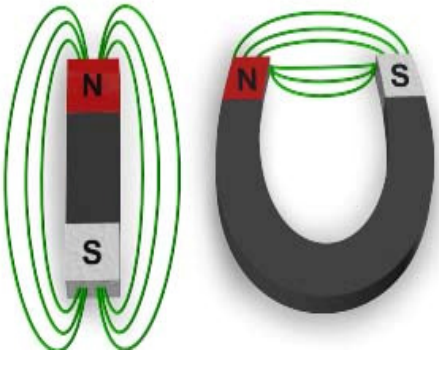
مميزات خطوط المجال الكهربائي:

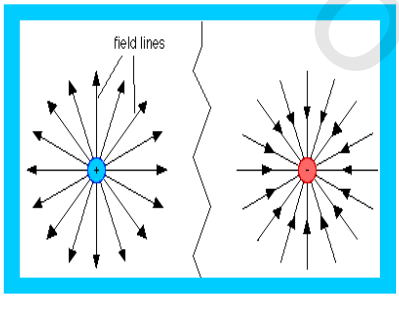
1 – تتبع خطوط المجال الكهربائي من الشحنة الموجبة بصورة عموديـــة علـــى السطح وتنتهي عند الشحنة السالبة شكل (1–1)

2 – تتناسب كثافة خطوط المجال طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية .

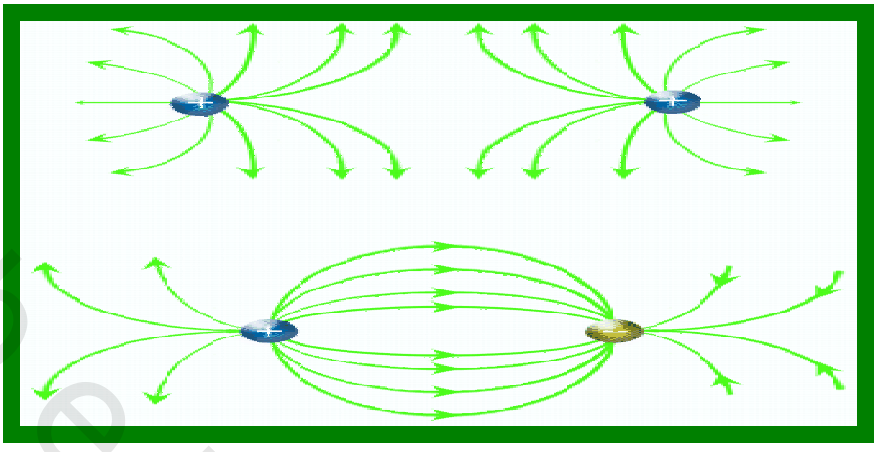
3- نحدد اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة بنفس اتجاه المماس عند تلك النقطة .
4- خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية تبين مسار واتجاه حركة شحنة اختبار موجبة توضع في النقطة المراد إيجاد شدة المجال عليها. وهي لا تتقاطع لأنها لـــو تقاطعت لكان بالإمكان رسم مماسين من نقطة التقاطع يمثلان اتجـــاهين مختلفـــين لشدة المجال وهذا غير ممكن لان المجال له اتجاه واحد فقط.

شكل (1 - 1) خطوط المجال الكهربائي





obeikandl.com



المجال المنتظم هو المجال الذي قيمته ثابتة عند جميع النقاط ويمكن الحصول عليه من خلال صفيحتين متوازيتين مشحونتين بنفس مقدار الشحنة لكن الأولى موجبة والثانية سالبة.

1 – 2 الجهد الكهربائي V :

عند نقل شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى يتطلب ذلك انجاز شغل للتغلب على قوة التنافر فيتحول هذا الشغل إلى طاقة كهربائية كامنة أي تزداد طاقة الشحنة . لذلك يعرف الجهد الكهربائي بأنة الشغل المبذول على وحدة الشحنة الكهربائية لنقلها من نقطة إلى أخرى.

الجهد الكهربائيV = الشغل المبذول (الطاقة)W / الشحنة الكهربائية q

= جول \ كولوم = فولط.

$$V = \frac{W}{q} = \frac{Joul}{Coulomb} = Volt \quad \text{----- 3}$$

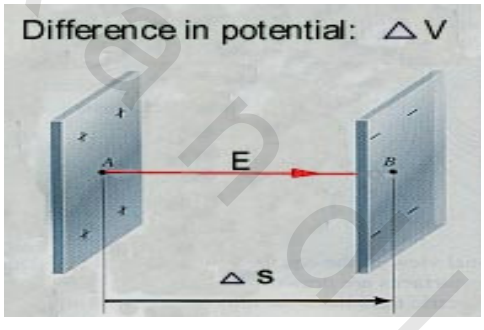
ويمكن كتابة القانون بدلالة الشحنات وابعادها

$$V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q} = \frac{kq_1 q_2 r}{r^2} = \frac{kq}{r}$$

$$V = \frac{kq}{r} \quad \text{---- 4}$$

أي أن الجهد الكهربائي له قانونان الأول من التعريف معادلة ...3، والثاني من قانون كولوم معادلة ....4 ويعتمد استخدام أي منهما على المعطيات في أي مسالة رياضية.

العلاقة بين شدة المجال وانحدار الجهد



$$V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q}$$

$$\frac{V}{r} = \frac{F}{q} \quad \text{----5}$$

الطرف الأيمن من المعادلة 5 هو شدة المجال والطرف الأيسر يسمى انحدار الجهد أي أن شدة المجال تساوي انحدار الجهد وهو قانون يربط بين الجهد و شدة المجال

obeikandl.com

.آما فرق الجهد بين نقطتين فهو جهد النقطة الأكبر – جهد النقطة الأصغر $V_{ab} = V_a - V_b$

1 – 3 المجال المغناطيسي:Magnetic field :

نشأ علم المغناطيسية من ملاحظة أن بعض الأحجار والي تسمى المجنايت Magnetite Fe_3O_4 تجذب إليها جسيمات الحديد. وكلمة مغناطيسية Magnetismهي مشتقة من منطقة مغنطيسيا Magnesia في أسيا الصغرى حيث توجد هذه الأحجار. وكما هو معروف أن الكرة الارضيه نفسها هي مغناطيس دائم .في عام 1820 لاحظ العالم اورستد Orested أنه إذا مر تيار في سلك فإنه ينشأ تأثير مغناطيسي متمثلاً في انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة بجوار السلك،

المجال المغناطيسي هو الحيز الذي تظهر فيه قوة مغناطيسية تؤثر في شحنة كهربائية متحركة أو مغناطيس موضوع في ذلك الحيز.

إما الفيض المغناطيسي (ϕ_m): عدد الخطوط المغناطيسية المتجاورة المارة خلال مساحة ما من الحيز وتقاس بالويبر او ماكسويل، (خط القوة)=١٠^٨ ويبر.

و كثافة الفيض المغناطيسي (B): وهو الفيض المغناطيسي المار عموديا خلال وحدة المساحة.

كثافة الفيض المغناطيسي (B)=الفيض (ϕ_m)/المساحة (A).

وحداتها ، ويبر/م^2 (Weber/ m^2) وتسمى (تسلا T) أو الجاوس في نظام (سم.غم.ثا) والذي يساوي ماكسويل/سم^2. شكل (1 – 2)

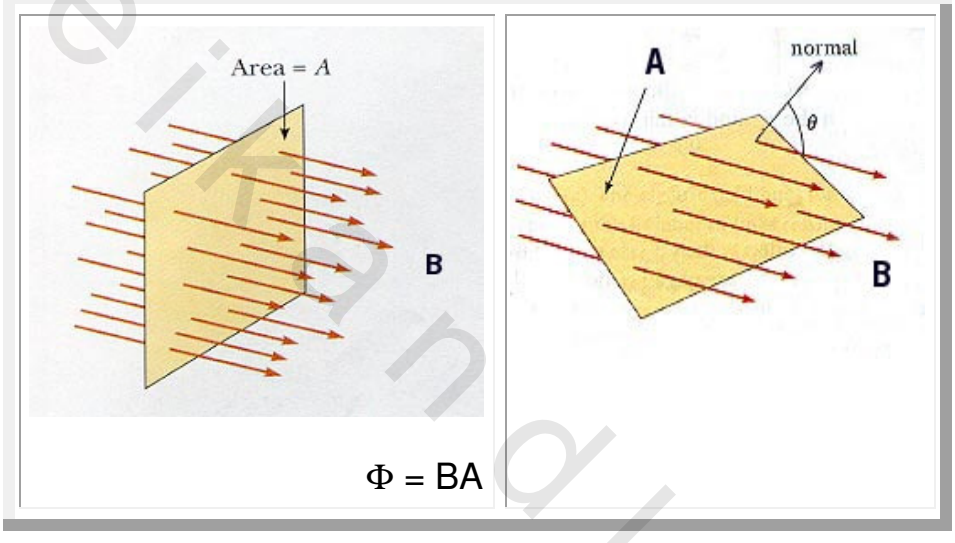
تسلا= ويبر/م^2= 10^8 ماكسويل / 10^4 سم^2= 10^4 ماكسويل/سم^2= ١٠^٤ جاوس.

اكتشاف اورستد

أنجز العالم الدنماركي اورستد عام 1819 تجاربه عن المجال المغناطيسي في موصل على هيئة:

1 – سلك مستقيم 2 – ملف دائري 3 – ملف لولبي

شكل (1 – 2) تعريف كثافة الفيض المغناطيسي



1 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في سلك مستقيم:-

نضع مجموعة من البوصلات حول السلك نلاحظ أنها تشير إلى اتجاه الزوال المغناطيسي الأرضي. نغلق الدائرة الموضحة في الشكل (1 – 3) فيسري تيار مناسب في الموصل المستقيم و يتولد حول الموصل مجال مغناطيسي يعتمد اتجاهه على التيار خلالها نبعد البوصلات ثم ننثر برادة الحديد حول السلك ونطرق لوح الورق طرقا خفيفا. نفتح الدائرة ونبعد برادة الحديد ثم نرتب البوصلات حول السلك ونغلق الدائرة ونلاحظ اتجاه الأقطاب الشمالية للبوصلات لمعرفة اتجاه خطوط المجال حول ، نغير ربط أقطاب البطارية فيتغير اتجاه التيار ونتعرف على

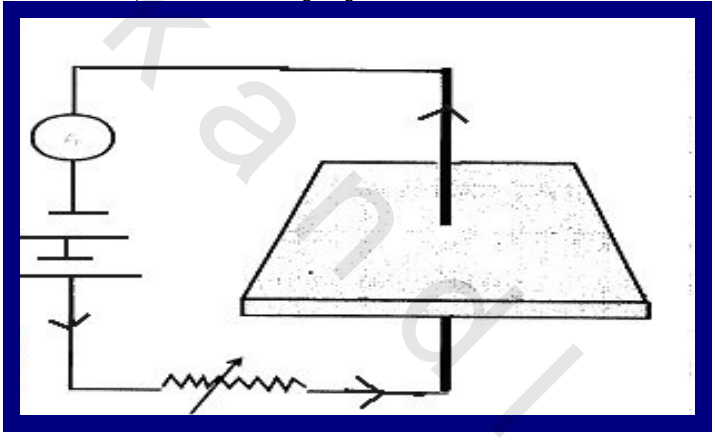
obeikandl.com

اتجاه المجال من خلال تعيين اتجاه خطـــوط المجـــال حـــول الموصـــل بـــثلاث طرق هي :

١ – قاعدة كف اليد اليمنى : عندما تقبض اليد اليمنى على الموصل بحيث يشـــير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربائي فان اتجاه حركة لف الأصابع حول السلك يحـــدد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي . الشكل (1 – 4) .

٢ – قاعدة البريمة(اللولب) اليمنى لماكسويل : إذا أدرت بريمة بحيث يشير اتجاه اندفاعها إلى اتجاه التيار فان اتجاه دوراتها يحدد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي

الشكل (1 – 3) تجربة اورستد
لمرور لتيار كهربائي في سلك مستقيم



الشكل (1 – 4) قاعدة كف اليد اليمنى

obeikandl.com

3- باستخدام بوصلة مغناطيسية صغيرة: إذا وضعت بوصلة على لـــوح الـــورق المقوى الذي يخترقه الموصل فان الاتجاه الذي يتخذه قطبها الشمالي يـــدل علـــى اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي ، ومن رسم شكلا للمجال المغناطيســـي حـــول السلك فيكون شكل المجال بشكل دوائر مغلقة منتظمة متحدة المركـــز مركزهـــا السلك ذاته وفي مستوى عمودي على السلك .من هذه التجربة نلاحظ أن :

1- الدوائر التي تمثل خطوط الفيض المغناطيسي تتزاحم بالقرب مـــن الســـلك وتتباعد بتباعدها عنه ونستنتج من هذا أن شدة المجـــال المغناطيســـي للتيـــار تتناسب عكسيا مع بعدة عن السلك (d).

2 - بزيادة شدة التيار الكهربي في السلك وإعادة طرق لوح الـــورق المقـــوى يزداد تزاحم خطوط الفيض حول السلك حيث تصبح الدوائر أكثر ازدحاما.

العوامل التي تتوقف عليها شدة المجال المغناطيسي هي :

أ. شدة التيار الكهربائي (I) تناسب طردي مع شدة المجال (B αI)

ب. بعد النقطة عن السلك (d) تناسب عكسيا مع شدة المجال(B α1/d)

ونستنتج من هذا ان شدة المجال تناسب طردي مع شدة التيار تسمى العلاقة السابقة قانون أمبير الدائري Ampere's Circuital Law. حيث أن μ ثابت السماحية (النفاذية) للفراغ = $4 \pi \times 10^{-7}$ ويبر / أمبير . متر . العلاقة في حالة ســـلك موضوع في الهواء فان قانون أمبير الدائري يكتب بالشكل التالي:

أي ان $B=\mu I / 2 \pi d$

لذلك ينصح ببناء المساكن بعيدا عن أبراج الضغط العالي لان كثافة الفيض المغناطيسي تتناسب عكسيا مع بعدة عن السلك (B α1/d)

إذا العلاقة في حالة سلك موضوع في الهواء تكتب على الصورة

$$B = 2 \times 10^{-7} I / d$$

2 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف دائري:

عند مرور تيار في الملف يتولد داخل قلب الملف مجال مغناطيسي يؤدي الى تولد قطبين مغناطيسيين للملف حسب قاعدة الكف اليمنى حيث أن حركة لف الأصابع باتجاه التيار الكهربائي فيشير الإبهام الى القطب الشمالي لجوف المغناطيس . العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري :عدد لفات الملف الدائري N تناسب طردي ،شدة التيار الكهربي المار في الملف I تناسب طردي ، نصف قطر الملف الدائري r تناسب عكسيا يمكن حساب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف من خلال نصف قطر الدوران (r) وعدد اللفات (N):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

3 - المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف لولبي:

نضع بوصلة عند أحد طرفي الملف ثم نقفل الدائرة ونلاحظ البوصلة و نحركها داخل الملف على طول محوره ونلاحظ اتجاه قطبها الشمالي الشكل (1 – 5) ننقل البوصلة إلى الطرف الثاني للملف ونكرر ما سبق – نعكس اتجاه التيار المار ونكرر ما سبق. نفتح الدائرة وننثر برادة الحديد عند طرفي الملف وعلى طول محوره من الداخل وحول نفتح الدائرة وننثر برادة الحديد عند طرفي الملف وعلى طول محوره من الداخل وحول الملف ثم نغلق الدائرة ونطرق لوح الورق المقوى طرقا خفيفا ونرسم شكل المجال فيكون بشكل خطوط مستقيمة متوازية (مجال منتظم) مغلقة يتجه في الداخل من الجنوبي إلى الشمالي وفي الخارج من الشمالي إلى الجنوبي. ولتعين قطبي الملف نستخدم قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل باعتبار ان يتكون من مجموعة من اللفات الدائرية المتحدة المركز .إذا أدرنا رأس البريمة داخل الملف على محوره في نفس اتجاه التيار في الملف يكون اتجاه تقدم

openkamel.com

البريمة هو نفس اتجاه خطوط المجال داخل الملف طرف الملف .عنـــدما يكـــون اتجاه التيار مع حركة عقارب الساعة يكون ذلك الطرف قطب جنوبي والطـــرف الآخر شمالي. تتوقف كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة على المحور داخـــل الملف اللولبي على :

1 – شدة التيار [تناسب طردي] $B \propto I$

2 – عدد اللفات في وحدة الأطوال [تناسب طردي] $B \propto N$

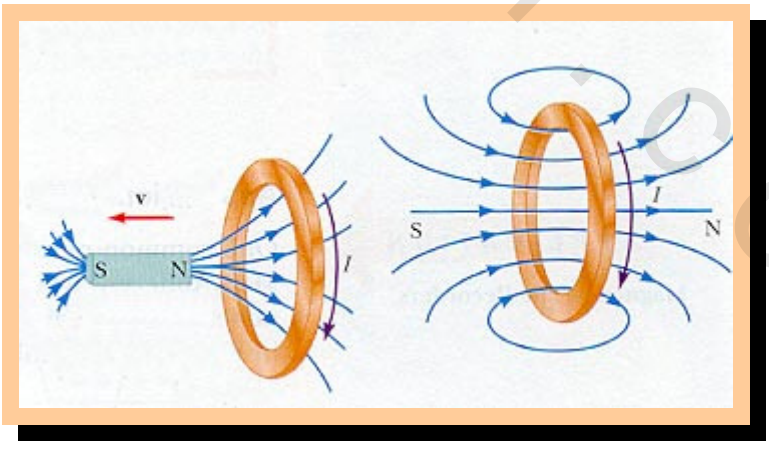
اذن $B \propto NI$

ومنها $I\ B = \mu\ N$

وتكتب هذه العلاقة أحيانا بالشكل التالي :

$$I\ B = \mu\ N\ I/\ L$$

شكل (1 - 5) تجربة المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف لولبي



obeikandl.com

1 – 4 القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي

1- على شحنة كهربائية (قوة لورنز):

عند وضع شحنة اختبار ساكنة عند نقطة في منطقة مجال مغناطيسي فأن القوة المغناطيسية عليها تساوي صفر . ولكن تحريك الشحنة الاختيارية q_o بسرعة v خلال المجال المغناطيسي فإنها تتأثر بقوة عمودية على اتجاه السرعة تسمى قوة لورنز. عمودية على اتجاه السرعة. يعتمد مقدار القوة المغناطيسية على كثافة الفيض المغناطيسي و على اتجاه سرعة الشحنة حيث أن B تتناسب طردياً مع θ الزاوية بين السرعة والمجال المغناطيسي .B ولقد وجد عملياً أن اتجاه القوة يكون دائماً عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي B .

$$F = q_{\theta} v B \sin$$

وجد أن القوة المغناطيسية تصبح نهاية عظمى عندما تكون السرعة عمودية على المجال المغناطيسي . أي ان $F = q_o v B$

ويكون اتجاه المجال المغناطيسي في اتجاه دوران بريمة تدور من v إلى B .كما أن القوة المغناطيسية على الشحنة السالبة يكون في عكس القوة المغناطيسية على الشحنة السالبة.

2- سلك يمر فيه تيار كهربائي موضوع في هذا المجال.

أن التيار الكهربي المار في سلك موصل هو حركة للشحنات في السلك، افترض سلك من مادة موصلة طولها L ومساحة مقطعها A يمر بها تيار كهربي I ، والسلك موجود في منطقة مجال مغناطيسي B الشكل (1 – 6 أ و ب) .

تتحرك الشحنات داخل مادة الموصل بسرعة تسمى سرعة الانجراف Drift velocity V_d

ويكون تأثير المجال المغناطيسي على الشحنة المتحركة هو

$$F = q_o V_d X B \sin \theta$$

ولإيجاد القوة المغناطيسية التي تؤثر على السلك يجب أن نوجد عدد الشحنات المارة في السلك وسنفترض أن عدد تلك الشحنات هو nAL حيث أن n هو عدد

obeikandl.com

الشحنات لكل وحدة حجم وعليه تكون القوة المغناطيسية الكلية تعطى بالمعادلة التالية:

$$F = q_o V_d X B (nAL) \sin \theta$$

ولكن سرعة الانجراف هي $V_d = I/nqA$

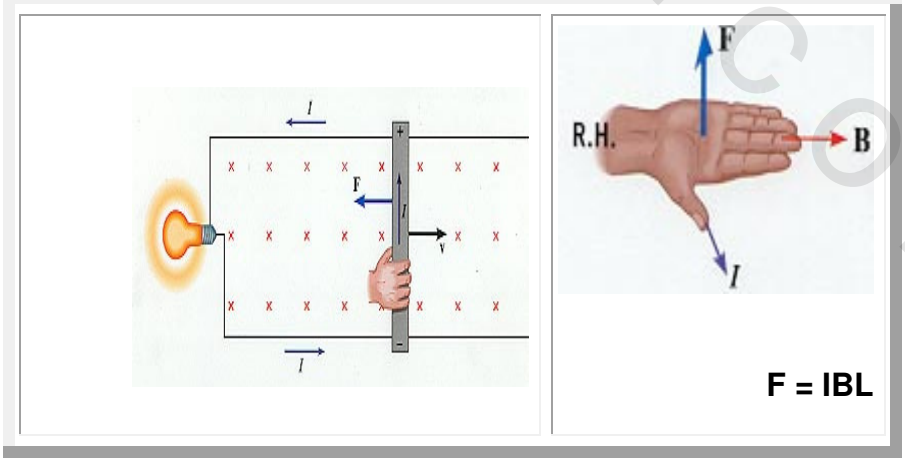
بالتعويض عن سرعة الانجراف نحصل على المعادلة التالية :

$$\mathbf{F = I L X B} \sin \theta$$

وعندما تكون القوة عمودية على السرعة فان $\theta = 90$ و $\sin \theta = 1$ فتكون القوة في قيمتها العظمى $\mathbf{F = I L X B}$

تتوقف القوة المؤثرة على السلك الذي يمر فيه تيار كهربي على :طول السلك L تتناسب القوة طرديا مع طول السلك ، شدة التيار الكهربي I تتناسب القوة طرديا شدة التيار الكهربي المار في السلك ، وكثافة الفيض المغناطيسي B تتناسب القوة تناسبا طرديا مع كثافة الفيض المغناطيسي .

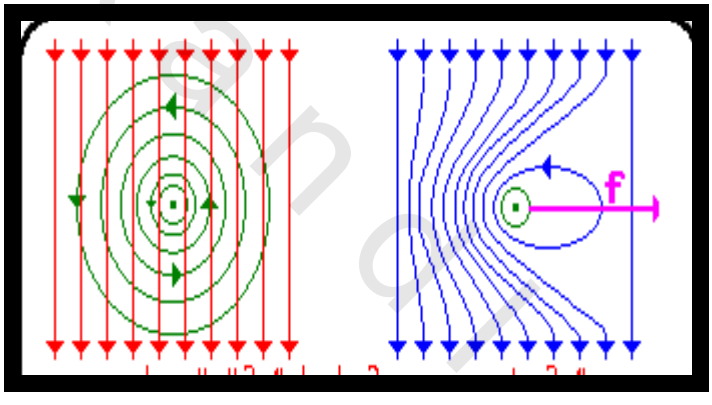
الشكل (1 - 6 أ) القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على سلك يمر فيه تيار



obeikandl.com

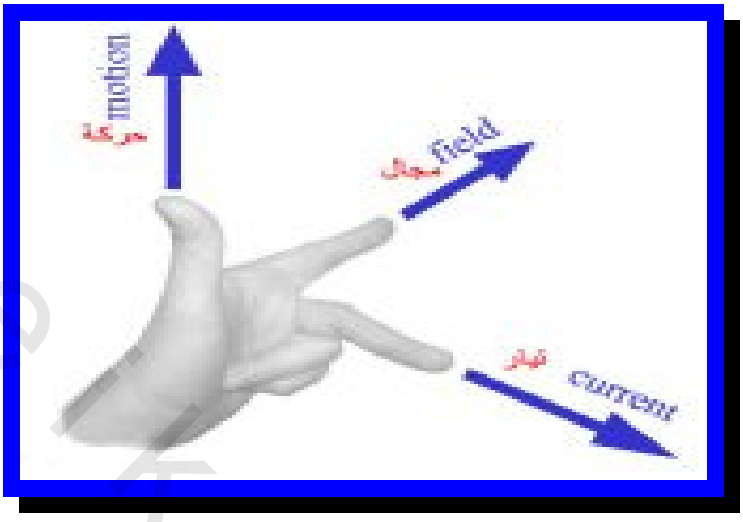
إن سبب هذه القوة وجود مجالين مغناطيسيين احدهما ناشئ عن تيار للسلك و الأخر المجال المغناطيسي المؤثر خطوط فيض للمجالين قد تكون في اتجاه واحد في أحد جانبي السلك إذا تزداد كثافة الفيض وتتزاحم خطوط الفيض وتتنافر مع بعضها البعض بينما في الجانب الآخر من السلك تكون خطوط فيض مجال التيار وخطوط فيض المجال المغناطيسي المؤثر في اتجاهين متضادين فتقل كثافة الفيض وتتباعد خطوط المجال نستنتج من ذلك أن قوة التنافر بين خطوط الفيض بعضها البعض تكون في جانب أكبر منها في الجانب الآخر فتعمل محصلة هاتين القوتين على تحريك السلك من جانب إلى آخر كما هو موضح في الشكل (1– 4 ب)

الشكل (1 - 6 ب) المجال المغناطيسي للسلك والثابت



ولتحديد اتجاه القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على سلك يمر فيه تيار كهربائي موضوع عموديا على اتجاه المجال نطبق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج وذلك بجعل إصبعي اليد اليسرى السبابة والإبهام متعامدين على بعضهما وعلى باقي الأصابع ماعدا الإبهام إلى اتجاه التيار ،فان الإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي لحركة السلك ،الشكل (1 – 7).

الشكل (1 - 7) قاعدة اليد اليسرى لفلمنج



3 – القوة بين سلكيين متوازيين يحملان تيارين

عندما يمر تيار I_1 في سلك وتيار في سلك أخر مواز له يتكون حول كل سلك مجال مغناطيسي يولد قوة يمكن تعين اتجاهها بتطبيق قاعة الكف اليمنى شكل (1 –8). يكون محصلة القوتين قليلة بين السلكيين إذا كان التيار باتجاه واحد في السلكيين فتنتج بينهما قوة تجاذب . وتقوى محصلة القوتين بين السلكيين اذا كان التيار باتجاهين متعاكسين في السلكيين فتنتج بينهما قوة تنافر .ويمكن كتابة القوة المؤثرة حسب المعادلة

التالية :

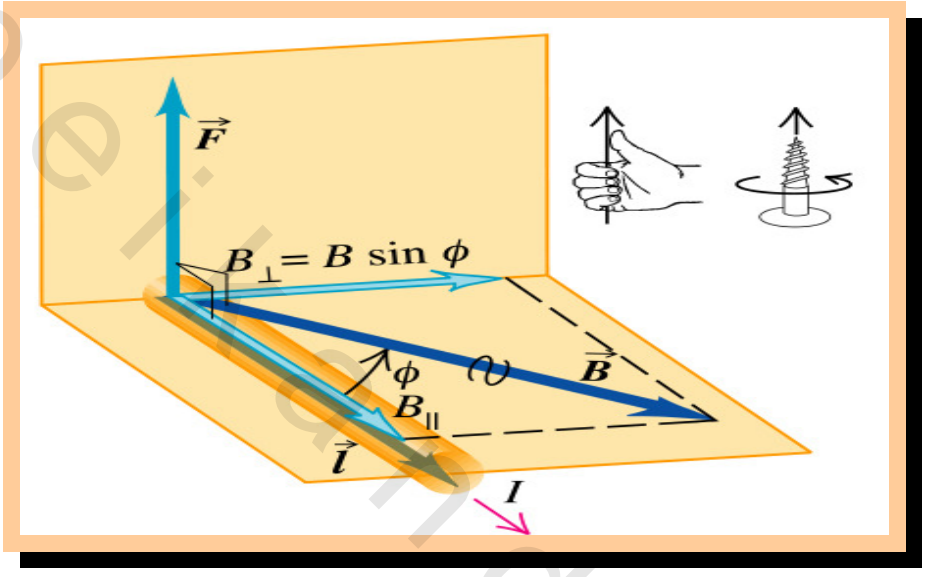
$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}$$

$$F_1 = B_2 I_1 L = \left[\frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}\right] I_1 L$$

obeikandl.com

$$F1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

شكل (1 – 8) القوة المغناطيسية



1 – 5 العزم المؤثر على ملف بمر بة تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي

عندما ينساب تيار كهربائي مقداره I في سلك طوله L موضوع في مجال مغناطيسي

منتظم كثافة فيضهB. فان السلك يتأثر بقوة مغناطيسية عمودية على المستوي الذي يحتوي I و B وبينهما زاوية حادة مقدارها θ.

$$F = q_o V_d X B \sin\theta = q_o x (L / t) x B \sin\theta$$
$$F = I x L x B \sin\theta$$

وتبلغ هذه القوة مقدارها الأعظم عندما يكون المجال المغناطيسي عمودي على السلك.

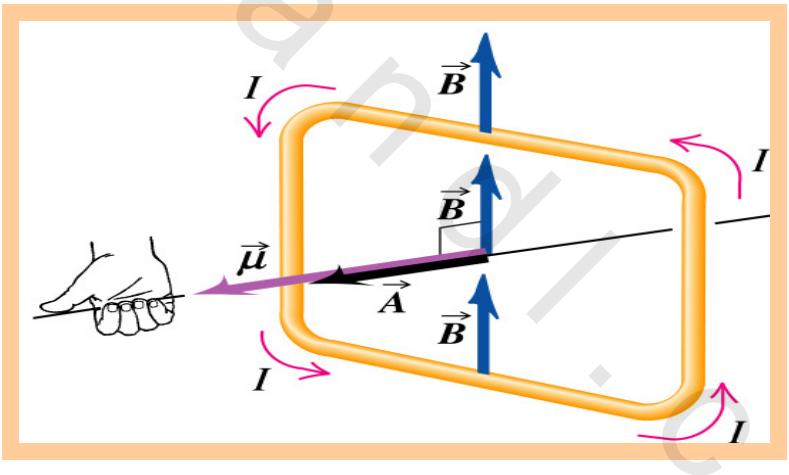
إذن (θ =90)

$$F = I \times L \times B$$

ويحدد اتجاه هذه القوة بتطبيق قاعدة الكف اليمنى حيث ان الأصابع تدور من I نحو الفيض بزاوية θ فان اتجاه الإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية (F).

وفي حالة وجود ملف بشكل مستطيل مستواه يوازي خطوط المجال المغناطيسي و يمر فيه تيار كهربائي يتولد مجالاً مغنطيسيًا آخر. ويتأثر الملف بقوتين متساويتين في المقدار متعاكستين في الاتجاه وتكونان متوازيتين شكل (1 – 9). ومقدار كل منهما $F = I \times L \times B$ والمسافة العمودية بينهما تساوي عرض الملف يتأثر الملف بعزم ازدواج يعمل على دورانه حول محوره.

شكل (1 – 9). **انسياب تيار كهربائي في الملف**



عزم المزدوج = احد القوتين x البعد العمودي بينهما

$$\tau = B \times I \times L \times S$$

حيث ان L و S طول وعرض اللفة ,وحاصل ضبهما = مساحة الملف A. وإذ كان عدد لفات الملف N فان العزم الكلي يساوي:

$$\tau = B\ I\ L\ AN$$

openkapal.com

ويسمى المقدار ANI عزم ثنائي القطب وهي كمية متجهة واتجاهها عمودي على المساحة.وإذ كان الملف عموديا على خطوط الفيض فان عزم المزدوج = صفر . وإذ كان مستوى الملف مائلا على خطوط الفيض فان عزم المزدوج

$$\tau = B\ I\ L\ AN \sin\theta$$

حيث ان الزاوية المحصورة بين العمود على مستوى الملف وخطوط الفيض المغناطيسي

1 – 6 الحث الكهرومغناطيسي.

من الفصل السابق عرفنا بان مرور تيار في وصل يؤدي الى توليد مجال مغناطيسي ، ولان لكل ظاهرة في الحياة ظاهرة مضادة لها (علم الأضداد) فلابد من تولد تيار في موصل موضوع في مجال مغناطيسي وهذا ما فكر فيه العالم فرداي واستمر في تجاربه على هذه الظاهرة عشرون عاما حتى نجح في الحصول على تيار في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي وبفضل هذا الاكتشاف تم تصنيع المولدات والمحركات .من التجارب العملية التي توضح الحث الكهرومغناطيسي (تجارب فرداي) ما يلي :

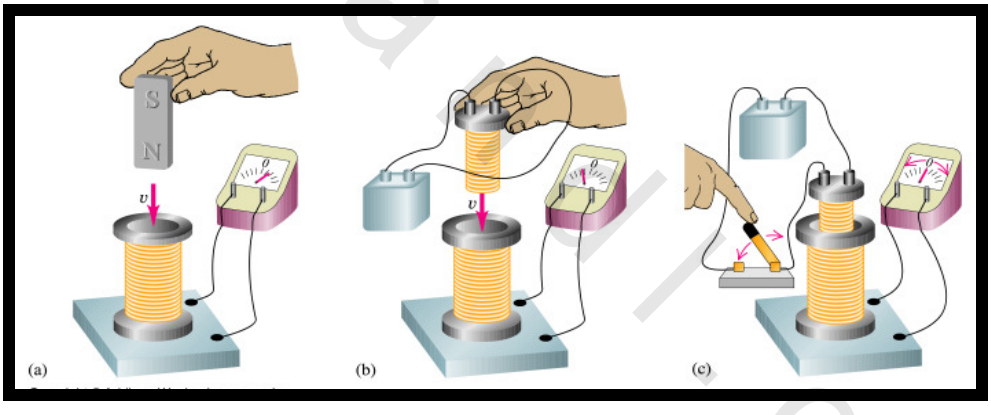
obeikandl.com

1 – نأخذ سلك مستقيم أو ملف يتصل بجلفانوميتر صفره في الوسط، ونحركه بين قطبي مغناطيس نلاحظ انحراف مؤشر الجلفانوميتر باتجاهين متعاكسين مما يدل على تولد ق.د.ك.محتثة وتيار محتث ينساب في الجلفانوميتر.

2 – يمكن الحصول على تيار محتث باستخدام ملف ابتدائي وملف ثانوي فيتحرك الملف الابتدائي المتصل به الجلفانوميتر بالنسبة إلى الملف ألثانوي الذي ر يحمل تيار مستمر يتكون حوله مجال مغناطيسي أي داخل جوف الملف.

3 – إذا تحرك مغناطيس داخل أو خارج ملف مكون من دائرة مغلقة يتولد في الملف تيار محتث تأثيري لحظي عكسي عند تقريب المغناطيس من الملف وطردي عند إخراج أو إبعاده المغناطيس من الملف .شكل (1 – 10)

شكل (1 – 10) تجارب فرداي في الحث الكهرومغناطيسي تجارب فرداي



من شروط الحصول على تيار محتث تأثيري : وجود مجال مغناطيسي ، وجود سلك يكون دائرة مغلقة , الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي مما سبق نستنتج أنه عندما يتغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه موصل في زمن معين بسبب الحركة بين الموصل والمجال المغناطيسي تتولد في الموصل قوة دافعة كهربائية تأثيرية.ويتوقف اتجاه القوة الدافعة التأثيرية على اتجاه حركة الموصل تولدت emf ق.د.ك.المحتثة (اكتشاف فرداي)إذا تغير الفيض المغناطيسي

خلال دائرة كهربائية لسبب او لآخر. تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة وتيار محتث في الدائرة يكونان باتجاه معين إذا كان الفيض في حالة نمو وباتجـــاه معـــاكس إذا كان الفيض في حالة تلاشي.ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي هي ظاهرة تولد قـــوة دافعة كهربية محتثة (تأثيرية) وتيار محتث تأثيري في موصـــل بتـــأثير المجـــال المغناطيسي .

إيجاد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (e .m .f)

1- - قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (e .m .f) في سلك مستقيم:.

عند تحريك ساق معدنية طولها L نحو اليمين بانطلاق مقداره (V) عموديا على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B) تتولد قوة لورنز على الشحنات الموجبة في الساق وتزيحها نحو احد الطرفين ويصبح موجب الشحنة والطرف الآخر سالب الشحنة .شكل (1 – 11) .

شكل (1 – 11) تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في سلك مستقيم

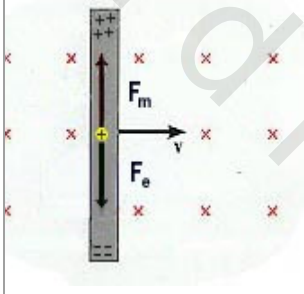
At equilibrium,
$F_e = F_m$ (1)
$qE = F_m$ (2)
$qE = qvB$ (3)
$E = vB$ (4)

Recall,
$E = \Delta V / \Delta s$ (5)

$\Delta V = E \Delta s$ (6)
$= vBL$ (7)
(induced emf)

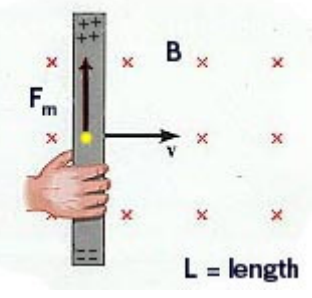
$\Delta V = vBL$

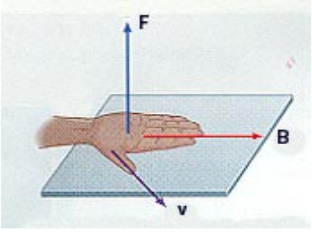
خطأ!



Charges at ends of rod exert electrostatic force on any charge q in rod.

خطأ!





يتولد على طرفي الساق نتيجة للشغل الذي تنجزه قوة لورنز عند حركة الشحنة من الطرف احد الطرفين الى الطرف ألأخر قوة دافعة كهربائية محتثة وهي اكبر فرق جهد بين طرفي الساق .

الشغل الذي تنجز قوة لورنز هو (قوة لورنز× طول الساق):

$$W = L \times F$$

ولأن الساق يتحرك عموديا على الفيض فان الزاوية $\theta = ٩٠^{\circ}$ فان قوة لورنزهي:

$$F = q_o \, v \, B$$

ولكن اكبر فرق جهد والذي يساوي القوة الدافعة الكهربائية المحتثة

=الشغل/الشحنة

$$e.m.f = W / q_0$$

$$= (L \times F) / q_o$$

$$= (L \, q_o \, v \, B) / q_o$$

$$e.m.f = B \times V \times L$$ إذن

أما إذا تحرك الساق بانطلاق صانعا زاوية قياسها θ مع كثافة الفيض المغناطيسي (B) تصبح المعادلة

$$e.m.f = B \times V \times L \sin \theta$$

2 - قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف (قانون فرداي).

من خلال تجارب **فراداي** يمكن استخلاص ما يلي:

أ – بسبب الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي تتولد في الموصل قوة دافعة كهربائية تأثيرية في الموصل.ويتوقف اتجاه القوة الدافعة التأثيرية على اتجاه حركة الموصل.

ب – متوسط القوة الدافعة الكهربائية المحتثة التأثيرية في الموصل تتناسب تناسبا طرديا مع المعدل الزمني للتغير في خطوط الفيض $\Delta\phi$.

obeikandl.com

$$emf \ \alpha \ \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

ج – متوسط القوة الدافعة الكهربائية المحتثة التأثيرية في الموصل تتناسب تناسبا طرديا مع عدد لفات الملف n التي تقطع خطوط الفيض. ومن العلاقتين السابقتين يمكن استنتاج العلاقة التالية:

$e.m.f = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ وهو ما يعرف بقانون **فرداي**.

او يمكن اشتقاق بقانون **فرداي** من قانون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في سلك مستقيم

V x L يمثل المساحة التي يمسحها الساق المتحرك في الثانية الواحدة ويساوي (Δ t /Δ A) في مجال مغناطيسي.

وكذلك $B = \frac{\Delta \phi}{\Delta A}$ وبالتعويض عن القانون العام للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة لسلك

e .m .f =B x V x L

نحصل على $e.m.f = \frac{\Delta \phi}{\Delta V} x \frac{LS}{\Delta t}$

ولكن $A = S \times L$

$$e.m.f = \frac{\Delta \phi}{\Delta A} x \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$e.m.f = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ لكل لفة وفي عدد لفات مقدارها (n)

فان:

obeikandl.com

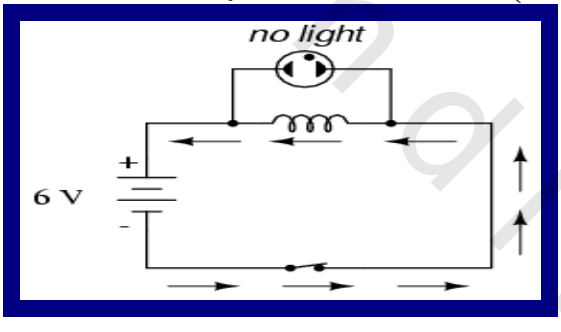
$$e.m.f = -n\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

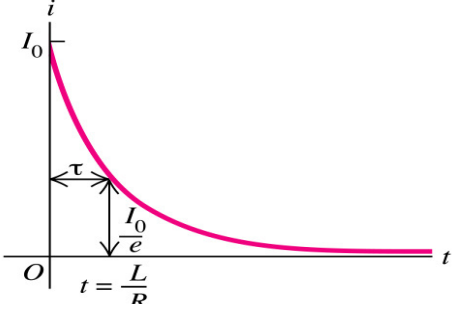
وتسمى الكمية $(\Delta\phi_n)$ وشيجة الفيض المغناطيسي والإشارة السالبة تدل على ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة باتجاه يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي الـــذي ولده حسب قانون لنز.

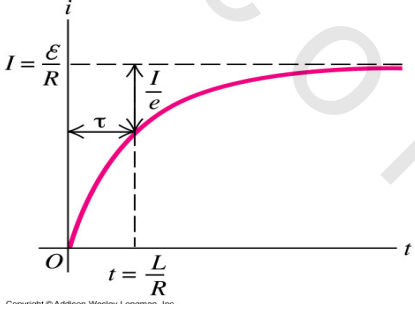
3- الحث الذاتي Self Inductance

تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة عندما يتغير الفيض المغناطيسي خلال دائـــرة كهربائية مغلقة مع الزمن، فعند غلق آو فتح الدائرة الكهربية يتولد التيار ويســـمى ذلك الحث الذاتي Self-Inductance .ويمكن إجراء تجربة توضح ذلك بتكـــوين دائرة كهربية تسمى الدائرة الحثية الشكل (١ – 12 أ و ب)

الشكل (1 – 12 أ) الدائرة الحثية عند غلقها

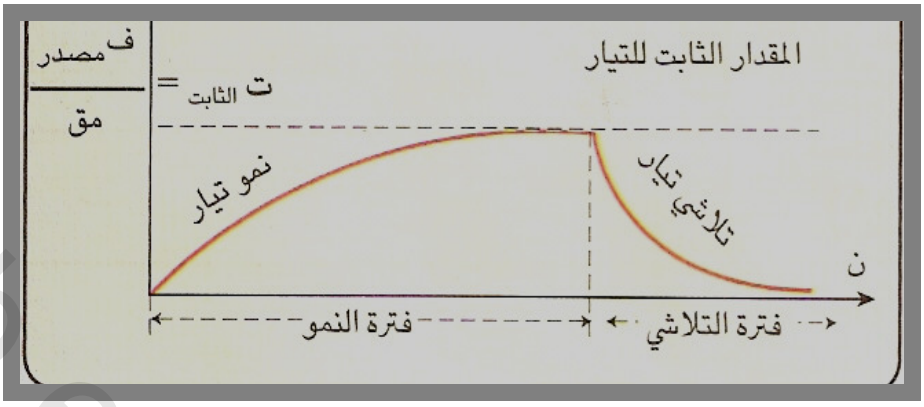




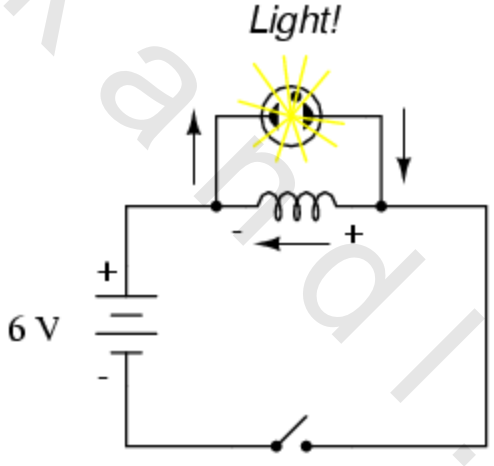


Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

obeikandl.com



الشكل (1 – 12 ب) الدائرة الحثية عند فتحها



تتكون من ملف ومصباح ومقاومة ومفتاح ونضيدة مربوطة جميعا على التـــوالي فعند:

أ–غلق الدائرة ينمو التيار بالتدريج ويزداد حتى يصل إلى قيمته الثابتة وإثناء النمو تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف تعـــاكس الفولطيـــة الموضـــوعة وتعرقل نمو التيار.ويكون المعدل الزمني لتغير التيـــار $\Delta I / \Delta t$ فـــي قيمتهـــا الصغرى وكذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة فلا يتوهج المصباح.

obeikandl.com

ب–فتح الدائرة تتولد قوة دافعة كهربائية المحتثة ذات قطبية مشابهة للفولطية الموضوعة على الدائرة وتكزن كبيرة خلال فترة تلاشي التيار ويكون المعدل الزمني لتغير التيار $\Delta \mathbf{I} / \Delta \mathbf{t}$ في قيمتها العظمى وكذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة فيتوهج المصباح.

فائدة المقاومة في الدائرة الحثية هو تجنب تلف الملف بالتيار الكبير عندما يصل التيار الى مقداره الثابت وكذلك تكون المقاومة ضرورية في حالة عدم ثبوت المقاومة الكهربائية للدائرة عند إغلاق الدائرة أو لحظة فتحها إذ تتولد مقاومة كبيرة عند فتح المفتاح نتيجة لظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح ويكون المعدل الزمني لتغير التيار كبير جدا وبذلك يكون زمن التلاشي قليل جدا كما في الشكل المجاوريكون زمن التلاشي أسرع من زمن التنامي في الدائرة الحثية وذلك لأن تلاشي التيار يؤدي إلى حصول فجوة هوائية ذات مقاومة كبيرة جدا فيتلاشى التيار بسرعة وتتولد ق.د.ك.محتثة كبيرة لكبر المعدل الزمني لتغير التيار فيندفع التيار المتلاشي المحتث بسرعة في الأجهزة. ويؤدي إلى تلفها.وهو نفس السبب في حالة السؤال الأجهزة الكهربائية التي تكون عرضة للعطل عند انقطاع التيار ونفس السبب في حالة حصول شرارة كهربائية بين جزئي المفتاح عند فتح الدائرة.

يعرف الحث الذاتي بأنة عملية تولد emf..محتثة في ملف طبقا لقانون الحث ونتيجة لتغير التيار في ذلك الملف والذي يسبب تغيرا في الفيض المغناطيسي. وان ق.د.ك.المحتثة المتولدة تعاكس السبب الذي ولده (قانون لنز) أي انها تعرقل نمو التيار في الملف.

$$N \phi \alpha I$$

$$N\phi = LI \Rightarrow N\Delta\phi = L\Delta I$$

$$-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$emf = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ويسمى (L) معامل الحث الذاتي.ويعرف بأنة النسبة بين emf.محتثة في الملــف إلى المعدل الزمني لتغير التيار المنساب في نفس الملف ويقاس بالهنري H.ويمكن تحويله بدلالة الوحدات الأساسية كما يلي :

H =Volt / Amp/ sec = Joule /Coul. Amp

= Newton .m .sec / (C.C / sec)

= Newton .m .sec^2 / C^2

= Kg x(m /sec) . sec . m / C

= Kg x m^2 / C^2

H =kg .m^2 /A^2. sec^2

3-الحث المتبادل Mutual Inductance

اذا وضع ملفان متجاورين احدهما قرب الأخر يمر في الملف الأول الذي عدد لفاته N_1تيار كهربي قيمته I_1 يولد مجالا مغناطيسياً يؤثر على الملف الثاني وعدد لفاته N_2بفيض مغناطيسي Φ_2 وتتولد فيه emf وتيار حثي في الملف الثاني وقيمته I_2. تولد emf محتثة في الملف الثانوي نتيجة لتغير التيار في الملــف الابتــدائي تسمى هذه العملية بالحث المتبادل.شكل (1 – 13)

$$(emf)_2 = -M(\frac{\Delta I}{\Delta t})_1$$

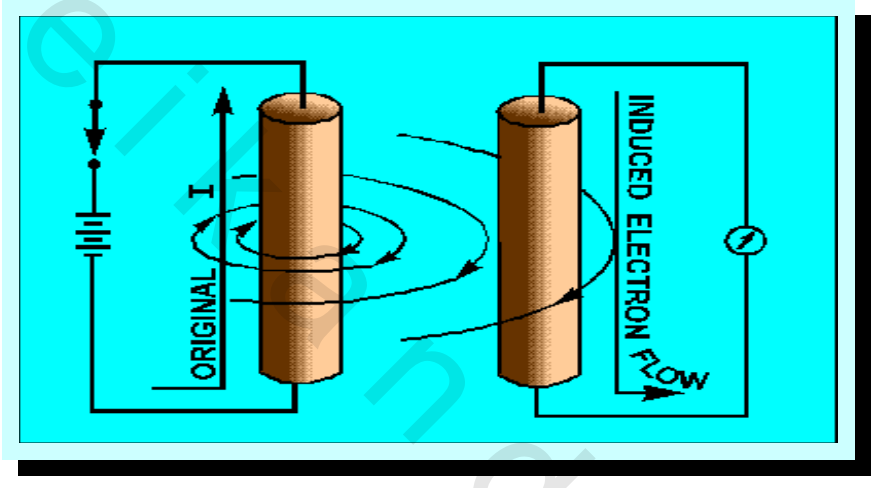
M معامل الحث المتبادل وتقاس بالهنري ويعتمد على:

١- ثوابت الملفين المتجاورين.

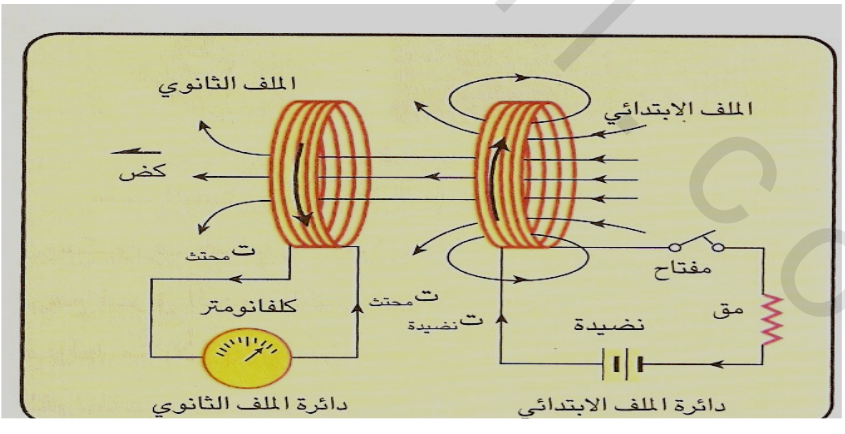
٢–درجة التو اشج او الاقتران. يتوقف معامل الحث المتبادل على معامل الحـــث الذاتي للملف الابتدائي (L_1) و معامل الحث الذاتي للملف الثانوي (L_2) والعلاقة بينهما

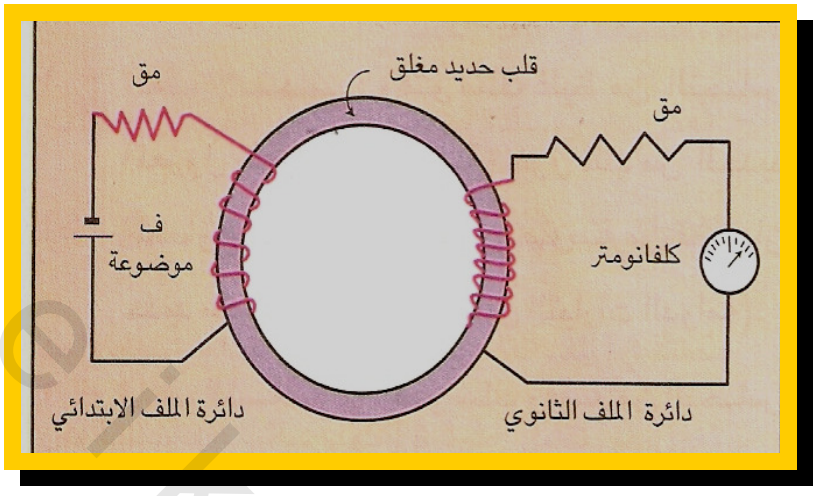
$$M = \sqrt{L_1 L_2}.$$

شكل (1 – 13) تجربة الحث المتبادل



التو اشج ضعيف

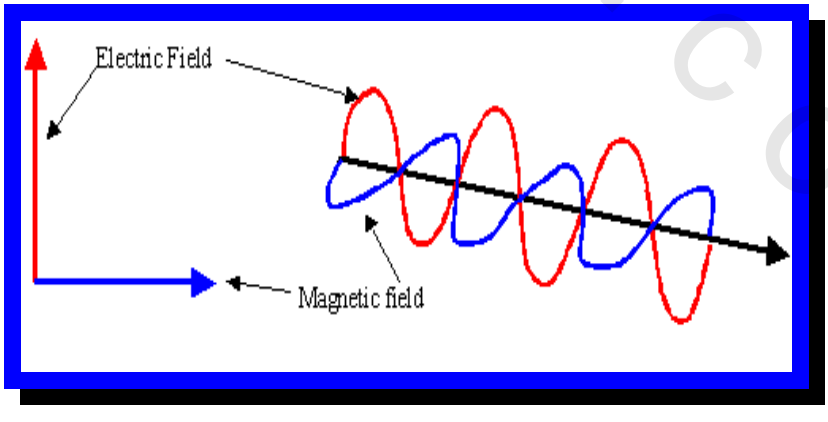




1 – 7 الموجة االكهرومغناطيسية :

هي الموجات المهتزة بتردد υ التي تتكون مـن مجـالين متعامـدين احـدهما كهربائي والآخر مغناطيسي يتحركان بنفس الطور وعموديان على انتشار الموجة فهي بذلك موجة مستعرضة شكل (1– 14).وتتولد من تذبذب الشحنات الكهربائية (الالكترونات) الحرة في الموصل وينتج عن ذلك تغيرات في المجالين الكهربائي والمغناطيسي بشكل حلقات مغلقة لخطوط القوى الكهربائية والمغناطيسية وبشـكل مستويات متعامدة بعيدا عن ثنائي القطب الكهربائي.

شكل (1- 14). الموجة االكهرومغناطيسية



openkanal.com

يتولد المجال المغناطيسي بالطرق التالية:

١-عند حركة شحنات كهربائية في موصل.

٢-عند مرور تيار في موصل يتكون حول الموصل مجال مغناطيسي.

٣-المجال الكهربائي المتغير يولد مجالا مغناطيسي. لأن المجال الكهربائي المتغير في الفضاء يولد تيارا يسمى تيار الإزاحة.

$$ت_ز = \frac{\Delta شم}{\Delta ن}$$

لذلك وجد ماكسويل:

1- لمجال الكهربائي المتغير في الفضاء يولد مجالا مغناطيسيا يكون عموديا عليه ومتفقا معه بالطور.

2- لمجال المغناطيسي المتغير في الفضاء يولد مجالا كهربائيا عموديا عليه ومتفقا معه بالطور.

خواص الموجات االكهرومغناطيسية :

1- تنتقل جميع الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء (3×10^8 م/ ثا).

2- تتكون من مجالين متعامدين احدهما كهربائي والآخر مغناطيسي وعموديان على خط انتشار الموجة ويتذبذبان بطور واحد. وهذه الموجات موجات مستعرضة.

3- تتوزع الطاقة بين المجالين بالتساوي.

4- للطاقة الكهرومغناطيسية مظاهر متعددة وذلك لاختلاف التردد أو الطول الموجي.

5- يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية عند اصطدامها بمادة وتحولها الى طاقة حراريه أو كهربائية.

obeikandl.com

يمكن تقسيم الأشعة االكهرومغناطيسية إلى نوعين هما:

الأول : الأشعة المؤينة radiation Ionizing وهي تلك الأشعة التي تكون طاقتها كافيي لانتزاع الذرات والجزيئات من الخلايا الحية، مثل أشعة جاما والأشعة السينية وهذا الأشعة تسبب إضرارا على الخلايا الحية.

الثاني :الأشعة غير المؤينه radiation Non-ionizing وهي أشعة معظمها لا تشكل خطر على الإنسان. ولكن بعضها تسبب ارتفاع درجة حرارة الجزء من الجسم الذي يتعرض لها. ومن هذه الأشعة الأمواج الراديوية والضوء المرئي وأمواج الميكروويف. وقد ثبت بان الأمواج الراديوية لها تأثير ضار على خلايا الإنسان، حيث أن لهذه الأشعة القدرة على تسخين الخلايا التي تتعرض لها بنفس فكرة أمواج الميكروويف التي تستخدم في الأفران لتسخين الأطعمة. وبالتالي فإن الضرر من هذه الأشعة يكمن في الأثر الحراري الذي تحدثه تلك الأشعة في الخلايا التي لا تستطيع تبديد الحرارة الزائدة بسهولة مثل الخلايا الموجودة في العين، حيث أن معدل تدفق الدم فيها قليل. هذا بالإضافة إلى التأثير على المدى الزمني البعيد . البحوث جارية حتى ألان لمعرفة الضرر الحقيقي للموجات الراديوية على جسم الإنسان.

من أهم مكونات الموجات الكهرومغناطيسية :

1-الموجات الراديوية: الموجات التي تتولد من حركة الشحنات الكهربائية في الموصل، ويمكن توليدها باستعمال المذبذب الكهربائي. (أطوالها من بضع سم إلى $(3 \times 10^8$ نانومتر).

وفائدتها: 1- في الاتصالات. 2- في المذياع والتلفاز. شكل (1- 15).

2-الموجات الدقيقة (المايكروية): وهي موجات ذات طول موجي قصير جدا. من 10^{5} الى3×10^{8} نانومتر. ويستخدم:

أ-في الاتصالات. ب- في الرادار. ت- في أفران الموجات الدقيقة.

ويمكن توليدها بواسطة أجهزة الكترونية خاصة.

3-الأشعة تحت الحمراء: وهي موجات كهرومغناطيسية تتولد من الأجسام والجزيئات الساخنة وعند امتصاصها من قبل الأجسام تظهر بشكل حرارة لأن هذه الطاقة تهيج ذرات المادة وتعمل على زيادة الحركة الاهتزازية وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة. تستطيع بعض الحيوانات رؤية الأطوال الموجية العالية للضوء مثل النحل . ومن التطبيقات:

أ-استخدامها في العلاج الطبي.

ب-في التصوير الليلي.

ت- في دراسة التركيب البلوري للمواد.

ث- في تصويب القذائف وتوجيهها.

4-الضوء المرئي: هو الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن رؤيته ويتراوح طوله ألموجي بين 380 نانوميتر – 780 نانوميتر (الأحمر). (يتولد من إعادة ترتيب الالكترونات في الذرات والجزيئات).

5-الأشعة فوق البنفسجية: أشعة غير مرئية ذات تردد عالي تستخدم:

أ-في التعقيم وقتل الجراثيم.

ب-تفلور بعض المواد التي تسقط عليها.

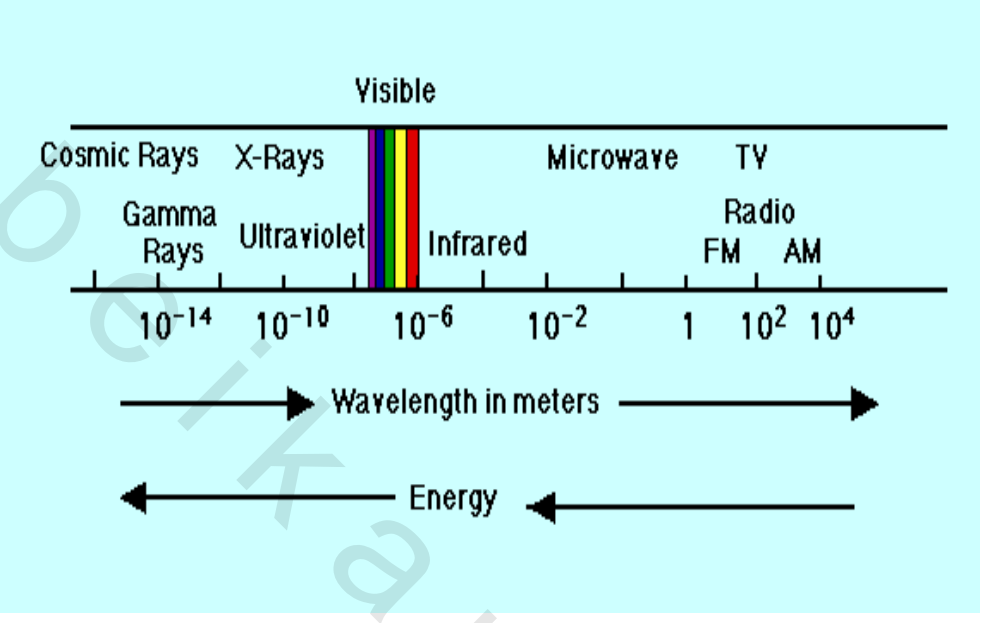
ت-تستخدم في كشف النصوص الممسوحة وتجعلها مرئية.

ث-لا تخترق الزجاج ولكنها تخترق بعض المواد مثل الكوارتز.

المدى من 380 نانوميتر إلى 10 نانوميتر.

openkanal.com

شكل (1 – 15) الطيف الكهرومغناطيسي



6–أشعة جاما: وهو يختلف عن باقي الموجات لأنها تنبعث من نـــوى العناصـــر المشعة مثل السيزيوم– 137 والكوبالت – 60. وطاقتها عالية لذلك فإنها تختـــرق الأجسام وتشكل خطرا على الإنسان وتتم الحماية باستعمال مواد ذات امتصـــاص عالي مثل طبقات الرصاص السميكة. تتكون الموجات االكهرومغناطيســـية مـــن مجالين متعامدين هما المجال الكهربائي والأخر المجـــال المغناطيســـي حيـــث أن المجالات الكهربية ترتبط بوجود الشحنة الكهربائية فقط ،إما المجالات المغناطيسية فهي نتيجة الحركة المادية للشحنة الكهربائيـــة (التيـــار الكهربـــائي). المجـــال كهربائي ، **E** , يؤثر بقوة على الشحنة الكهربائية ، ويعبر عنـــه بـــالفولط/ متـــر .(V/m)

وكذلك فان المجال المغناطيسي يمكن أن يؤثر بقوة على الشحنة الكهربائية ، ولكن فقط عندما تكون هذه الشحنة في حالة حركة. المجالات الكهربائية والمغنطيســـية كميات متجهة لها مقدار ولها اتجاه. المجال المغناطيسي يمكن أن يحدد بطـــريقتين

هما الفيض المغنطيسي ,**B** , والـذي يقـاس بالتسـلا (T) ، أو شـدة المجـال المغناطيسي **H** ، والذي يقاس بأمبير/ متر. ويمكن التعبير عن هذه الكميات:

$$\mathbf{B = \mu H}$$

حيث **μ** هو ثابت التناسب (النفاذية المغناطيسية) في الفراغ، والهواء ، وكذلك في المواد غير المغناطيسية (البايولوجية). قيمة الثابت**μ** = ($4\ \pi\ \text{x}\ 10^{-7}$)عندما يقاس بالهنري/ متر (H/ m).ولإغراض الوقاية من الإشعاعات غير المؤينه يوصـف المجال المغناطيسي بواحدة من الكميتين **B أو H** فقط . في المنطقة الواسعة من المجال ، فان نموذج الموجة المستوية هو التقريـب الأفضـل لمسـار الموجـة الكهرومغناطيسية .من أهم خصائص الموجة المستوية هي :

- جبهات موجة مستوية .
- **الكميتين B و H** كميات متجهة واتجاهه انتقالهما متعامدين .
- **الكميتين B و H** لهما نفس الطور، والنسبة بين ارتفاعي E/H نسـبة ثابتة في الفضاء الحر والتي تساوي 377 اوم، والتي تمثل خواص ممانعة (impedance) الفضاء الحر .
- كثافة القدرة ,**S** , أي القدرة لوحدة المساحة العمودية على اتجاه الانتقال ،والتي ترتبط بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية بالتعبير :

$$\mathbf{S = EH} = E^2/377 = 377H^2$$

الوضع في حالة المنطقة المجال ألقريب تكون أكثـر تعقيـدا لأن القيمـة الـدنيا والقصوى لكل من المجالين **B و H** لا تحصل في نفس النقطة على طول اتجـاه انتشار الموجة كما يحدث في المجال البعيد. في المجال القريـب يكـون المجـال ألكهرمغنطيسي غير متجانسا. وقد تكون هناك تباينات كبيرة في ممانعة الموجـة المستوية عن المقدار 377 اوم . إي أن هناك مناطق يكون فيها مجال كهربـائي فقط وفي أخرى مجال مغناطيسي فقط .التعرض في المجال القريب من الصـعب تحديده ، وذلك لأن كلا من المجالين القريب من الصعب تحديده لأن كـلا مـن

المجالين يجب قياسهما ، ولأن شكل المجال أكثر تعقيد في هذه الحالة ، فــلا تعــد كثافة الطاقة كمية مناسبة للاستخدام والتعبير عن حدود التعرض (كما في المجــال البعيد). التعرض الناتج عن الموجات المتغيرة بمرور الزمن يؤدي إلــى تولــد تيارات داخل الجسم وترسب الموجات الكهرومغناطيسية طاقتها في الأنسجة التي تعتمد على آليات الاقتران وتواتر حصوله. المجال الكهربائي الداخلي وكثافة التيار تخضع لقانون أوم :

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

حيث σ هي الموصلية الكهربائية للوسط.

قياس كميات الجرعات التي سوف تستخدم وتأخذ بنظر الاعتبار ،مدى التــرددات المختلفة ومديات شكل الموجة ،وعلى النحو التالي :

- كثافة التيار **J** ، في نطاق تردد يصل إلى 10 (MHz) ميجاهرتز
- التيار I ، في نطاق تردد تصل إلى 110(MHz) ميجاهرتز ؛