التميز والتفوق

رؤية جديدة لطريقة الشرح

موقع ايجى فاست التعليمى

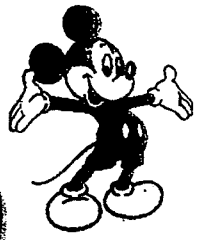
التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى واجهزة القياس الكهربية

The magnetic effect of the electric current

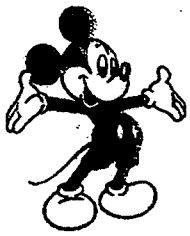
Alaa Monir

موقع ايجى فاست التعليمى

The Magnetic Effect Of The Electric Current



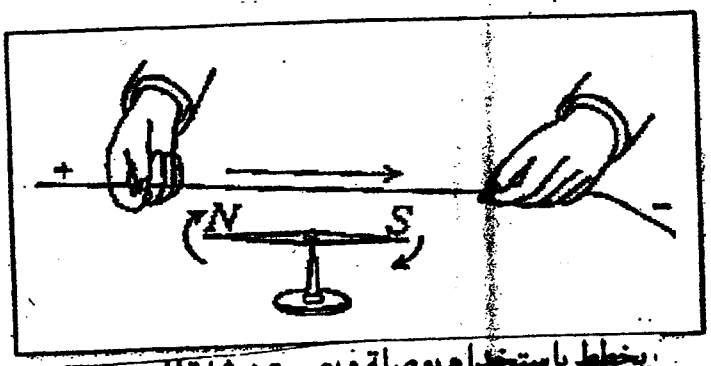
التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي وأجهزة القياس الكهربي



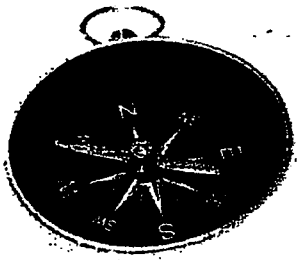
المجال المغناطيسى لمغناطيس : منطقة تحيط بالمغناطيس وتظهر فيه آثاره .

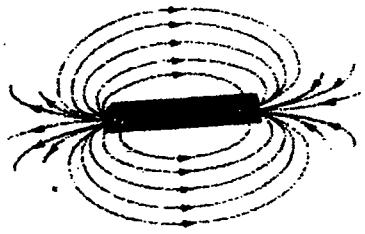
اكتشف العالم الدانمركى هانز أورستد عام 1819 أن للتيار الكهربى تأثيرات مغناطيسية وذلك عندما وضع سلكًا يحمل تيارًا كهربيًا موازيًا لإبرة مغناطيسية حرة الحركة .
فلاحظ انحراف إبرة البوصلة . وعند قطع التيار الكهربى عادت إبرة البوصلة لوضعها الأصلى .

من المفيد قبل دراسة المجال المغناطيسى لتيار كهربى يمر فى سلك مستقيم أو ملف دائرى أو ملف لولبى (حلزونى) أن نتعرف على الكميات الفيزيائية الخاصة بالمجال المغناطيسى .



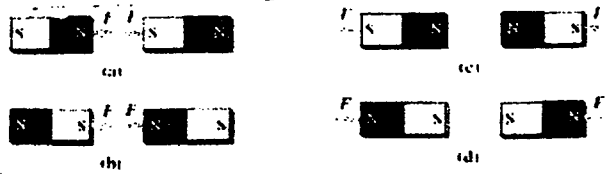
يخطط باستخدام بوصلة ويعبر عن شدة المجال المغناطيسى بكثافة الفيض المغناطيسى (B) التى تقاس بالتسلا أو وبر/م^2 والفيض لمغناطيسى يقاس بالوبر ويرمز له (ϕ_m) .





المجال المغناطيسى لمغناطيس :

هو منطقة تحيط بالمغناطيس فى جميع الاتجاهات وتظهر فيها أثاره المغناطيسية وهى عبارة عن خطوط فيض - وهى خطوط لا تتقاطع معا - تخرج من القطب الشمالى وتدخل القطب الجنوبى .



The Magnetic Effect Of The Electric Current

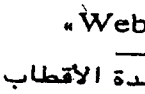
مجال الأرض المغناطيسى:

الكرة الأرضية لها مجال مغناطيسى لأنه يعتبر داخلها مغناطيس كبير قطبه الشمالى فى نصف الكرة الجنوبى وقطبه الجنوبى فى النصف الشمالى ويتحلل مجال الأرض إلى مركبه أفقية دائمًا نحو الشمال وأخرى رأسية لأسفل أو لأعلى حسب المكان على الأرض.

* أولا / المفاهيم الأساسية والمصطلحات والعلاقات الفيزيائية

- **الفيض المغناطيسى (Φ_m)** : يقدر بالعدد الكلى لخطوط الفيض المغناطيسى الذى يمر عموديًا خلال مساحة ما، ويقاس الفيض المغناطيسى بالوبر. «Weber»

* **خطوط الفيض المغناطيسى** : هى خطوط وهمية تبين مسار وحدة الأقطاب الشمالية إذا وضعت حرة فى هذا الحيز.



الفيض المغناطيسى Magnetic flux

* يُعبر عن شدة الفيض (المجال) المغناطيسى عند نقطة بكثافة الفيض المغناطيسى (B) عند تلك النقطة. (شدة)

كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة: الفيض المغناطيسى لوحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة.

* كثافة الفيض المغناطيسى «شدة المجال المغناطيسى» (B) عند نقطة: تقدر بعدد خطوط الفيض المغناطيسى المارة عموديًا على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة.

$$B = \frac{\Phi_m}{A}$$

وتقاس بوحدة وبر/م^2 وتسمى التسلا وتكافئ: نيوتن/أمبير.متر.

$$F = BI\ell$$

* عندما تكون خطوط الفيض موازية للمساحة تنعدم كثافة الفيض المغناطيسى.
* عندما يمر تيار كهربى فى موصل ينتج عن ذلك فيض مغناطيسى.

*** فى حالة سقوط فيض مغناطيسى على سطح أو مساحة فإن:**

* يتعين الفيض المغناطيسى (Φ_m) من العلاقة: $\Phi_m = BA \sin\theta$

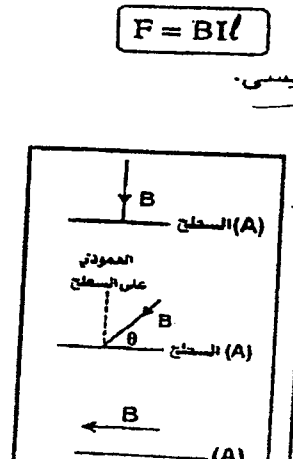
حيث: (θ) الزاوية المحصورة بين خطوط الفيض والمساحة

- وإذا كانت خطوط الفيض موازية للمساحة ($\theta = 0$) فإن: $\Phi_m = BA \sin\theta = 0$
- إذا كانت خطوط الفيض عمودية على المساحة ($\theta = 90$) فإن: $\Phi_m = BA \sin 90 = BA$

وتصبح كثافة الفيض المغناطيسى (B): $B = \frac{\Phi_m}{A}$

- وإذا دار الملف بزاوية θ من الوضع العمودى فإن: $\Phi_m = BA \sin(90 - \theta)$
- وإذا دار الملف بزاوية θ من الوضع الموازى فإن: $\Phi_m = BA \sin(\theta)$

* يقاس الفيض المغناطيسى (Φ_m) بوحدة وبر (weber)، وتقاس كثافة الفيض المغناطيسى (B) بوحدة وبر/متر^2 (weber/m^2) وتكافئ تسلا (tesla)



ملاحظات لحل المسائل

العلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسى والفيض الكلى : $\phi = B.A \sin\theta$

حيث θ الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال المغناطيسى والمساحة (A) .

$\phi = BA\cos\theta$

* **معامل النفاذية المغناطيسية لوسط (μ) :**

هو قابلية الوسط على نفاذ الفيض المغناطيسى خلاله.

وبر/ أمبير. متر $\mu_{(\text{الهواء أو الفراغ})} = 4\pi \times 10^{-7}$

- ينعدم الفيض المغناطيسى عندما تكون خطوط الفيض موازية للمساحة $(\theta = 0)$ $\boxed{\phi_m = 0}$
- يكون الفيض المغناطيسى أكبر ما يمكن عندما تكون خطوط الفيض عمودية على المساحة $(\theta = 90°)$. $\boxed{\phi_m = BA}$

- إذا كانت خطوط الفيض موازية المساحة

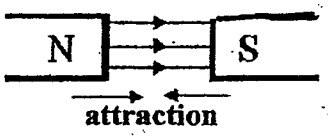
فإن : $\phi_m = BA \sin\theta = 0$ (ينعدم الفيض المغناطيسى)

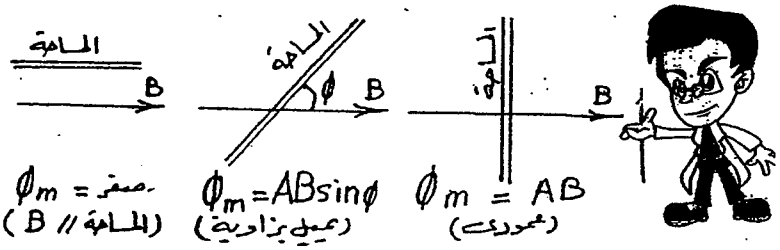
- إذا كانت خطوط الفيض عمودية على المساحة

فإن : $\phi_m = BA \sin 90 = BA$ (الفيض المغناطيسى قيمة عظمى)

- إذا دارت المساحة (الملف) بزاوية θ من الوضع العمودى

فإن : $\phi_m = BA \sin(90 - \theta)$



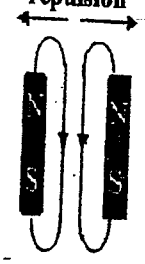


مثال

وضع قرص قطره 14 سم فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 5 تسلا . احسب الفيض الكلى المخترق للقرص فى الحالات الآتية ، إذا كان القرص:

(أ) عموديًا. (ب) موازيًا للخطوط.

(جـ) يصنع زاوية 30° مع الخطوط. (د) إذا كان عموديًا ثم دار زاوية 30°.



العلاقة بين الفيض $\varnothing$ وكثافة الفيض B $\varphi = B.A \sin\theta$

حيث θ الزاوية المحصورة بين خطوط الفيض والمساحة.

الحل :

(أ) $\phi = B.A = 5 \times \pi r^2 = 5 \times \frac{22}{7} \times 49 \times 10^{-4} = 7.7 \times 10^{-2}$ وبر

(ب) $\phi = 0$

(جـ) $\phi = B.A \sin 30 = 3.85 \times 10^{-2}$ وبر

(د) $\phi = B.A \sin 60 = 6.67 \times 10^{-2}$ وبر

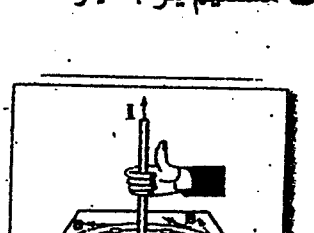
أولاً / التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي

* فيما يلي سندرس المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في موصل على هيئة :
(١) سلك مستقيم. (٢) ملف دائري. (٣) ملف لولبي.

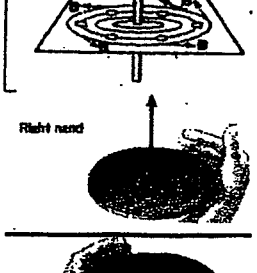
يتوقف شكل المجال المغناطيسي على شكل الموصل .

أولاً / المجال المغناطيسي لتيار كهربي يمر في سلك مستقيم

نثر برادة الحديد على لوحة أفقية من الورق المقوى ينفذ فيها سلك مستقيم يمر به تيار كهربي مستمر ، ثم نطرق اللوحة .

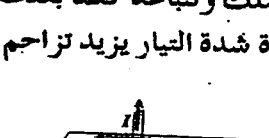


- نشاهد ترتيب برادة الحديد على شكل دوائر .
- الاستنتاج يكون شكل المجال المغناطيسي عبارة عن :
دوائر متحدة المركز مركزها السلك نفسه وتتزاحم بالقرب من السلك وتتباعد كلما بعدت عنه .
وبزيادة شدة التيار يزيد تزاحم الدوائر الممثلة لخطوط الفيض .



$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

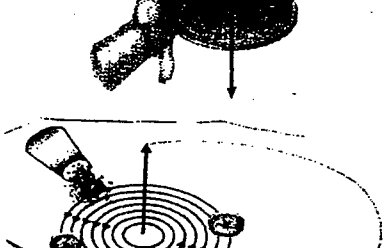
Direction:-
- Ampere RHR



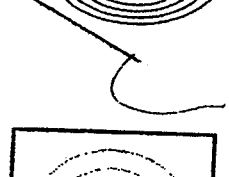
- العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض (B) الناشئ عن مرور تيار في سلك مستقيم :

١ – شدة التيار (I) حيث (1) ..... $B \alpha I$
كثافة الفيض تتناسب طرديًا مع شدة التيار .

٢ – المسافة العمودية (d) بين النقطة ومحور السلك حيث :
(2) ..... $B \alpha \frac{1}{d}$
كثافة الفيض تتناسب عكسيًا مع بعد النقطة عن محور السلك .



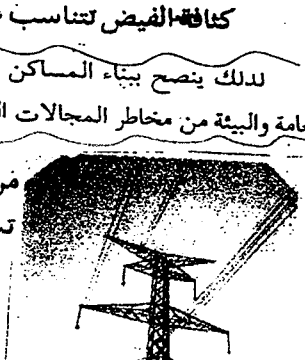
لذلك ينصح ببناء المساكن بعيدة عن خطوط الجهد العالي حفاظا على الصحة العامة والبيئة من مخاطر المجالات المغناطيسية المتغيرة.



من (1) ، (2) :
تسمى هذه العلاقة قانون أمبير الدائري

$$\therefore B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

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



حيث μ معامل النفاذية المغناطيسية للوسط .
وإذا كان الوسط هواء أو فراغًا ، فإن $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ weber /Am
ولذلك عندما يكون الوسط هو الهواء أو الفراغ تصبح العلاقة السابقة :

The Magnetic Effect Of The Electric Current

- كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة على بُعد (d) من سلك مستقيم يمر به تيار كهربى وتتعين من العلاقة :

$$B = \mu \frac{I}{2\pi d}$$

وتتناسب كثافة الفيض المغناطيس طرديًا مع شدة التيار (I) وعكسيا مع بعد النقطة عن السلك (d) كما تتوقف على معامل النفاذية المغناطيسية للوسط (μ) وبذلك فإن كثافة الفيض المغناطيسى فى الهواء أو الفراغ عند نقطة على بعد (d) من السلك المستقيم تكون :

$$B_{(\text{فى الهواء})} = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

وإذا ذُكر نصف قطر السلك (r) فإن :

$$B = \frac{\mu I}{2\pi(d+r)}$$

(١) شدة التيار (I)

«علاقة طردية»

$$\text{الميل} = \frac{B}{I} = \frac{\mu}{2\pi d}$$

(٢) النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)

ثابت للمادة الواحدة

«علاقة طردية»

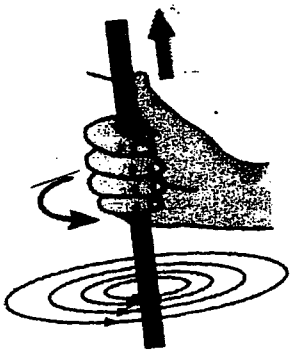
$$\text{الميل} = \frac{B}{\mu} = \frac{I}{2\pi d}$$

$$B = \mu \frac{I}{2\pi d}$$

(٣) بُعد النقطة عن السلك (d)

«علاقة عكسية»

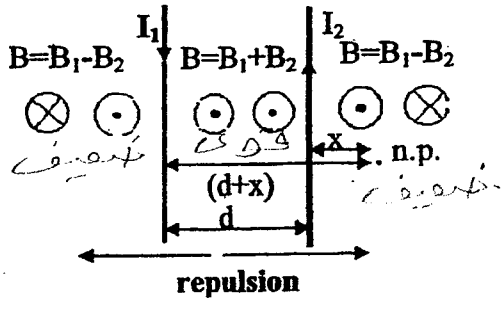
$$\text{الميل} = Bd = \frac{\mu I}{2\pi}$$

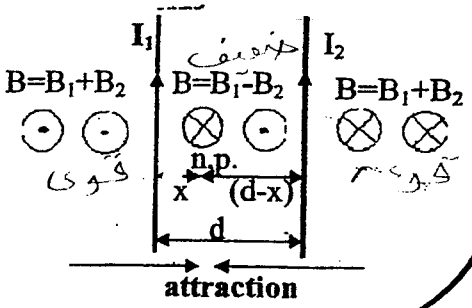


دور ثان 2006 . علل - ينصح ببناء المساكن بعيدًا عن أبراج الضغط العالى للكهرباء

ج : لأن أبراج الضغط العالى للكهرباء تولد مجالاً مغناطيسيًا تزداد شدته كلما قربت المساكن منه وله تأثير كبير على الصحة العامة للإنسان والحيوان ويؤثر على البيئة المحيطة بالمساكن القريبة منه .

كثافة الفيض الناشئ عن مرور تيار فى سلكين متوازيين





ملاحظات

١٠ – فى حالة مرور تيار كهربى فى سلك واحد نستخدم العلاقة :

$$B = \mu \times \frac{I}{2\pi d}$$

- إذا ذكر فى المسائل نصف قطر السلك نحسب المسافة (d) من مركز السلك (أى نضيف للمسافة نصف قطر السلك) .

٢ – فى حالة مرور تيار فى سلكين متوازيين ينشأ :

(أ) قوة تجاذب أو قوة تنافر .

(ب) وتنشأ نقطة تنعدم عندها كثافة الفيض تسمى نقطة التعادل .

٣ – تعريف نقطة التعادل(*) :

هى نقطة يتقابل عندها فيضان مغناطيسيان متساويان فى كثافة الفيض ومتضادان فى الاتجاه فتكون محصلتهما صفر وعندها يكون .

(أ) $B_1 = B_2$

(ب) لا تأخذ إبرة البوصلة المغناطيسية اتجاهًا محددًا .

ملاحظات

* إذا مر فى سلكين تيارين مختلفين تكون نقطة التعادل دائمًا أقرب للسلك الذى يمر به تيار أقل.

* إذا مر فى سلكين نفس التيار وفى نفس الاتجاه تكون نقطة التعادل بين السلكين وفى منتصف المسافة بينهما.

* إذا مر فى سلكين نفس التيار ولكن فى اتجاهين متضادين لا يكون لهما نقطة تعادل.

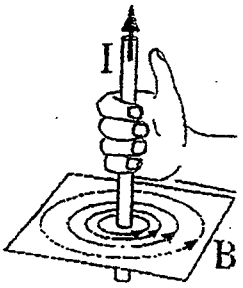
علل

تقع نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربى فى نفس الاتجاه بين السلكين .

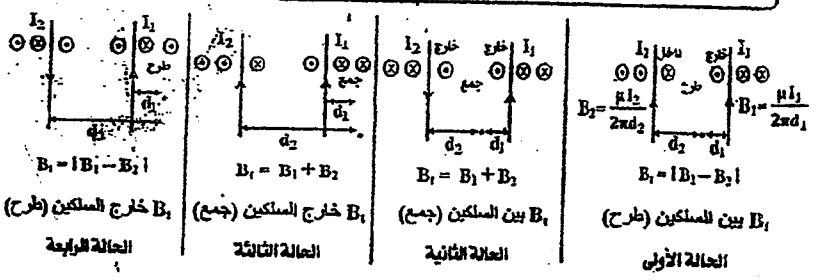
الإجابة بين السلكين يكون المجالان فى اتجاهين متضادين ، فيلاشى كل منهما الآخر عند نقطة التعادل فى الداخل .

تقع نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربى فى اتجاهين متضادين خارج السلكين .

الإجابة خارج السلكين يكون المجالان فى اتجاهين متضادين ، فيلاشى كل منهما الآخر عند نقطة التعادل فى الخارج .



(ب) المجال المغناطيسي الناشيء عن مرور تيار في سلكين متوازيين :



* لاحظ

١- اذا كان اتجاه الفيض المغناطيسى الناتج عن كل سلك عند النقطة المراد حساب الفيض الكلى عندها فى نفس الاتجاه فان : $B_t = B_1 + B_2$

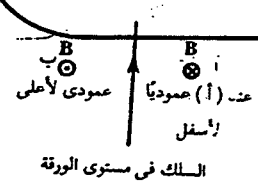
٢- اذا كان اتجاه الفيض المغناطيسى الناتج عن كل سلك عند النقطة المراد حساب الفيض الكلى عندها فى عكس الاتجاه فان : $B_t = B_1 - B_2$

علل يتجاذب سلكان مستقيمان متوازيان إذا كان التيار المار فيهما فى اتجاه واحد .

الإجابة لأن محصلة كثافة الفيض فى الداخل $(B_t = |B_1 - B_2|)$ أقلها منها فى الخارج $(B_t = B_1 + B_2)$ فتنشأ قوة تجاذب .

علل يتنافر سلكان مستقيمان متوازيان يمر بهما تيار فى اتجاهين متضادين .

الإجابة لأن محصلة كثافة الفيض فى الداخل $(B_t = B_1 + B_2)$ أكبر منها فى الخارج $(B_t = B_1 - B_2)$ فينشأ بينهما قوة تنافر .

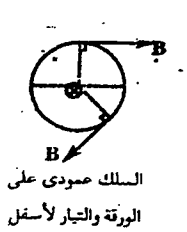


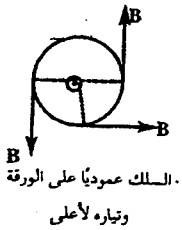
ملحوظة

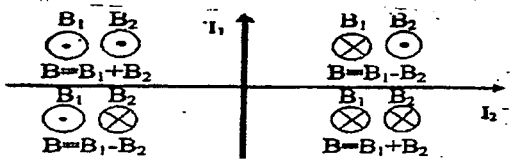
١ - فى حالة السلكين المتوازيين توجد نقطة التعادل بينهما إذا كان التيار فى نفس الاتجاه وتوجد خارجهما جهة التيار الأقل إذا كان التياران فى اتجاهين متضادين.
عند نقطة التعادل B1 = B2 ويتضادان وعندها يكون صفر = $B_1 - B_2$

٢ - اصطلح على رمز ⊙ إذا كان التيار عمودى على الصفحة للخارج منها أو المجال المغناطيسى ورمز ⊗ إذا كان عمودى عليها للداخل.

٣ - حساب (B) الكلى عند نقطة خارج السلكين المتوازيين تكون المجموع (B2 + B1) إذا كان التيار فى نفس الاتجاه والفرق إذا كان التيار فيهما فى اتجاهين متضادين.





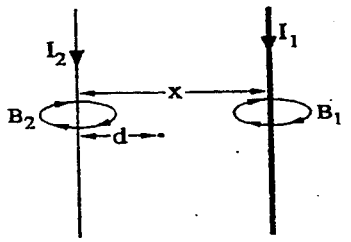


نقطة التعادل

- عند نقطة معينة بين السلكين تصبح $B_1 = B_2$

وبذلك يكون $B_t = B_1 - B_2 = 0$

أى تنعدم كثافة الفيض وتسمى هذه النقطة نقطة التعادل، ويمكن حساب بعد نقطة التعادل كما يلى :



$$B_1 = B_2$$

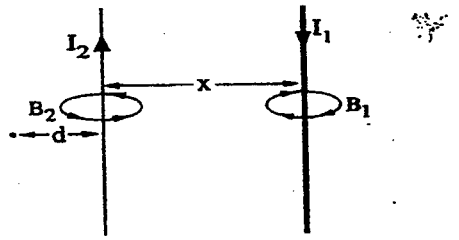
$$\mu \frac{I_1}{2\pi(x-d)} = \mu \frac{I_2}{2\pi d}$$

$$\frac{I_1}{x-d} = \frac{I_2}{d}$$

- عند نقطة معينة خارج السلكين تصبح $B_1 = B_2$

وبذلك يكون $B_t = B_1 - B_2 = 0$

أى تنعدم كثافة الفيض وتسمى هذه النقطة نقطة التعادل، ويمكن حساب بعد نقطة التعادل كما يلى :



$$B_1 = B_2$$

$$\mu \frac{I_1}{2\pi(x+d)} = \mu \frac{I_2}{2\pi d}$$

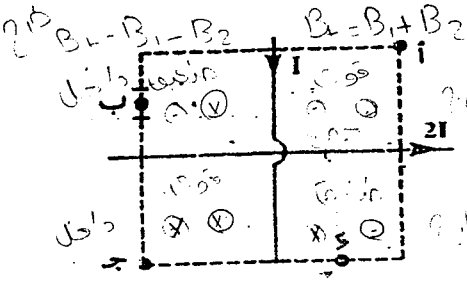
$$\frac{I_1}{x+d} = \frac{I_2}{d}$$

(حيث : d بعد نقطة التعادل عن السلك الثانى)

منوعة

اختر أدق إجابة من الآتى :

(١) فى الشكل سلكان متعامدان يمر بهما تيار كهربى 2I أمبير ، I أمبير تنعدم كثافة الفيض عند نقطة (أ ، ب ، جـ)



تعيين اتجاه المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلك مستقيم

عمليًا بواسطة استخدام بوصلة :

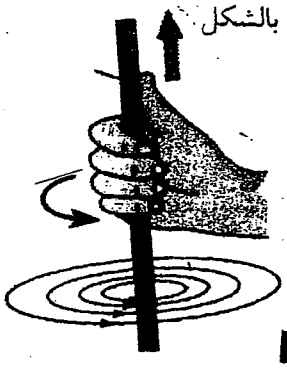
(يتحدد اتجاه المجال المغناطيسى بعلى اتجاه المجال (خطوط الفيض)

(أ) قاعدة اليد اليمنى لأمبير :

بجعل الإبهام عموديًا على باقى أصابع اليد اليمنى ويشير إلى اتجاه التيار الكهربى «الاصطلاحى» فى السلك فإن حركة باقى الأصابع وهى تقبض على السلك تحدد اتجاه خطوط الفيض كما بالشكل.

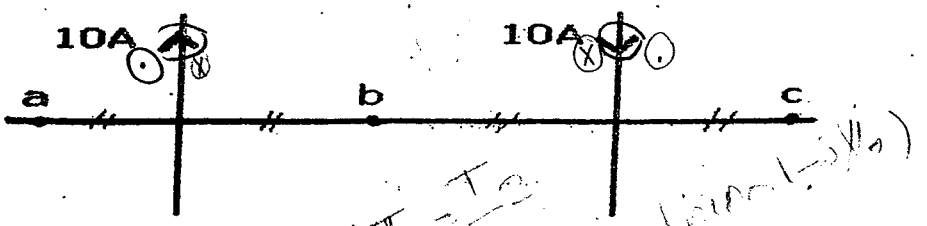
(ب) قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل :

عند دوران بريمة يمنى بحيث يشير اتجاه اندفاعها إلى اتجاه التيار فإن اتجاه الدوران لحلقاتها يحدد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى فى المجال.



سؤال للمتفوقين

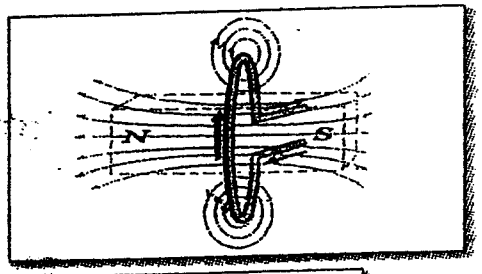
سلكان طويلان متوازيان يحملان تيارا كهربيا كما بالشكل
تكون نقطة التعادل لهما هى :
(نقطة a / نقطة b / نقطة c / لا يوجد نقطة تعادل)

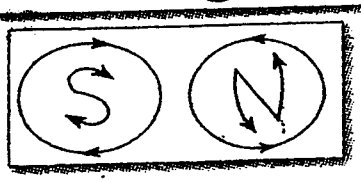


لدراسة المجال المغناطيسى للملف الدائرى نجرى التجربة التالية :

١ – انثر برادة الحديد على لوحة من الورق المقوى .
٢ – يخترق اللوحة ملف دائرى يمر به تيار مستمر .
٣ – اطرق اللوحة طرقات خفيفة فتترتب برادة الحديد ، ومنه نلاحظ ما يلى :

مرور تيار فى ملف دائرى .

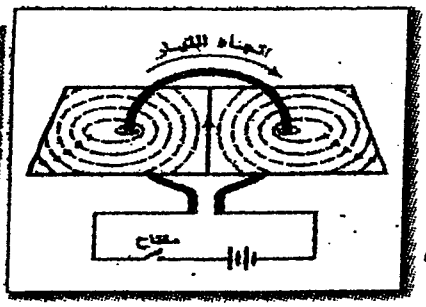




(أ) **شكل المجال المغناطيسى :**

يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسى لمغناطيس قصير ؛ حيث يكون الوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار عند النظر إليه فى اتجاه حركة عقارب الساعة قطبًا جنوبيًا S ، والوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار عند النظر إليه عكس حركة عقارب الساعة قطبًا شماليًا N

مرور تيار فى ملف دائرى .



(ب) **خواص خطوط الفيض المغناطيسى للملف الدائرى :**

١ – تفقد خطوط الفيض دائريتها .
٢ – تختلف كثافة الفيض من نقطة لنقطة أخرى .
٣ – خطوط الفيض عند محور الملف خطوط مستقيمة متوازية أى يصبح المجال منتظمًا فى هذه المنطقة ، وفى اتجاه المحور أى عموديًا على مستوى الملف .

(حـ) **حساب كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند مركز ملف دائرى :**

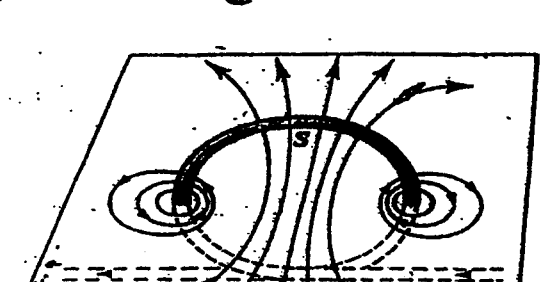
نفرض ملفًا دائريًا نصف قطره (r) متر ، وعدد لفاته (N) لفة ، ويمر به تيار شدته (I) أمبير ؛ فإن :

$$\therefore B = \mu \frac{NI}{2r}$$

حيث μ معامل النفاذية المغناطيسية μ_0 للهواء أو الفراغ يساوى :
$4\pi \times 10^{-7}$ weber / Am ، وتصبح العلاقة السابقة فى حالة الهواء أو الفراغ .

$$B = \frac{\mu N I}{2r} \quad N = \frac{\text{length of wire}}{2\pi r}$$

- *RH screw rule*
- *End rule*



شكل المجال لملف دائرى

ى) العوامل التى يتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى :

فى مركز ملف دائرى يحمل تيارًا .

١ – عدد لفات الملف الدائرى (N) $\quad B \propto N$

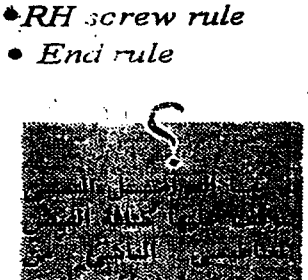
تتناسب كثافة الفيض تناسبًا طرديًا مع عدد اللفات .

٢ – شدة التيار المار فى الملف (I) $\quad B \propto I$

تتناسب كثافة الفيض تناسبًا طرديًا مع شدة التيار .

٣ – نصف قطر الملف الدائرى (r) $\quad B \propto \frac{1}{r}$

تتناسب كثافة الفيض تناسبًا عكسيًا مع نصف قطر الملف .



(مصر ١٩٩٨ – ٢٠٠٠)

كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند مركز ملف دائرى نصف قطره (r) وعدد لفاته (N) يمر به تيار كهربى تتعين من العلاقة :

$$\therefore B_{(\text{فى الهواء})} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{IN}{r} \qquad B = \mu \frac{IN}{2r}$$

وتتناسب كثافة الفيض المغناطيسى طرديًا مع شدة التيار (I)، عدد اللفات (N) وعكسيا مع نصف قطر اللفة (r)

* فى حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك وفى نفس المستوى ويحملان تيارين :

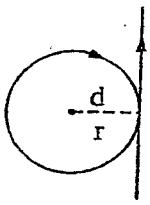
– فى نفس الاتجاه فإن محصلة كثافة الفيض عند المركز : $B_t = B_1 + B_2$

– فى اتجاهين متضادين فإن محصلة كثافة الفيض عند المركز : $B_t = B_1 - B_2$

$(B_1 > B_2)$

* فى حالة ملفين دائريين متعامدين $B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$

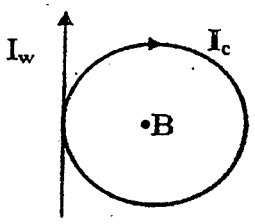
* فى حالة ملف دائرى يمس سلك مستقيم ويسبب انعدام كثافة الفيض عند المركز :



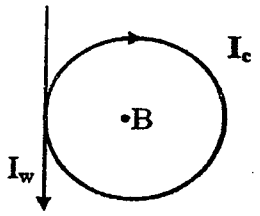
$$B_{ملف} = B_{سلك}$$

$$\frac{\mu I_1 N}{2r} = \frac{\mu I_2}{2\pi d}$$

$$I_1 = \frac{I_2}{\pi}$$

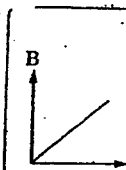


$B=B_w+B_c$

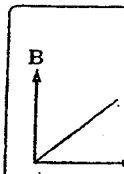


$B=B_c-B_w$

(١) شدة التيار (I)
«علاقة طردية»
$\text{الميل} = \frac{B}{I} = \frac{\mu N}{2r}$

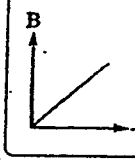


(٢) عدد لفات الملف (N)
«علاقة طردية»
$\text{الميل} = \frac{B}{N} = \frac{\mu I}{2r}$

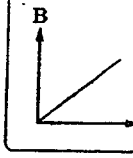


$B = \frac{\mu NI}{2r}$

(٣) نصف قطر الملف (r)
«علاقة عكسية»
$\text{الميل} = Br = \frac{\mu NI}{2}$



(٤) النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)
«علاقة طردية»
$\text{الميل} = \frac{B}{\mu} = \frac{NI}{2r}$



(٢) **تعيين اتجاه المجال المغناطيسى عند مركز ملف دائرى يمر به تيار :**

١ – عمليًا : بوضع البوصلة المغناطيسية عند مركز الملف الدائرى الذى يمر به تيار فيشير قطبها الشمالى إلى اتجاه المجال .

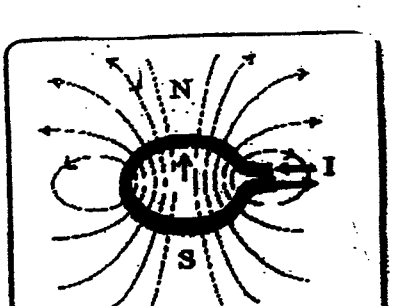
٢ – نظريًا : بتطبيق قاعدة البريمة اليمنى **Right Hand Screw Rule**

* الاستخدام :

تحديد اتجاه الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى يمر به تيار كهربى.

* طريقة الاستخدام :

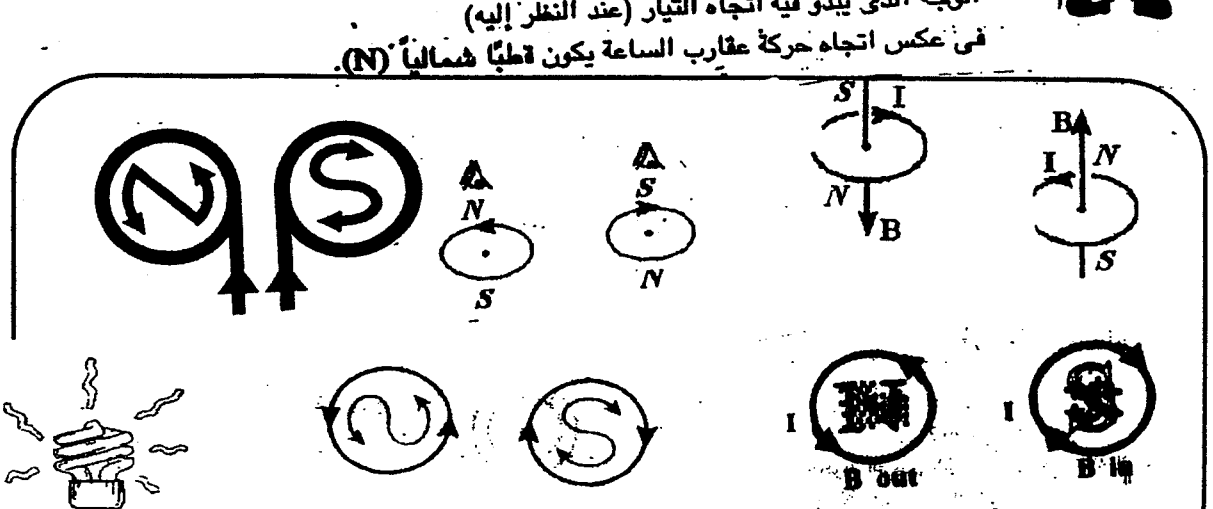
عند دوران بريمة فى اليد اليمنى فى اتجاه الربط (اتجاه حركة عقارب الساعة) بحيث يشـير اتجاه دورانها لاتجاه التيار فإن اتجاه اندفاعها يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.



*** قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة «لمعرفة نوع القطب فى كل من وجهى الملف الدائرى أو الحلزونى» :**

– الوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) فى اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطبًا جنوبيًا (S).

– الوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) فى عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطبًا شماليًا (N).



ملاحظات

* خطوط الفيض المغناطيسى تخرج من القطب الشمالى وتدخل إلى القطب الجنوبى.
* يماثل الملف الدائرى الذى يمر به تيار كهربى مغناطيس على هيئة قرص مصمت له قطبان مسـتديران حيث لا يوجد فى الطبيعة أقطاب منفردة فدائمًا يوجد ثنائى قطب أى قطبان أحدهما شمالى والآخر جنوبى.

ما نوع القطب المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى ملف دائرى

أ– إذا كان اتجاه التيار مع اتجاه دوران عقارب الساعة

ب– إذا كان اتجاه التيار ضد اتجاه دوران عقارب الساعة

ج : أ– إذا كان اتجاه التيار مع اتجاه دوران عقارب الساعة (S) S قطب جنوبى

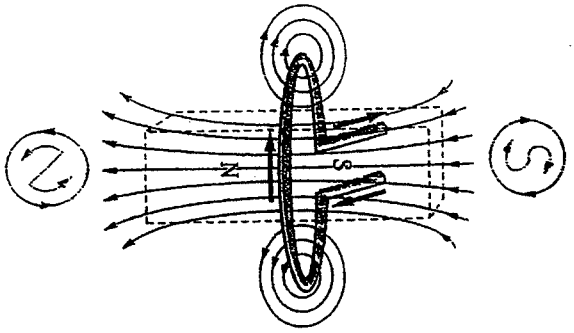
ب– إذا كان اتجاه التيار ضد اتجاه دوران عقارب الساعة (N) N قطب شمالى

(و) الملف الدائرى فى حالة مرور التيار به كأنه (مثل) قطب مغناطيسى

Magnetic Dipole

حيث لا يوجد فى الطبيعة أقطاب منفردة فدائما يوجد قطبان أحدهما قطب شمالى N ، والآخر قطب جنوبى S

∴ الملف الدائرى الذى يمر فيه تيار يماثل مغناطيس على هيئة قرص مصمت له قطبان مستديران .



س 1997 . علل:
خطوط الفيض المغناطيسى فى حالة الملف الدائرى غير كاملة الاستدارة (بيضاوية)
ج : لأن المحاثين الناشئين عن الطرفين متقاربان فيؤثر كل منهما فى الآخر فيحدث تنافر بينهما تفقد دائريتها الخطوط الفيض وتصبح على شكل بيضاوى

ملاحظات

١ – يتعين عدد اللفات بمعلومية طول سلك الملف L من العلاقة :

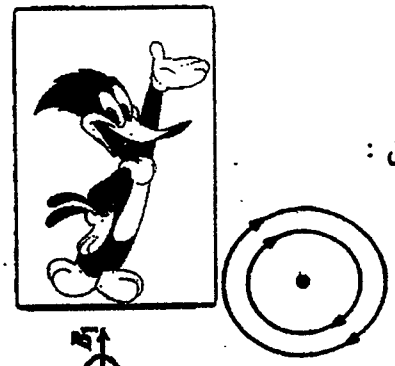
$$\text{عدد اللفات} = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة}} \qquad N = \frac{L}{2\pi r} \text{ عدد اللفات}$$

حيث L طول سلك الملف ، r نصف قطر الملف :

∴ طول سلك الملف = محيط اللفة × عدد اللفات .

٢ – فى حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك واحد فإذا كان :

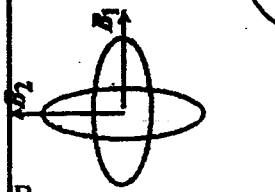
(أ) التيار المار فيهما فى اتجاه واحد فإن :



$B_t = B_1 + B_2$ عند المركز المشترك

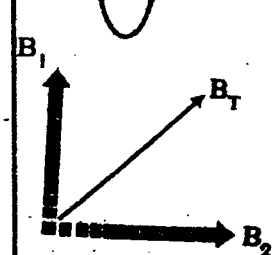
B_1 ⟶
B_2 ⟶

(ب) التيار المار فيهما فى اتجاهين متضادين فإن :



$B_t = B_1 - B_2$ عند المركز المشترك

حيث B_1 أكبر من B_2



٣ – عند نقطة التعادل فإن $B_1 = B_2$

٤ – إذا كان الملفان متعامدين فإن :

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

٥ - المسار الدائرى للإلكترون حول النواة يمثل ملفًا دائريًا عدد لفاته لفة واحدة ، وتتعين شدة التيار المار من العلاقة :

شدة التيار المار = شحنة الإلكترون × عدد الدورات فى الثانية .

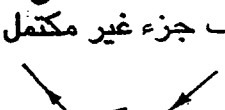
* حساب عدد لفات الملف :

- إذا تم لف سلك طوله ℓ على شكل ملف فإن :

$$N = \frac{\ell}{2\pi r}$$

- إذا كان الملف جزء غير مكتمل من دائرة كما يلى :

فإن



$$N = \frac{\ell}{2\pi r}$$

$$N = \frac{\theta}{360}$$

ثالثاً / المجال المغناطيسي لتيار كهربي يمر في ملف لولبي (حلزوني) :

• لدراسة المجال المغناطيسى للملف اللولبى (الحلزونى) نجرى التجربة التالية :
نصل طرفى سلك ملفوف لفًا حلزونيًا (ملف لولبى) بمصدر تيار مستمر كما فى الشكل (٤) نجد أن :

صف شكل الفيض المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار مستمر في ملف حلزوني

(أ) شكل المجال المغناطيسى :

١ - داخل الملف : يكاد يكون منتظمًا أى خطوط الفيض عند محور الملف متوازية ، وموازية لمحوره .

٢ - خارج الملف : يشبه المجال المغناطيسى الناتج عن قضيب مغناطيسى .

٣ - كل خط يمثل مسارًا متصلاً داخل وخارج الملف .

* طرف الملف الذى تخرج منه خطوط الفيض المغناطيسى هو القطب الشمالى ، والطرف الذى تدخل فيه هو القطب الجنوبى .

(ب) حساب كثافة الفيض المغناطيسى (B) :

عند أى نقطة غلى محور ملف لولبى حيث (ℓ) طول الملف ، (N) عدد لفاته ، (I) شدة التيار ، فإن :

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

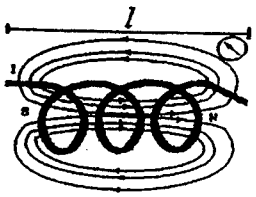
حيث μ معامل النفاذية المغناطيسية للوسط ، μ للهواء أو الفراغ يساوى $4\pi \times 10^{-7}$ weber/Am لذلك تصبح العلاقة السابقة فى حالة الهواء أو الفراغ :

$$B = \mu \frac{N}{\ell} I$$

والمقدار $\frac{N}{\ell}$ يساوى عدد اللفات فى وحدة الأطوال (n)

$$B = \mu n I$$

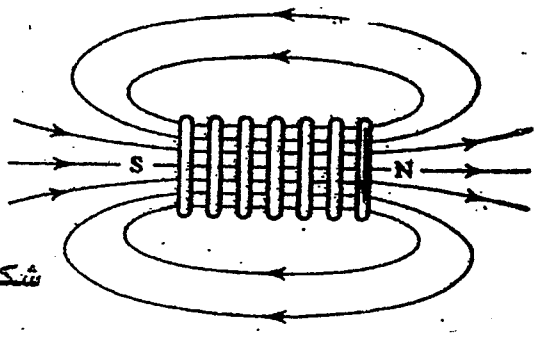
حيث (n) عدد اللفات فى وحدة الأطوال .



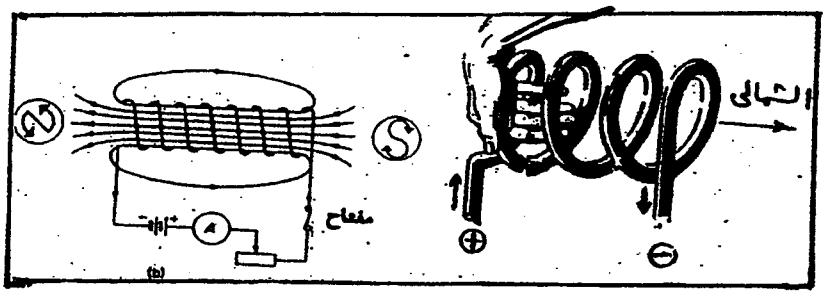
$$B = \frac{\mu N I}{l}$$

$$B = \mu n I$$

- *RH screw rule*
- *Ampere RHR*



شكل المجال لملف لولبى



(حـ) العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى (B) :

عند أى نقطة على المحور داخل الملف اللولبى .

١ – شدة التيار (I) $B \alpha I$

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى طرديًا مع شدة التيار .

٢ – عدد اللفات (N) $B \alpha N$

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى طرديًا مع عدد اللفات .

٣ – طول الملف (ℓ) $B \alpha \frac{1}{\ell}$

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى عكسيًا مع طول الملف .

$$B \alpha \frac{NI}{\ell}$$

$$B = \frac{\mu N I}{\ell}$$

كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند منتصف محور ملف حلزونى طوله (ℓ) وعدد لفاته (N) يمر به تيار كهربى تتعين من العلاقة :

$$B = \mu \frac{IN}{\ell} = \mu I n$$

وتتناسب كثافة الفيض المغناطيسى طرديًا مع شدة التيار (I)، عدد اللفات (N) وعكسيًا مع طول الملف (ℓ) كما تتوقف على معامل النفاذية المغناطيسية للوسط μ

حيث n عدد اللفات لوحدة الطول للملف = $\frac{N}{\ell}$ «لفة/ متر»

* خطوط الفيض المغناطيسى داخل الملف الحلزونى مستقيمة وموازية لمحور الملف.

كما تتوقف على معامل النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)

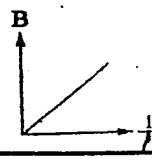
* بمعلومية طول السلك ℓ ونصف قطر اللفة r نعين عدد اللفات N بالعلاقة :

$$N = \frac{\ell}{2\pi r}$$

(١) شدة التيار (I)

«علاقة طردية»

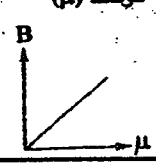
الميل = $\frac{B}{I} = \frac{\mu N}{\ell}$



(٢) عدد لفات الملف (N)

«علاقة طردية»

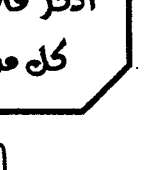
الميل = $\frac{B}{N} = \frac{\mu I}{\ell}$



(٣) طول الملف (ℓ)

«علاقة عكسية»

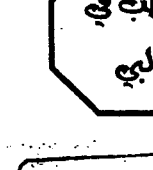
الميل = $B\ell = \mu NI$

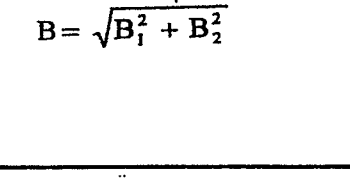


(٤) النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)

«علاقة طردية»

الميل = $\frac{B}{\mu} = \frac{NI}{\ell}$





$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$

(٥) تعيين اتجاه المجال المغناطيسى :

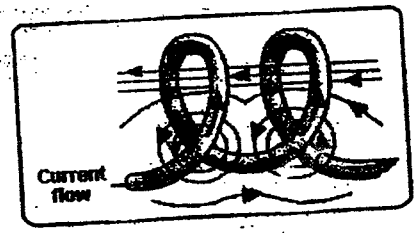
ويتم ذلك بتعيين نوع القطب فى كل من وجهى الملف اللولبى .

١ – بواسطة قاعدة اليد اليمنى لأمبير .

٢ – بواسطة قاعدة البريمة اليمنى .

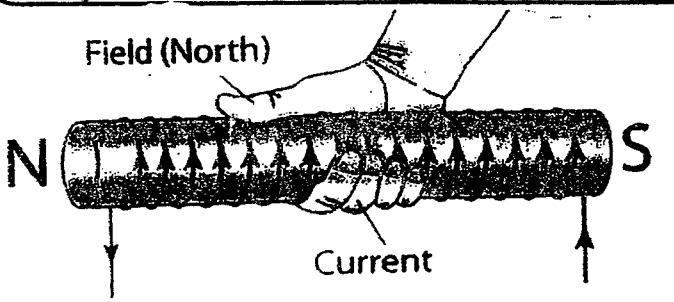
٣ – يعين نوع القطب بقاعدة عقربى الساعة .

اذكر قاعدة لتعيين نوع القطب في كل من وجهي الملف اللولبي



قاعدة أمبير لليد اليمني

نتخيل أننا نقبض علي الملف باليد اليمني بحيث تشير أصابع اليد اليمني ماعدا الإبهام إلي اتجاه التيار في الملف فيكون اتجاه الأبهام العمودي علي الأصابع يشير إلي اتجاه القطب الشمالي .



* عند إبعاد لفات الملف الدائرى عن بعضها يصبح الملف ملف لولبى

ويمكن المقارنة بينهما طبقًا للعلاقة :

$$\frac{B_{(دائرى)}}{B_{(لولبى)}} = \frac{l_{(لولبى)}}{2\,r_{(دائرى)}}$$

ملحوظة

* إذا تم لف الملف الدائرى أو الحلزونى لفًا مزدوجًا يصبح الفيض الناتج عن مرور التيار فى اتجاه معين عكس الفيض المغناطيسى الناتج عن مرور نفس التيار فى الاتجاه المضاد فيلاشى كل منهما الآخر وبالتالى لا يتولد مجال مغناطيسى نتيجة مرور التيار فى هذا الملف.

يمكن زيادة شدة المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار فى ملف لولبى بوضع قضيب من الحديد المطاوع داخل الملف .

لأن معامل النفاذية المغناطيسية للحديد μ كبير جدًا بالنسبة لمعامل النفاذية للهواء 1600 مرة تقريبًا كما أن القلب الحديدى يسبعط نتيجة مرور التيار فى الملف ويتشأ عنه خطوط فيض مغناطيسى تضاف لخطوط الفيض الناشئ عن تيار الملف .

ملاحظات

١ — يتعين عدد اللفات لوحدة طول سلك الملف من العلاقة :

$$\text{عدد اللفات} = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة}} = \frac{l}{2\pi r} = N$$ عدد اللفات

حيث l طول سلك الملف ، r نصف قطر الملف .

طول سلك الملف = محيط اللفة × عدد اللفات .

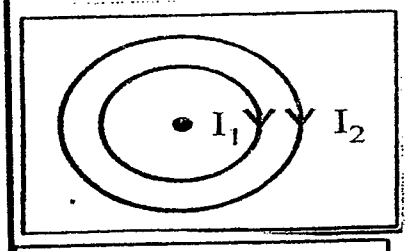
٢ — فى حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك وإحد ، فإذا كان (أ) التيار المار فيهما فى اتجاه واحد ، فإن :

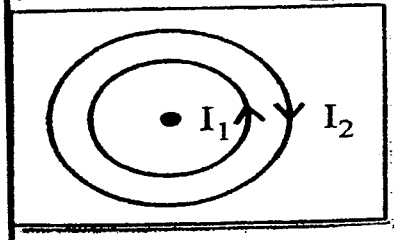
عند المركز المشترك $B_t = B_1 + B_2$

(ب) التيار المار فيهما فى اتجاهين متضادين ، فإن :

عند المركز المشترك $B_t = B_1 - B_2$

حيث B_1 أكبر من B_2





The Magnetic Effect Of The Electric Current

• عند إبعاد لفات ملف دائرى عن بعضها يصبح الملف حلزونى

ويمكن المقارنة بينهما تبعًا للعلاقة :

$$\frac{B_{(دائرى)}}{B_{(حلزونى)}} = \frac{\ell_{(حلزونى)}}{2\,r_{(دائرى)}}$$

• عند وضع سلك يمر به تيار كهربى ملامسًا لحلقة دائرية يمر بها تيار كهربى أيضًا وكانت نقطة التعادل عند مركز الحلقة فإن :

$$B_{(السلك)} = B_{(الملف)} \quad , \quad \frac{\mu I_1}{2\pi d} = \frac{\mu N I_2}{2r}$$

$$\therefore \frac{I_1}{\pi} = I_2$$

∴ بعد النقطة عن السلك (d) هو نصف قطر الحلقة (r) ، (N = 1).

• **محصلة كثافة الفيض المغناطيسى فى حالة :**

ملفين دائريين فى نفس المستوى ولهما مركز مشترك.

أو ملفين لولبيين لهما محور مشترك ويمر بهما تياران.

– إذا كان التياران **فى نفس الاتجاه** فإن :

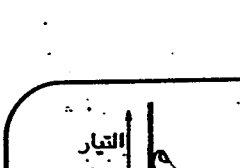
$$B_t = B_1 + B_2$$

– إذا كان التياران **فى اتجاهين متضادين** فإن :

$$B_t = B_1 - B_2 \quad (B_1 > B_2)$$

• **قواعد تحديد الاتجاه :**

• **قاعدة اليد اليمنى لأمبير «لتحديد اتجاه الفيض المغناطيسى الناتج عن مرور تيار فى سلك مستقيم» :**

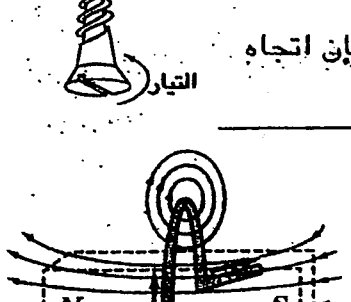


عند إمساك سلك بمقبض اليد اليمنى بحيث يشير الإبهام لاتجاه التيار فإن اتجاه دوران باقى الأصابع يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.

• **قاعدة البريمة اليمنى «لتحديد اتجاه الفيض المغناطيسى الناتج عن مرور تيار فى ملف دائرى أو حلزونى» :**

عندما يشير اتجاه دوران مقبض بريمة يمنى لاتجاه التيار فإن اتجاه اندفاعها يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.

• **قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة «لمعرفة نوع القطب فى كل من وجهى الملف الدائرى أو الحلزونى» :**



– الوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) فى اتجاه حركة عقارب الساعة يكون **قطبًا جنوبيًا** (S).

– الوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) فى عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يكون **قطبًا شماليًا** (N).

ملاحظة أن :

خطوط الفيض المغناطيسى تخرج من القطب الشمالى وتدخل إلى القطب الجنوبى.

عندما لا يعطى شكل المسألة عدد اللفات مباشرة يمكن حسابها كالآتي:

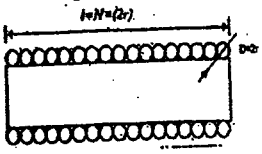
$$N = \frac{\text{طول سلك اللف}}{\text{طول اللفة (المحيط)}} = \frac{\text{طول سلك اللف}}{2\pi r}$$

أو (هذا إذا كانت اللفات متلاصقة)

$$N = \frac{\text{طول سلك اللف}}{\text{قطر السلك (سمك السلك)}}$$

سلك معزول قطره 0.2 سم لف حول ساق حديد نفاذيتها 2×10^{-3} web / A.m بحيث تكون اللفات متماسة على طول الساق فإذا مر به تيار شدته 5 أمبير. أحسب كثافة الفيض المغناطيسي.

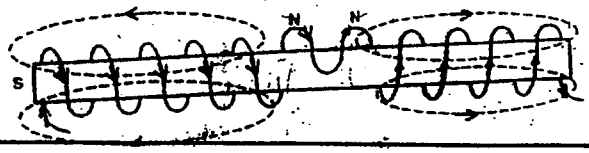
الإجابة:

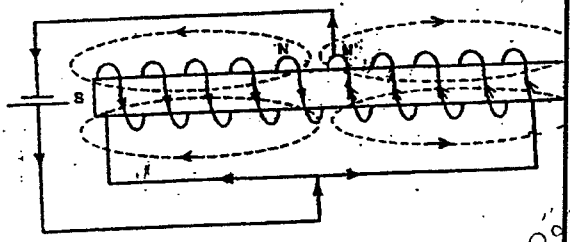


$$B = \frac{\mu NI}{l} = \frac{\mu NI}{N2r} = \frac{\mu I}{D}$$

$$= \frac{2\times10^{-3}\times5}{0.2\times10^{-3}} = 5 Tesla$$

وضح مع الرسم كيفية الحصول على ملف حلزوني يحمل تيار مستمر وله قطبان متشابهان في نهايته.

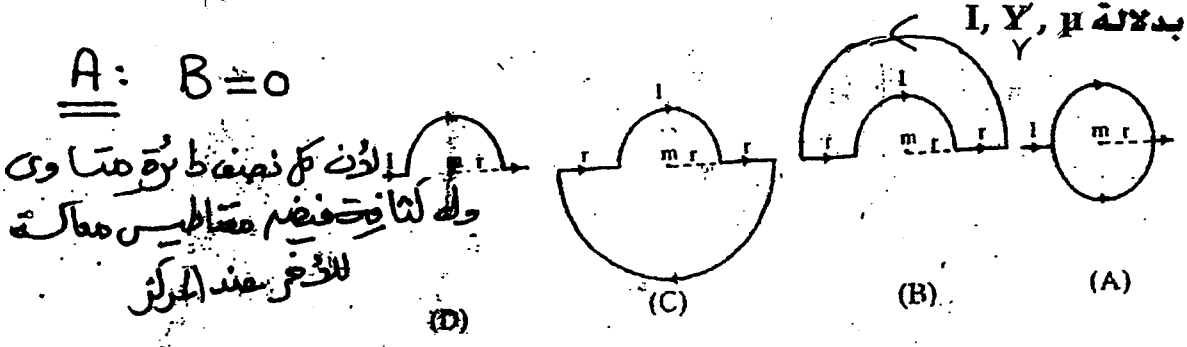




رتب الأشكال الآتية حسب الأكبر في الفيض المغناطيسي عند المركز (m) اذا علم أن شدة التيار واحدة ولها قيمة (I) وجميع الأشكال عبارة عن أنصاف دوائر ثم أوجد كثافة قيمة كثافة الفيض المغناطيسي عند المركز لكل شكل بدلالة I, r, μ

A: B = 0

لأن كل نصف طرة متساوى ولها كثافة فيض مغناطيسي معاكسة للأخرى عند المركز

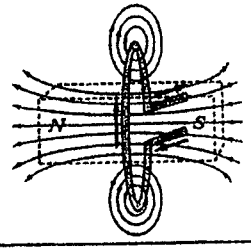
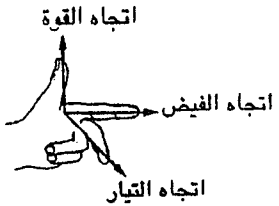


$$B: B = \frac{\mu NI}{2r}: B_1 = \frac{\mu \times \frac{1}{2} \times I}{2r} = \frac{\mu I}{4r}; B_2 = \frac{\mu \times \frac{1}{2} \times I}{2(2r)} = \frac{\mu I}{8r}; B = B_1 - B_2 = \frac{\mu I}{4r} - \frac{\mu I}{8r} = \frac{\mu I}{8r}$$

$$C: B = B_1 + B_2 = \frac{\mu I}{4r} + \frac{\mu I}{8r} = \frac{3\mu I}{8r}$$

$$D: B = \frac{\mu I}{4r}$$

∴ الترتيب: C → D → B → A

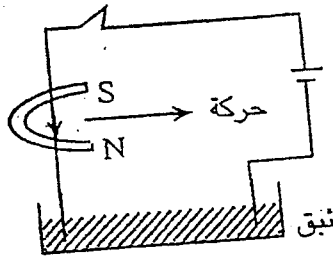
الشكل التوضيحى				
الاستخدام	تحديد اتجاه الفيض المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار فى سلك مستقيم	تحديد اتجاه الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى (أو عند محور ملف حلزونى) يمر به تيار كهربى	معرفة نوع القطب فى كل من وجهى ملف دائرى أو حلزونى يمر بهما تيار كهربى	تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى وموضوع عموديًا على اتجاه مجال مغناطيسى
طريقة الاستخدام	عندما تقبض اليد اليمنى على السلك بحيث يشير الإبهام لاتجاه التيار فإن اتجاه التفاف باقى الأصابع يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى	عند دوران بريمة فى اليد اليمنى فى اتجاه الربط بحيث يشير اتجاه دورانها لاتجاه التيار فإن اتجاه اندفاعها يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى	* الوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) فى اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطبًا جنوبيًا (S). * الوجه الذى يبدو فيه اتجاه التيار (عند النظر إليه) فى عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يكون قطبًا شماليًا (N). مع ملاحظة أن : خطوط الفيض المغناطيسى تخرج من القطب الشمالى وتدخل إلى القطب الجنوبى.	اجعل الإبهام والسبابة والوسطى فى اليد اليسرى متعامدة فإذا كانت السبابة تشير لاتجاه الفيض والوسطى يشير لاتجاه التيار فإن الإبهام يشير لاتجاه القوة المغناطيسية وبالتالى إلى اتجاه حركة السلك

القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي علي سلك يمر به تيار كهربي موضوع في هذا المجال (ظاهرة الموتور)

- نضع سلكا مستقيمًا يمر به تيار بين قطبى مغناطيس بحيث يكون المجال المغناطيس له أفقيًا ومتعامدًا على السلك .
نجد تحرك السلك فى اتجاه عمودى على كل من :
١ – اتجاه المجال المغناطيسى . ٢ – اتجاه التيار .
- وعند عكس اتجاه التيار أو اتجاه المجال المغناطيسى ، فإن السلك يعكس اتجاه حركته .
∴ اتجاه حركة السلك (اتجاه القوة المؤثرة) تتوقف على اتجاه المجال المغناطيسى واتجاه التيار .

القوة التى يؤثر بها مجال مغناطيسى على سلك يمر به تيار كهربى موضوع فى هذا المجال (ظاهرة الموتور)

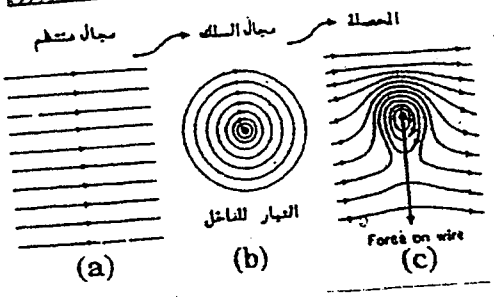
كما بالشكل.



سلك حر الحركة يمر به تيار في المجال المغناطيسي عند غلق دائرته يتحرك السلك في المجال المغناطيسى.

تفسير حركة السلك :

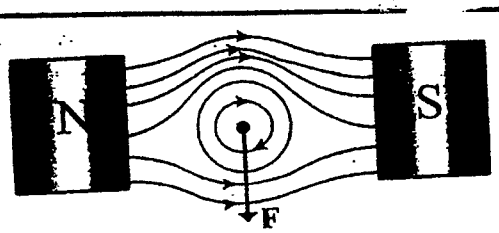
السلك له مجال (b) موضوع في المجال المغناطيسي (a) فتكون المحصلة كما بالشكل (C).

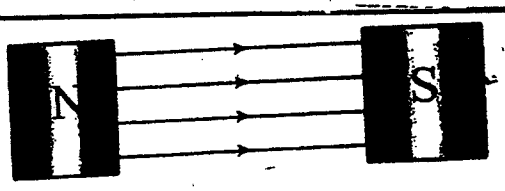


نجد تزاحم الخطوط في جانب اكبر من الجانب الآخر فيكون التنافر أكبر في الجانب العلوي من الشكل عنه في السفلي لذلك تكون المحصلة تعمل علي تحريك السلك في الاتجاه الموضح.

- إذا اختلفت كثافة الفيض على جانبى موصل فإنه يتحرك.

– لأن خطوط الفيض تتزاحم فى جانب عنها فى الجانب الأخر ومن خواصها أنها تحاول تقصير طولها وتتنافر معا وهى مرنة ومشدودة فتتنافر فى الجانب القوى وتضغط على السلك للحركة جهة الجانب الضعيف.



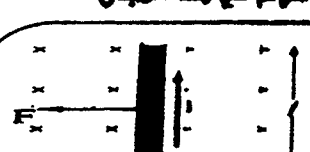


ملاحظة

* يعبر عن المجال إذا كان عموديًا على الصفحة للداخل بالرمز (X)
* يعبر عن المجال اذا كان عموديًا على الصفحة للخارج بالرمز (●)

The Magnetic Effect Of The Electric Current

* القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي علي سلك يمر به تيار كهربي موضوع في هذا المجال



(يشير الرمز (×) إلى فيض داخل عموديًا على السفحة)

- عند وضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربى بين قطبى مغناطيس بحيث يكون السلك عموديًا على خطوط الفيض المغناطيسى :
  - تنشأ قوة تؤثر على السلك وتكون عمودية على اتجاه التيار الكهربى وعلى اتجاه المجال.
  - تؤدى هذه القوة إلى حركة السلك من الموضع الأعلى فى كثافة الفيض المغناطيسى إلى الموضع الأقل فى كثافة الفيض المغناطيسى.

قد يتحرك سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع عموديا على فيض مغناطيسى :
- لاختلاف محصلة كثافة الفيض المغناطيسى الأصلى والفيض الناتج عن التيار على جانبى السلك فيتحرك السلك من الموضع الأعلى فى الكثافة إلى الموضع الأقل فى الكثافة .

---

* يمكن عكس اتجاه القوة وبالتالى اتجاه حركة السلك وذلك بإحدى طريقتين :
  (١) عكس اتجاه التيار الكهربى المار فى السلك.
  (٢) عكس اتجاه المجال المغناطيسى المؤثر على السلك.

- القوة المغناطيسية (F) المؤثرة على سلك يمر به تيار موضوع فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه (B) تعين من العلاقة :

$$F = B\,I\,\ell\sin\theta$$

وتتناسب القوة المغناطيسية طرديًا مع كل من كثافة الفيض المغناطيسى (B) وشدة التيار المار فى السلك (I)، والطول المتأثر من السلك (ℓ) وجيب الزاوية (θ) بين السلك والفيض المغناطيسى.

* (أ) حساب القوة المغناطيسية المؤثرة علي سلك يمر به تيار عمودي علي فيض مغناطيسي

$\because F \propto B$, $\because F \propto I$, $\because F \propto \ell$

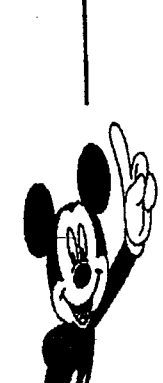
$\therefore F \propto B\,I\,\ell$ $\quad\therefore F = \text{constant} \times B\,I\,\ell$

يصبح الثابت = واحد إذا اتخذت B بوحدة كثافة الفيض المغناطيسى (التسلا) بحيث تتولد قوة (بالنيوتن) على سلك طوله (بالمتر) يمر به تيار شدته (بالأمبير).

$$\therefore F = B\,I\,\ell$$

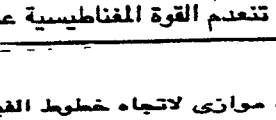
وإذا كان السلك يصنع زاوية θ مع الفيض تصبح العلاقة : $F = B\,I\,\ell\sin\theta$

ولهذا تنعدم القوة المغناطيسية عندما يكون السلك موازيًا للفيض.



وإذا كان

— السلك موازى لاتجاه خطوط الفيض



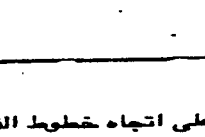
$\theta = 0$

$F = BI\ell\sin 0 = 0$

أى تنعدم القوة المؤثرة على السلك.

فإن

— السلك عمودى على اتجاه خطوط الفيض



$\theta = 90°$

$F = BI\ell\sin 90 = BI\ell$

أى تصبح القوة المؤثرة على السلك قيمة عظمى.

* عندما يكون السلك موازيًا للفيض المغناطيسى تنعدم القوة المغناطيسية $F = 0$

* عندما يكون السلك عموديًا على الفيض المغناطيسى تكون القوة أكبر ما يمكن. $F = B\,I\,\ell$

• القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار فى مجال مغناطيسى

$$F = B \cdot I \cdot L \sin\theta$$

نيوتن ← F ، تسلا ← B ، أمبير ← I ، متر ← L

كثافة الفيض عند نقطة ما

مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك طوله 1 m يمر به تيار كهربى شدته 1 A موضوع عموديًا على الفيض المغناطيسى عند تلك النقطة.

التسلا Tesla وحدة قياس B

كثافة الفيض المغناطيسى الذى يولد قوة مقدارها 1 N على سلك طوله 1 m يمر به تيار كهربى شدته 1 A عندما يكون السلك عموديًا على خطوط الفيض المغناطيسى.

• التسلا تكافئ $weber/m^2$ وتكافئ N/Am

• ما معنى أن كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة 5 Tesla

معناه : إذا وضع فى تلك النقطة سلك طوله واحد متر ويحمل تيارًا شدته واحد أمبير وموضوع عموديًا على الفيض المغناطيسى ، فإنه يتأثر بقوة مقدارها 5 N

• <u>العوامل التى تتوقف عليها القوة المؤثرة على سلك يحمل تيارًا وموضوعًا فى مجال مغناطيسى :</u>

العوامل هى : ١ – طول السلك (ℓ) حيث القوة تتناسب طرديًا مع طول السلك . (عند ثبوت باقى العوامل) .

$F \propto \ell$

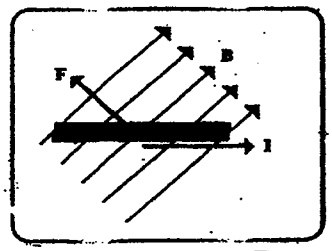
٢ – شدة التيار (I) حيث القوة تتناسب طرديًا مع شدة التيار . (عند ثبوت باقى العوامل)

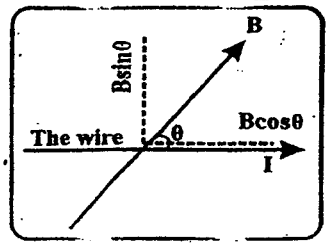
$F \propto I$

٣ – كثافة الفيض المغناطيسى (B) حيث القوة تتناسب طرديًا مع كثافة الفيض المغناطيسى (عند ثبوت باقى العوامل) .

$F \propto B$

٤ – مقدار الزاوية θ بين السلك والمجال ، حيث تتناسب القوة طرديًا مع جيب الزاوية (عند ثبوت باقى العوامل)





(١) طول السلك (ℓ)
«علاقة طردية»
الميل = $\frac{F}{\ell}$ = $B I \sin\theta$

(٢) كثافة الفيض المغناطيسى (B)
«علاقة طردية»
الميل = $\frac{F}{B}$ = $I \ell \sin\theta$

$F = B I \ell \sin\theta$

(٣) جيب الزاوية المحصورة بين السلك واتجاه الفيض ($\sin\theta$)
«علاقة طردية»
الميل = $\frac{F}{\sin\theta}$ = $B I \ell$

(٤) شدة التيار (I)
«علاقة طردية»
الميل = $\frac{F}{I}$ = $B \ell \sin\theta$

The Magnetic Effect Of The Electric Current

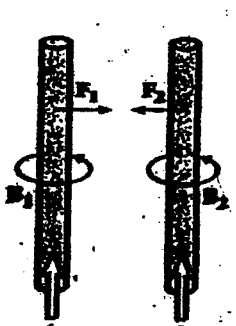
(١) القوة المتبادلة بين سلكين متوازيين يهما تيار :

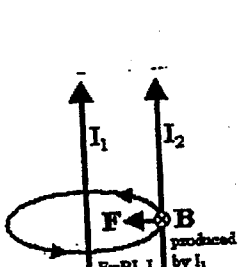
كما بالشكل :

السلك الأول له مجال مغناطيسى يؤثر عموديًا على السلك الثانى والعكس صحيح .

السلك الأول له مجال كثافة فيضه B_1 عند موضع السلك الثانى على بعد d متر .

$$B_1 = \frac{\mu I_1}{2\pi d} \quad \text{تسلا}$$





القوة المؤثرة على السلك الأول (F_1)

– تنشأ نتيجة تأثره بالمجال المغناطيسى للسلك الثانى :

$$F_1 = B_2 I_1 \ell = \frac{\mu I_2}{2\pi d} I_1 \ell$$

القوة المؤثرة على السلك الثانى (F_2)

– تنشأ نتيجة تأثره بالمجال المغناطيسى للسلك الأول :

$$F_2 = B_1 I_2 \ell = \frac{\mu I_1}{2\pi d} I_2 \ell$$

$$\therefore \boxed{F_1 = F_2 = F = \frac{\mu I_1 I_2 \ell}{2\pi d}}$$

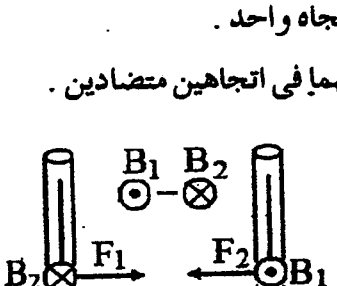
(حيث : F القوة المتبادلة بين السلكين)

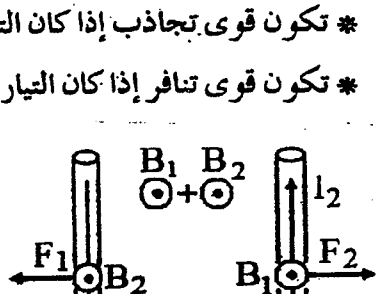
القوة بين سلكين متوازيين يحملان تيارين :

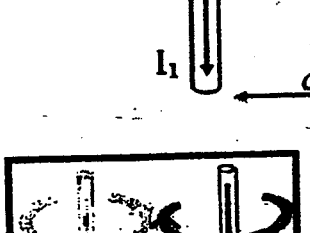
$$\boxed{F_1 = B_2 I_1 \ell} \text{ or } \boxed{F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi d}}$$

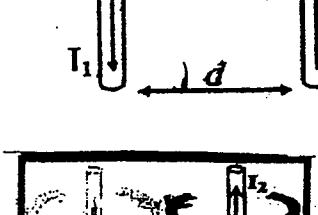
* تكون قوى تجاذب إذا كان التيار فى اتجاه واحد .

* تكون قوى تنافر إذا كان التيار المار فيهما فى اتجاهين متضادين .









تدل : العلامة (•) على فيض خارج عموديًا من الصفحة
والعلامة (×) على فيض داخل عموديًا على الصفحة.

● ماذا يحدث في الحالات الآتية

(١) مرور تيار كهربى فى نفس الاتجاه فى سلكين متوازيين.
يتجلذب السلكان حيث تكون محصلة كثافة الفيض خارج السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض بينهما.

(٢) مرور تيار كهربى فى اتجاهين متضادين فى سلكين متوازيين.
يتنافر السلكان حيث تكون محصلة كثافة الفيض بين السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض خارجهما.

علل: يتنافر سلكان متجاوران متوازيان يمر فيهما تيار كهربى فى اتجاهين متضادين.

ج لأن القوة الناشئة عن مرور تيار كهربى فى السلكين المتوازيين المتجاورين واتجاه التيار فيهما باتجاهين متضادين فيتولد مجالان فى اتجاهين متباعدين عن بعضهما – كما أن محصلة المجالين بينهما كبيرة – بينما تكون فى الخارج صغيرة – فيحدث تنافر لكبر القوة بينهما وصغر القوة فى الخارج.

وقد جاء السؤال بصيغة أخرى فى دور ثان 2007 – دور أول السودان 2008.

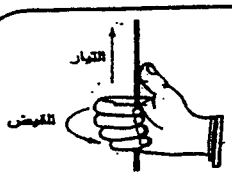
□ اذكر شرطا واحدًا من الشروط اللازمة لحدوث الآتى:
الحصول على قوة جاذبة بين سلكين متوازيين يحملان تيارًا كهربيا.

ج الشرط: أن يمر التيار فى السلكين فى اتجاه واحد.

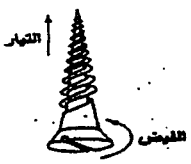
قواعد تحديد الأتجاه

* لاتجاه الفيض المغناطيسى الناتج عن مرور تيار فى سلك مستقيم.

– قاعدة مقبض اليد اليمنى لأمبير : عند الإمساك بالسلك بمقبض اليد اليمنى بحيث يشير الابهام لاتجاه التيار فإن اتجاه دوران باقى الأصابع يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.



– قاعدة البريمة اليمنى «لماكسويل» : عندما يشير اتجاه اندفاع بريمة يمنى لاتجاه التيار فإن دوران مقبضها يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.



* اتجاه الفيض المغناطيسى الناتج عن مرور تيار فى ملف دائرى أو حلزونى.

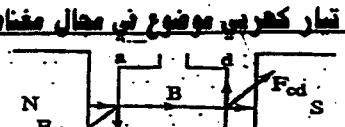
– قاعدة البريمة اليمنى :
عندما يشير اتجاه دوران مقبض بريمة يمنى لاتجاه التيار فإن اتجاه اندفاعها يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.

– قاعدة اتجاه دوران عقارب الساعة :
عند النظر للملف (دائرى أو حلزونى) ويكون اتجاه التيار فى نفس اتجاه دوران عقارب الساعة تكون الجهة القريبة منا كما لو كانت قطبًا جنوبيًا S وإذا كان اتجاه التيار ضد اتجاه دوران عقارب الساعة تكون الجهة القريبة منا كما لو كانت قطبًا شماليًا N.

* خطوط الفيض المغناطيسى تكون خارجة من القطب الشمالى كما تكون داخله إلى القطب الجنوبى، وهى تمثل مسار قطب شمالى مفرد متواجد حرًا فى هذا المجال.

القوة والعزم المؤثران علي ملف مستطيل يمر فيه تيار كهربي موضوع في مجال مغناطيسي

* (٢) استنتاج القوة والعزم المؤثران علي ملف مستطيل يمر به تيار كهربي موضوع في مجال مغناطيسي



إذا كان لدينا ملف abcd مستواه يوازى خطوط الفيض المغناطيسى

يكون الضلعان cd ، ab عموديان على خطوط الفيض.

ولذلك يتأثران بقوتين متساويتين فى المقدار

ومتضادتين فى الاتجاه وقيمة كل منهما $F = B\,I\,\ell_{cd}$

، المسافة العمودية بينهما = طول أحد الضلعين ℓ_{bc} أ، ℓ_{ad}

فينشأ عزم ازدواج يعمل على دوران الملف ويتعين قيمته من العلاقة

عزم الازدواج = إحدى القوتين × البعد العمودى بينهما

$\tau = B\,I\,\ell_{cd} \times \ell_{bc}$

$\because A = \ell_{cd} \times \ell_{bc}$

$\therefore \tau = B\,I\,A$

$\boxed{\tau = B\,I\,A\,N}$

$\because |\overrightarrow{m_d}| = I\,A\,N$

وعندما يصنع العمودى على الملف زاوية θ مع الفيض يكون

$\boxed{\tau = B\,I\,A\,N \sin\theta}$

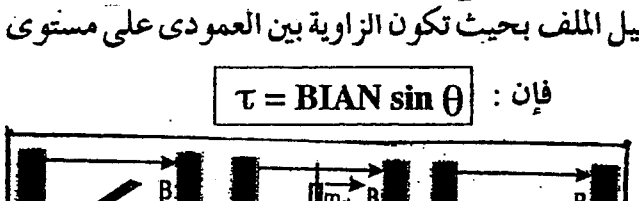
وعندما يحتوى الملف على N لفة يكون عزم الازدواج الكلى

$\therefore \tau = B\,|\overrightarrow{m_d}|$

حيث $|\overrightarrow{m_d}|$ هى عزم ثنائى القطب المغناطيسى.

عندما يميل الملف بحيث تكون الزاوية بين العمودى على مستوى الملف واتجاه الفيض

فإن : $\boxed{\tau = BIAN \sin\theta}$



(أ) عزم ثنائى القطب المغناطيسى عمودى على المجال.	(ب) عزم ثنائى القطب موازى للمجال .	(حـ) عزم ثنائى القطب يميل بزاوية θ على المجال .

- **الوحدة العملية لعزم الازدواج هى Nm .**
- **العوامل التى يتوقف عليها عزم الازدواج :**

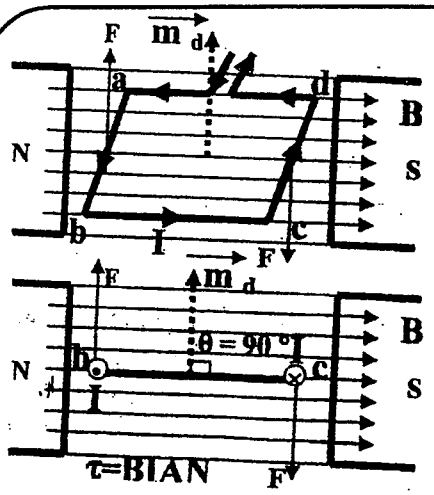
٥- عزم الازدواج المؤثر علي الملف (τ) :	(أ) عدد لفات الملف (N)
= B I A N sin θ	(ب) مساحة وجه الملف (A)
	(ج) شدة التيار
	(د) كثافة الفيض المغناطيسي (B)
	(هـ) الزاوية بين العمودي علي مستوي الملف وخطوط الفيض المغناطيسي .

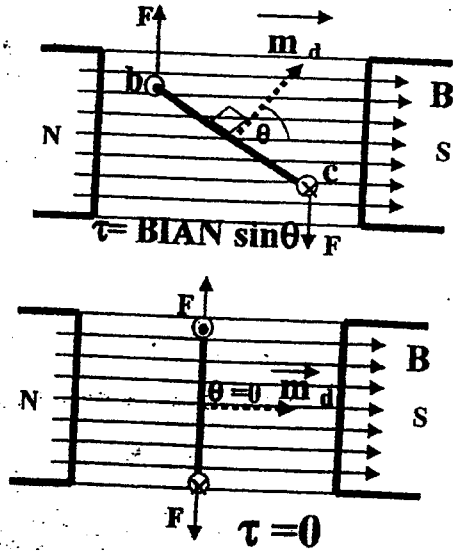
ملاحظات

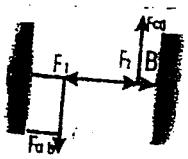
$\tau = B\,|\overrightarrow{md}|$

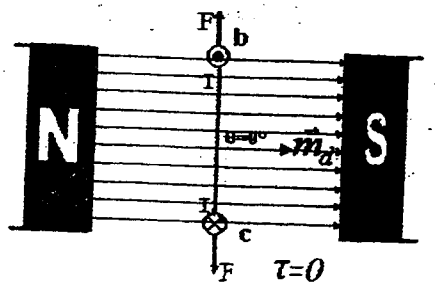
ث : $|\overrightarrow{m_d}| = IAN$ وهو عزم ثنائى القطب المغناطيسى وهو كمية متجهة واتجاهها عمودى
ن المساحة A (مستوى الملف) فى اتجاه الربط وهو اتجاه التيار.

- $|\overrightarrow{md}|$ عزم ثنائى القطب المغناطيسى وهو كمية متجهة واتجاهها عمودى على المساحة أى اتجاه التيار ويساوى IAN ووحدته (أمبير . م^2) A.m^2 tut
- باستمرار دوران الملف من الوضع الذى يكون فيه مستوى الملف موازيًا للفيض المغناطيسى يتناقص عزم الازدواج المؤثر على الملف تدريجيًا لأن ذراع الازدواج (البعد العمودى بين القوتين المتساويتين والمؤثرتين على الضلعين أ ب ، حـ ء) يقل باستمرار الدوران لأن قيمته تكون أكبر ما يمكن عندما يكون مستوى الملف موازيًا لخطوط الفيض = عرض الملف b
- يبنى على العزم فكرة عمل الجلفانومتر وأجهزة القياس الكهربى وكذلك الموتور









عزم ثنائى القطب المغناطيسى	يقدر بعزم الازدواج المغناطيسي المؤثر على ملف مستواه موازيًا لفيض كثافته 1 تسلا، وهو كمية متجهة واتجاهها عمودى على مستوى الملف وهو اتجاه التيار.

$\therefore \tau = B\,|\overrightarrow{m_d}|$ $\quad\therefore\quad \boxed{|\overrightarrow{m_d}| = \frac{\tau}{B}}$

* وحدة قياس عزم ثنائى القطب المغناطيسى نيوتن.متر/تسلا (N.m/T)

(١) عدد لفات الملف (N) : «علاقة طردية»
ميل = $\frac{\tau}{N}$ = BIA sin θ

(٢) مساحة وجه الملف (A) : «علاقة طردية»
ميل = $\frac{\tau}{A}$ = BIN sin θ

(٣) كثافة الفيض المغناطيسى (B) : «علاقة طردية»
ميل = $\frac{\tau}{B}$ = IAN sin θ

$\tau = BIAN \sin\theta$

(٤) جيب الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض (sin θ) : «علاقة طردية»
ميل = $\frac{\tau}{\sin\theta}$ = BIAN

(٥) شدة التيار (I) : «علاقة طردية»
ميل = $\frac{\tau}{I}$ = BAN sin θ

* ما معنى قولنا أن : عزم ثنائى القطب المغناطيسى = 0.7 N.m/T
معنى ذلك أن عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى ومستوى الملف موازيًا لفيض كثافته 0.7 N.m = 1 T

* تذكر القواعد الآتية :

* عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار فى مجال مغناطيسى

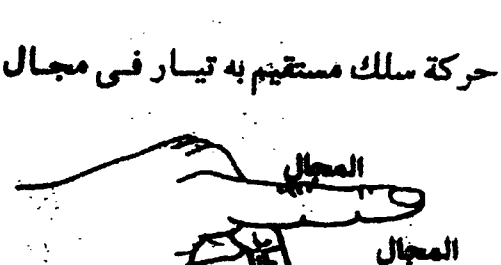
$\tau = B.I.A.N \sin\theta$ (N.m)

حيث θ الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض .

وتسمى القيمة IAN بعزم ثنائى القطب وهى كمية متجه $|\overrightarrow{md}|$
يقاس العزم بوحدة نيوتن.متر (فقط) . وهنا وحدة العزم نيوتن.متر لا تساوى جول لأنها ليست شغل لأن القوة عمودية على الزراع للعزم .

- قاعدة فلمنج لليد اليسرى : لتحديد اتجاه حركة سلك مستقيم به تيار فى مجال مغناطيسى (اتجاه القوة المحركة) .

عند وضع أصابع اليد اليسرى متعامدة بحيث تشير السبابة لاتجاه المجال والوسطى لاتجاه التيار فإن الحركة تكون فى اتجاه الإبهام .



تطبيقات أجهزة القياس الكهربية

أجهزة القياس :

هي اجهزة لقياس الكميات الفيزيائية الكهربية مثل : شدة التيار ، فرق الجهد ، المقاومة الكهربية.

تقسيم اجهزة القياس

اجهزة قياس تناظرية ⟷ **اجهزة قياس رقمية**

* يعتبر الجلفانومتر ذو الملف المتحرك من أجهزة القياس التناظرية ويوجد نوع آخر من أجهزة القياس يطلق عليها أجهزة القياس الرقمية، ويمكن المقارنة بينهما كالتالى :

أجهزة القياس التناظرية	أجهزة القياس الرقمية
* تعتمد فكرة عملها على عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار قابل للحركة فى مجال مغناطيسى. * تعتمد على وجود مؤشر يعطى القيمة المطلوبة. * مثل الجلفانومتر ذو الملف المتحرك والأميتر والفولتميتر.	* تعتمد فكرة عملها على الإلكترونيات الرقمية. * تعتمد على ظهور أعداد رقمية على الشاشة تحدد القيمة المطلوبة. * مثل أجهزة قياس التيار المستمر أو التيار المتردد.

تقسيم أجهزة القياس طبقا لنوع التيار

اجهزة تقيس تياراً مستمراً DC/Multimeter

اجهزة تقيس تياراً متردداً AC/ Multimeter

ملحوظة

توجد اجهزة قياس غير مباشرة لقياس الجهد أو القاومة وهي اكثر دقة في الحصول علي النتائج من اجهزة القياس التناظرية .

الجلفانومتر ذو الملف المتحرك (الجلفانومتر الحساس)

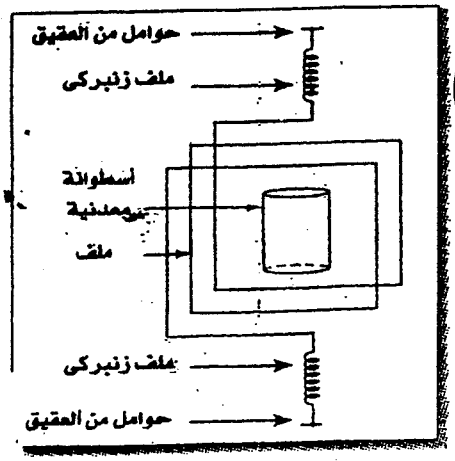
اذكر الغرض من الجلفانومتر ذي الملف المتحرك

الغرض منه :

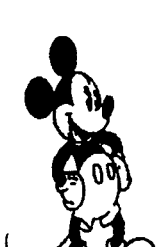
(أ) الاستدلال علي مرور تيارات مستمرة ضعيفة جداً

(ب) قياس شدة التيارات المستمرة الضعيفة جداً .

(ج) تعيين اتجاه التيار .



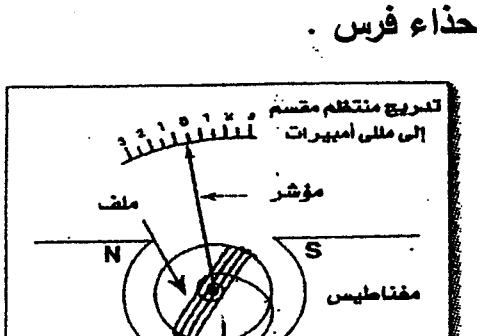
فكرة عمله :



نعتمد علي عزم الأزدواج المؤثر علي ملف يمر به تيار هذا الملف قابل للحركة في مجال مغناطيسي فينحرف الملف بزاوية معينة θ تتناسب طردياً مع شدة التيار .

تركيب الجلفانومتر ذي الملف المتحرك :

١ – ملف مستطيل من سلك رفيع معزول ملفوف حول اسطوانة ثابتة من الحديد المطاوع بين قطبى مغناطيس قوى على شكل الملف المتحرك حذاء فرس .



٢ – يرتكز الملف على حوامل من العقيق ، ويتحكم في حركته زوج من الملفات اللولبية (الزنبركية) حيث تعمل كوصلات للتيار بالنسبة للملف فيسهل دخول وخروج التيار .

٣ – مؤشر يتحرك مع الملف تبعًا لاتجاه التيار المراد قياسه .

٤ – تدريج منتظم صفر تدريجه فى المنتصف .

ملحوظة

* لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك لقياس التيار المتردد ويرجع ذلك إلى أن :
الفيض الناتج عن التيار المتردد يكون مترددًا فيتغير اتجاه عزم الازدواج كل نصف دورة ويمنع القصور الذاتى للملف الاستجابة لهذا التغير.

* شرح عمل الجلفانومتر ذي الملف المتحرك :

١ – قبل مرور التيار يكون الملف فى وضع الاتزان ويشير المؤشر إلى صفر التدريج .

٢ – عند مرور التيار فى ملف الجهاز يتولد عزم ازدواج مغناطيسى يعمل على دوران الملف فى اتجاه معين .

٣ – يقاوم الازدواج المتولد عن التواء الملفين الزنبركيين حركة دوران الملف .

٤ – يتزن الملف عندما يتساوى عزم ازدواج اللى مع عزم الازدواج المغناطيسى وتدل قراءة المؤشر على قيمة شدة التيار .

٥ – عند عكس اتجاه مرور التيار للملف يتحرك المؤشر فى عكس الاتجاه السابق .

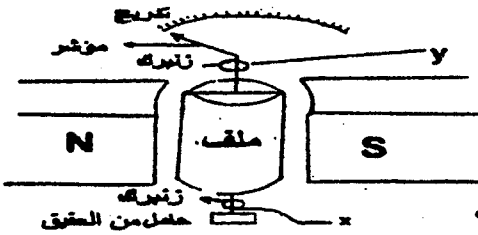
٦ – عند قطع التيار يعمل ازدواج اللى الناتج عن الزنبركيين على عودة الملف إلى وضعه الأصلى وبالتالى المؤشر إلى صفر التدريج .

• **حساسية الجلفانومتر** $\left(\frac{\theta}{I}\right)$: تقدر بزاوية انحراف مؤشره عن وضع الصفر عند مرور تيار فى الملف شدته الوحدة، وتقاس بوحدة درجة/ميكروأمبير (deg/μA).

• **شدة التيار (I)** = حساسية الجلفانومتر لكل قسم × عدد الأقسام.

دور ثان السودان 2007. صف مع الرسم تركيب الجلفانومتر ذى الملف المتحرك.

ج تركيبة:



(أ) ملف من سلك رفيع ملفوف حول قلب من الحديد على هيئة أسطوانة.

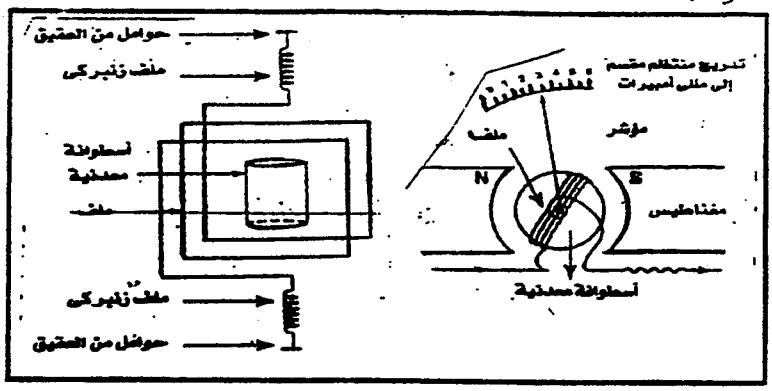
الملف يرتكز على حوامل من العقيق بحيث يقع بين قطبى مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس. كما هو مبين بالشكل يتحكم فى حركة الملف زوج من الزنبركات كما أن الملفات الزنبركية تعمل موصلات للتيار بالنسبة للملف.

(ب) مؤشر مركب على الملف يتحرك أمام تدريج.

(جـ) مغناطيس قوى مقعر بحيث تكون خطوط الفيض المغناطيسى بين قطبى المغناطيس فى الحيز الذى يتحرك فيه الملف على شكل أنصاف أقطار مما يجعل كثافة الفيض المغناطيسى ثابتة ويساعده فى ذلك وجود أسطوانة من الحديد المطاوع.

*** أتزان الجلفانومتر**

عندما يتساوى عزم الازدواج الناشىء عن القوى المغناطيسية المؤثرة على الملف مع عزم الازدواج الناشىء عن لىّ الملفات الزنبركية الذى يعمل فى إتجاه مضاد لحركة الملف فإن الملف يتزن ويستقر المؤشر على التدريج وتدل قراءة التدريج عند طرف المؤشر على قيمة شدة التيار المار فى ملف الجلفانومتر.



عزم (لىّ) = عزم المقاطيسي

$\tau = \tau$

$BINA = K \cdot \theta$

حساسية الجلفانومتر

$\frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K}$

اشرح ماذا يحدث عندما يمر التيار فى ملف الجلفانومتر ذى الملف المتحرك المستخدم لقياس شدة التيار فى الدائرة.

ج ١- عندما يمر التيار فى الملف فإن القوى المغناطيسية تولد عن ما يعمل على دوران الملف فى اتجاه عقارب الساعة (وفقًا لاتجاه التيار واتجاه المجال) ويتحرك المؤشر حتى يستقر أمام قراءة معينة تدل على قيمة شدة التيار وهذا هو موضع الاتزان بين عزم الازدواج الناشئ عن مرور التيار - وعزم الازدواج الناشئ عن لىّ الملفات الزنبركية التى تعمل فى عكس اتجاه عقارب الساعة.

٢- وعندما يمر التيار فى الملف فى اتجاه مضاد يتحرك الملف فى الاتجاه العكسى وذلك إذا كان صفر التدريج فى المنتصف.

٣- عند انقطاع التيار يعود الملف إلى حالته الأولى بفعل عزم الازدواج الناشئ عن لىّ الملفات الزنبركية.

ملاحظات

١- استخدام أقطاب مغناطيسية مقعرة ، حتى تكون خطوط الفيض المغناطيسى بينهما على هيئة أنصاف أقطار متماثلة .

(أ) كثافة الفيض المغناطيسى ثابتة فى أى مكان يتحرك فيه الملف .

(ب) يكون الحراف المؤشر متناسباً مع شدة التيار المار فى الملف .

(جـ) تعمل عزوم الأزدواج المحرك والناشئ عن مرور التيار فى أعلى وضع نهاية عظمى لأن مستوى الملف يكون دائماً موازياً لاتجاه خطوط الفيض .

٢- زوج الملفات الزنبركية تعمل (١) كوصلات لدخول وخروج التيار للملف ، (٢) تعمل كذلك على توليد ازدواج عكس اتجاه الازدواج الناشئ عن مرور التيار فى الملف فيستقر الملف عندما يتساوى عزمى الإزدواجين ، (٣) كما يعملان على عودة الملف إلى وضعه الأصلى بعد قطع التيار .

٣- ● تدريج الجلفانومتر ذى الملف المتحرك منتظم وصفر تدريجه فى المنتصف :

التدريج منتظم لأن زاوية الانحراف θ تتناسب طرديًا مع شدة التيار $\theta \propto I$

● وصفر تدريجه فى المنتصف لتحديد اتجاه مرور التيار فى الدائرة .

٤- حوامل من العقيق حتى لا يحدث تآكل وبالتالى يتحرك الملف حركة متزنة .

٥- مؤشر من الألومنيوم لأنه خفيف وبالتالى لا يؤثر وزنه على عزم الازدواج ولا يتمغنط .

٦- يلف الملف على إطار خفيف من الألومنيوم ليمنع تذبذب الملف أثناء حركته وبالتالى ينحرف المؤشر انحرافاً ثابتاً .

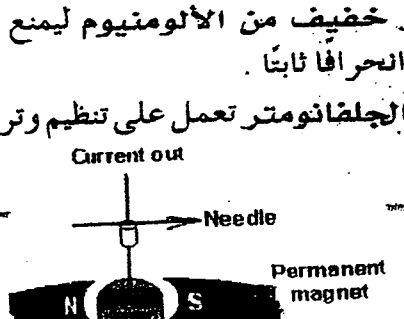
٧- أسطوانة الحديد فى الجلفانومتر تعمل على تنظيم وتركيز كثافة الفيض المغناطيسى بين القطبين .

؟ علل : لابد من تقعير أقطاب المغناطيس فى الجلفانومتر ذى الملف المتحرك .

؟ كيف يمكنك الحصول على خطوط فيض مغناطيسى على شكل أنصاف أقطار فى الجلفانومتر .

؟ علل : وجود زوج من الملفات الزنبركية فى الجلفانومتر ذى الملف المتحرك .

؟ تدريج الجلفانومتر منتظم وصفر تدريجه فى المنتصف .



* ما النتائج المترتبة على:
نزع اسطوانة الحديد المطاوع من الجلفانومتر.

جـ :عند الاتزان:
عزم ازدواج اللي = عزم الازدواج المحرك

$\tau_{لي} = \tau_{محرك}$

$B\,I\,A\,N = K\,\theta$

$I = \frac{K}{B\,A\,N}\cdot\theta$

$I = ثابت \times \theta$

$\frac{\theta}{I} = Const$

$\therefore$ الحساسية $= \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K}$

عند نزع الأسطوانة:
تقل كثافة الفيض المؤثر على الملف المستطيل وتقل الحساسية، ويزداد المدى، ولا يتأثر بالتيارات الضعيفة.

وجود الأسطوانة:
يسبب ثبوت كثافة الفيض، المؤثر على الملف المستطيل وبالتالي يكون لكل زاوية انحراف للمؤشر نفس كثافة الفيض ونفس المقدار الثابت ويكون التدريج منتظماً.

عند نزع الأسطوانة:
تتغير كثافة الفيض المؤثر على الملف المستطيل بتغير زاوية انحراف المؤشر ويكون لكل زاوية انحراف ثابت مختلف عن باقي الزوايا ويفقد انتظام التدريج.

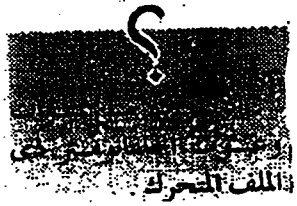
وجود الأسطوانة:
يؤدي إلى زيادة كثافة الفيض، المؤثر على الملف المستطيل و تزداد الحساسية ويقل المدى، ويتأثر الجلفانومتر بأضعف التيارات.

لان الحساسية $= \frac{\theta}{I} = \frac{BAN}{K}$

والحساسية تتناسب عكسيا مع المدى.

- ما معنى أن حساسية الجلفانومتر ذى الملف المتحرك $0.3\ deg/\mu A$
- معناه: أن زاوية الانحراف التى يصنعها الجلفانومتر 0.3 deg عندما يمر تيار شدته واحد ميكرو أمبير.
- مميزات الجلفانومتر ذى الملف المتحرك:

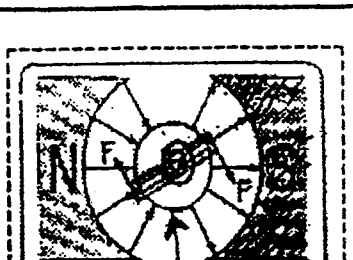
١ – لا يتأثر بالمغناطيسية الأرضية. ٢ – سهل التشغيل.
٣ – حساس للتيارات الضعيفة. ٤ – تدريجه منتظم.



- عيوب الجلفانومتر ذى الملف المتحرك:

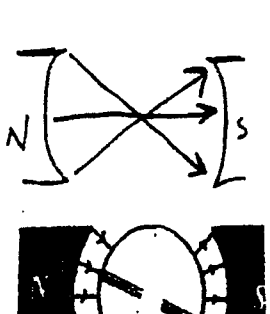
١ – تفقد الملفات الزنبركية مرونتها بكثرة الاستعمال.
٢ – لا يستخدم لقياس التيار المتردد.
٣ – قد يضعف المغناطيس بمرور الوقت.
٤ – لا يتحمل شدة التيارات الكبيرة لوجود علاقة طردية بين كمية الحرارة ومربع شدة التيار وبالتالى عند مرور تيار كبير فى الملف يتولد طاقة حرارية كبيرة قد تعمل على انصهار الملف.

علل لما يأتى :



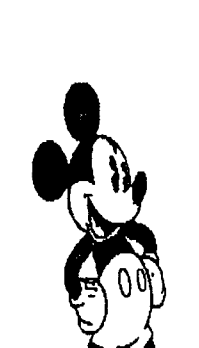
س (١) قطبا المغناطيس الدائم مقعران والملف حول اسطوانة من الحديد المطاوع.

ج تعمل الاسطوانة مع تقعر القطبين على جعل خطوط الفيض المغناطيسى بينهما على هيئة أنصاف أقطار ويصبح مستوى الملف فى أى وضع موازيا لخطوط الفيض المغناطيسى وعلى ذلك فإنه فى جميع الأوضاع التى يتخذها الملف تكون كثافة الفيض ثابتة ؛ وبالتالى يكون انحراف المؤشر متناسبا مع شدة التيار .



س (٢) يلف الملف على إطار خفيف من الألومنيوم .

ج التخميد حركة الملف ، أى منع تلبذب الملف جيئه وذهابا ؛ وبذلك ينحرف المؤشر ويستقر عند القراءة مباشرة لأن الألومنيوم لا يتمغنط فهو مادة غير مغناطيسية .



س (٣) تدريج الجلفانومتر منتظم (أقسامه متساوية).

ج لأن زاوية إنحراف المؤشر متناسبة مع شدة التيار المار فى الجلفانومتر . $\theta \propto I$

س (٤) يرتكز ملف الجلفانومتر على حوامل من العقيق .

ج لمنع الاحتكاك الذى يعوق حركة الملف.

س (٥) ما أهمية السلكين الزنبوركين أعلى وأسفل ملف الجلفانومتر.

ج ١ – يعملان عزم مضاد يسمى عزم اللى حتى يثبت الملف.

٢ – يدخل ويخرج منها التيار.

٣ – تعيد الملف إلى وضع الصفر بعد قطع التيار.

* حساسية الجلفانومتر ($\frac{\theta}{I}$) : تقدر بزاوية انحراف الملف عند مرور تيار فيه شدته الوحدة وتقاس بوحدة درجة / ميكرو أمبير (deg / μ A)

* الأميتر : جلفانومتر حساس وصل معه على التوازى مقاومة صغيرة تسمى بمجزئ التيار (R_s)

* يستخدم فى قياس شدة التيار $I = \frac{I_g (R_g + R_s)}{R_s}$ ، $R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$

* مجزئ التيار (R_s) : مقاومة صغيرة توصل على التوازى مع ملف الجلفانومتر لتحويله إلى أميتر ولحماية الملف وإمكانية قياس شدة التيار العالية.

* تقل حساسية الأميتر كلما قلت مقاومة مجزئ التيار (R_s) ويقيس تيارات أعلى.

* حساسية الأميتر تتعين من العلاقة :

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_g + R_s}$$

مثال (1) جلفانومتر ذو ملف متحرك تدريجه مقسم إلى خمسة أقسام وحساسيته $50\mu A$ لكل قسم واحد .
احسب شدة التيار اللازم لكى ينحرف مؤشره إلى نصف التدريج .

الحل :

عدد الأقسام التى ينحرف إليها المؤشر $= \frac{5}{2}$

∵ شدة التيار = حساسية الجلفانومتر للقسم الواحد × عدد الأقسام .

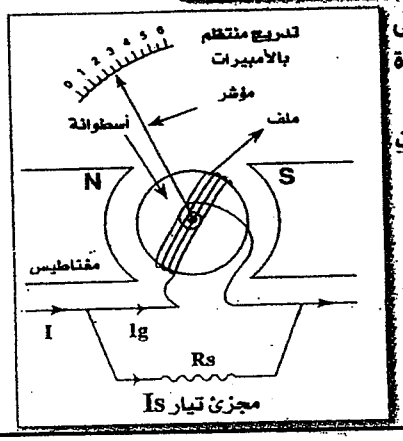
$\therefore I = 50 \times 10^{-6} \times 2.5 = 1.25 \times 10^{-4} A$

تعديلات الجلفانومتر ذى الملف المتحرك

يمكن تعديل الجلفانومتر ذى الملف المتحرك إلى أميتر أو فولتميتر أو أوميتر .

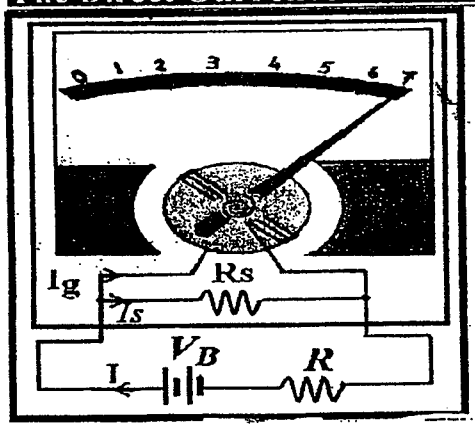
2. The Direct Current Ammeter

يتم تحويل الجلفانومتر ذى الملف المتحرك إلى أميتر لكى يتيح لنا قياس شدة التيارات المستمرة الكبيرة .



- **الغرض من الأميتر :** قياس شدة التيارات المستمرة الكبيرة مباشرة .
- **نظرية العمل :**
نفس نظرية عمل الجلفانومتر ذى الملف المتحرك .

س : فى الأشكال المرسومة الاتجاه
(أ) اذكر الغرض منه
(ب) اذكر نظرية عمله .



- **طريقة توصيل الأميتر فى الدائرة :** يتم توصيل الأميتر فى الدوائر الكهربية على التوالى حتى يكون شدة التيار المار فيه هو نفس شدة التيار المار فى الدائرة لأن التيار على التوالى لا يتجزأ .

س : علل : توصل الأميتر فى الدائرة على التوالى .

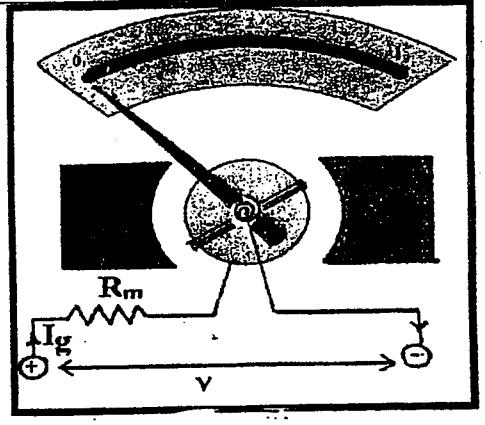
- **تركيب الأميتر :**

(أ) نفس تركيب الجلفانومتر ذى الملف المتحرك ولكن يوصل مقاومة صغيرة على التوازى مع مقاومة ملف الجلفانومتر تسمى (مجزئ التيار) .

س : وضح بالرسم تركيب الأميتر ذى الملف المتحرك .

(ب) يضبط موضع الاتزان بحيث يبدأ تدريجه من أقصى اليسار ويكون مدرجًا بالأمبير .

3. The Direct Current Voltmeter



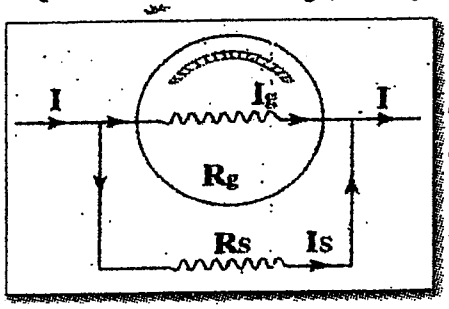
مجزئ التيار Rs

هو مقاومة صغيرة تتصل على التوازى مع ملف الجلفانومتر لجعل مقاومة الجهاز صغيرة جدًا ، وزيادة مدى الجهاز وحماية ملف الجهاز من الاحتراق

س عرف مجزئ التيار وما هى وظيفته .

س علل : صغر مقاومة الأميتر .

* صغر مقاومة الأميتر : لأن الأميتر يوصل فى الدائرة على التوالى وبالتالى ستضاف مقاومته إلى مقاومة الدائرة لذلك لابد من صغر مقاومته حتى لا تزداد مقاومة الدائرة فتقل شدة التيار الأصلى المراد قياسه ، وحتى لا ينصهر الملف عند مرور التيارات الكبيرة .



١ – لفرض جلفانومترًا مقاومة ملفه (Rg) يتحمل تيارًا أقصاه (Ig) يراد تحويله إلى أميتر ليقيس تيارًا شدته (I) .

٢ – نصل ملف الجلفانومتر على التوازى بمجزئ تيار مقاومته (Rs) ويمر به تيار شدته (Is)

$\therefore I = Ig + Is$

٣ – بما أن المجزئ وملف الأميتر متصلان على التوازى .

∴ فرق الجهد بين طرفى الملف

= فرق الجهد بين طرفى المجزئ .

$Is\,Rs = Ig\,Rg \quad \therefore Rs = \frac{Ig\,Rg}{Is}$

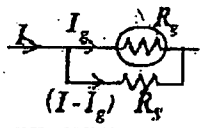
س وضح كيف يمكن تغيير الحد الأقصى لشدة التيار الذى يقيسه الأميتر مع إثبات العلاقة التى تذكرها .

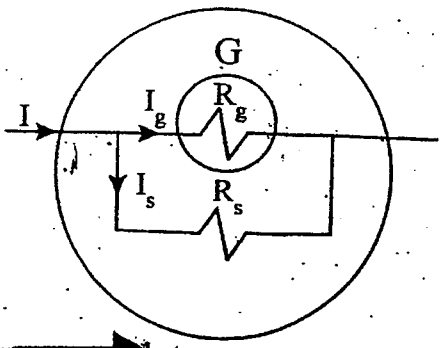
but $Is = I - Ig$

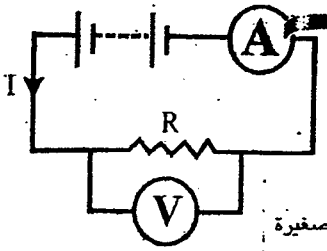
$\therefore Rs = \frac{Ig\,Rg}{I - Ig}$

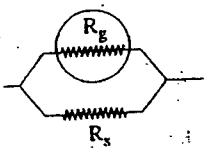
$V_s = V_g$

$(I - I_g)R_s = I_g R_g$









* فكرة العمل :

توصل على التوازى مع ملف الجلفانومتر (R_g) مقاومة صغيرة جدًا تسمى مجزئ التيار (R_s) وذلك لزيادة مدى الجلفانومتر حيث أن مجزئ التيار يجعل مقاومة الأميتر ككل صغيرة جدًا فلا تسبب ضعف التيار المراد قياسه.

* ما معنى قولنا أن : مجزئ التيار للأميتر = 0.5 Ω

معنى ذلك أن قيمة المقاومة التى توصل بالجلفانومتر على التوازى لزيادة مدى شدة التيار المقاس بالأميتر = 0.5 Ω

حساسية الأميتر

عرف حساسية الأميتر .

هي النسبة بين أقصى تيار يقيسه الجلفانومتر إذا وصل المجزئ إلى طرفيه التيار الكلي الذي يسمح بمرور أقصى تيار بالجزئ

حساسية الأميتر = $\frac{I_g}{I}$ or $\frac{R_s}{R_s + R_g}$

ملاحظات

١ – توصيل مجزئ التيار مع ملف الجلفانومتر يقلل من حساسيته ($\frac{I_g}{I}$) .

٢ – زيادة قيمة مجزئ التيار في الأميتر تزيد من حساسية الأميتر .

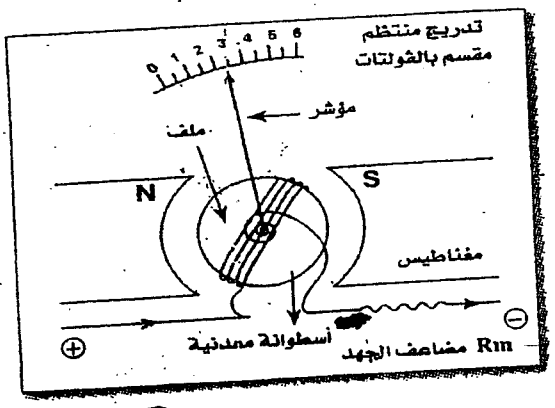
*** ما معني قولنا أن :** حساسية الأميتر = $\frac{1}{10}$

معني ذلك أن النسبة بين أقصي تيار يقيسه الجلفانومتر إلي اقصي تيار يقيسه بعد تحوبله لأميتر = 0.1

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_s + R_g}$$

٢- فولتميتر التيار الموحد الأتجاه (التيار المستمر)

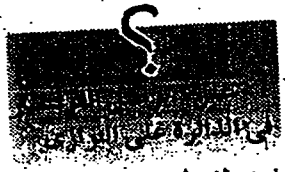
* الغرض منه : قياس فرق الجهد بين أى نقطتين فى دائرة كهربية أو قياس القوة الدافعة الكهربية لمصدر مباشرة .



* نظرية العمل : نفس نظرية عمل الجلفانومتر – ذى الملف المتحرك .

الفولتميتر مع بيان نظرية عمله وتركيبه بالرسم .

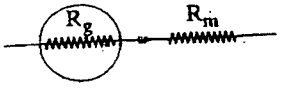
* طريقة توصيل الفولتميتر فى الدائرة : يتم توصيل الفولتميتر فى الدائرة بين طرفى الموصل على التوازى معناه توصيل الطرف الموجب للجهاز مع الجهد الموجب والطرف السالب مع السالب بالدائرة حتى يكون فرق الجهد بين طرفى ملف الفولتميتر هو نفسه فرق الجهد المراد قياسه ، لأن توصيل التوازى يتميز بتساوى فرق الجهد .


كيفية توصيل الفولتميتر فى الدائرة على التوازى

* التوصيل فى الدائرة الكهربية :

يوصل الفولتميتر على التوازى فى الدائرة الكهربية بحيث يتصل الطرف الموجب للجهاز بالجهد الموجب والطرف السالب بالجهد السالب.

* فكرة العمل :



يوصل ملف الجلفانومتر على التوالى بمقاومة كبيرة تسمى مضاعف الجهد (R_m) فتزداد مقاومة الجلفانومتر ككل.

وعند توصيله على التوازى فى الدائرة لا يسحب تيارًا كبيرًا من الدائرة وبالتالى لا يحدث تغيرًا ملحوظًا فى فرق الجهد المطلوب قياسه.

• **تركيب الڤولتميتر :**

(أ) نفس تركيب الجلفانومتر ذى الملف المتحرك ولكن توصل مقاومة كبيرة على التوالى مع مقاومة ملف الجلفانومتر تسمى مضاعف الجهد **(Rm)** كما فى الشكل .

(ب) يضبط موضع الاتزان بحيث يبدأ تدريجه من أقصى اليسار ويكون مدرجًا بالڤولتات .

مضاعف الجهد (Rm)

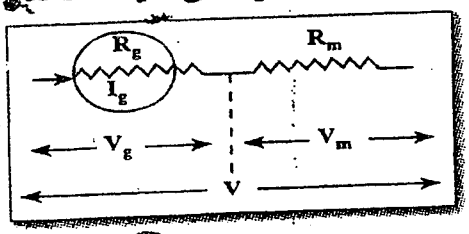
مقاومة كبيرة تتصل على التوالى مع ملف الجلفانومتر ذى مقاومة الملف كبيرة جدًا لتجزئة أى فرق جهد كبير إلى أجزاء صغيرة أو توصل على التوالى مع الڤولتميتر لتجزئة فرق الجهد المراد قياسه لتدريجه .

؟ عرف مضاعف الجهد ، وما هى وظيفته ؟

؟ علل : كبر مقاومة الڤولتميتر

• **كبر مقاومة الڤولتميتر :**

حتى لا يسحب الڤولتميتر سوى تيار ضئيل جدًا من الدائرة الأصلية وبالتالى لا يحدث تغير كبير فى فرق الجهد المطلوب قياسه .



استنتاج قانون مضاعف الجهد (Rm)

١ – نفرض ڤولتميترًا مقاومة ملفه **(Rg)**

٢ – نصل ملف الڤولتميتر على التوالى بمضاعف الجهد مقاومته **(Rm)** فيكون شدة التيار فيهما متساوية وتساوى **Ig** كما فى الشكل .

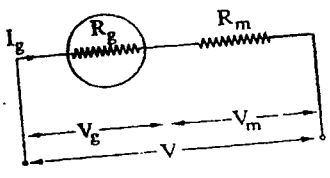
بما أن فرق الجهد على التوالى يتجزأ ، فإن :

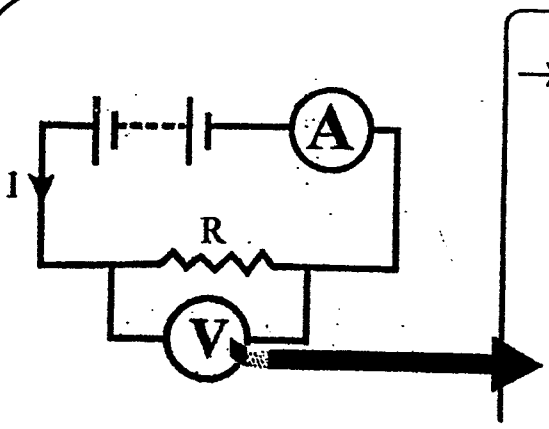
$$V = Vg + Vm \quad \ldots\ldots (1)$$

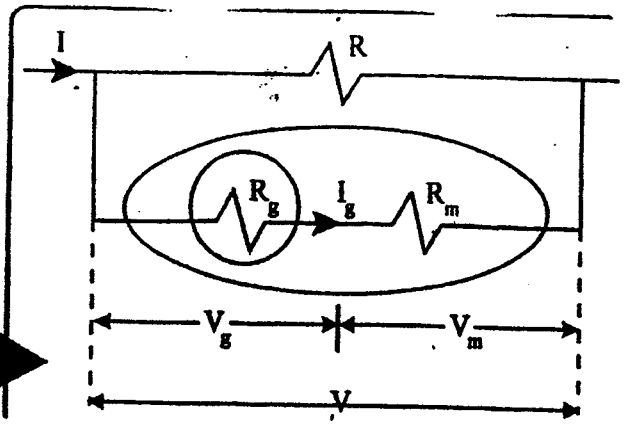
$$\because Vg = Ig\,Rg \quad \text{،} \quad \therefore Vm = Ig\,Rm$$

؟ عرف مضاعف الجهد ثم استنتج كيف يمكن تحويل الجلفانومتر ذى الملف المتحرك إلى ڤولتميتر مع استنتاج العلاقة الرياضية المستخدمة .

فى حالة التعويض عن Vm فى المعادلة (1)	فى حالة التعويض عن Vg ، Vm فى المعادلة (1)
$V = Vg + Ig\,Rm$ $V = Vg + Ig\,Rm$ $\therefore Rm = \frac{V - Vg}{Ig}$	$V = Ig\,Rg + Ig\,Rm$ $\therefore V = Ig\,(Rg + Rm)$

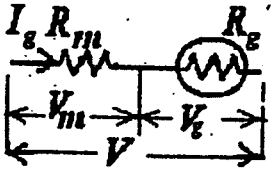


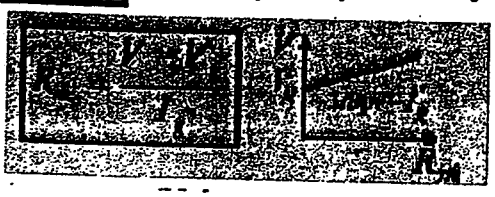




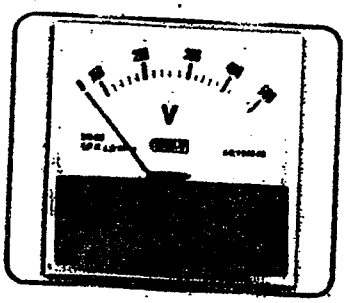
$$V = V_m + V_g$$

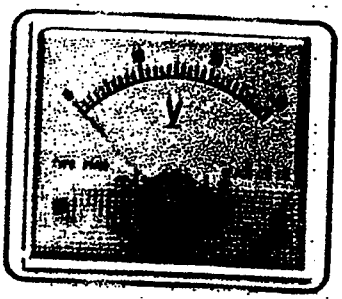
$$V = I_g R_m + V_g$$





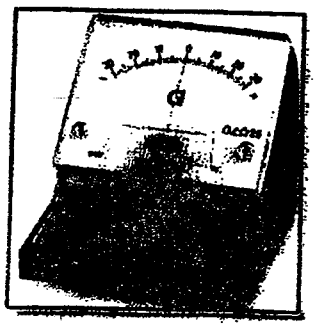
Direct Current (DC) Voltmeter





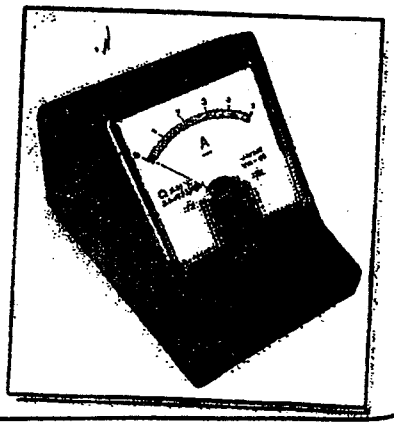
Applications: Measuring Instruments

The sensitive moving coil galvanometer



$$\frac{V_g}{V} = \frac{R_g}{R_g + R_m}$$

Direct Current (DC) Ammeter



٢- الأوميتر :

* **الغرض منه :** قياس المقاومة الكهربية بطريقة مباشرة .

الأوميتر :

جهاز يستخدم لقياس مقاومة مجهولة وهو عبارة عن جلفانومتر حساس وصل معه علي التوالي مقاومة عيارية ثابته ومقاومة متغيرة وعمود كهربي .

نظرية العمل

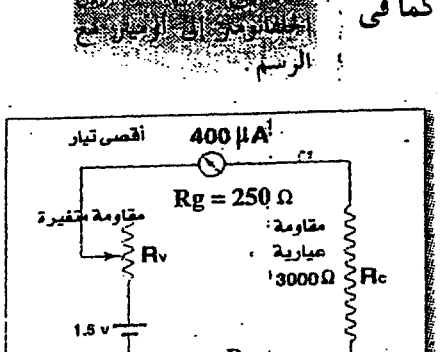
نفس نظرية عمل الجلفانومتر ذي الملف المتحرك

وفكرة عمله تعتمد علي اساس أن المقاومة تتناسب عكسياً مع شدة التيار .

* **تركيب الأوميتر :**

عبارة عن جلفانومتر ذى الملف المتحرك أو ميكرو أميتر أو مللى أميتر ولكن يضاف ما يلى على التوالى مع ملف الجهاز كما فى الشكل .

الرسم



دائرة معايرة الأوميتر

* **الاستخدام :**

قياس قيمة مقاومة مجهولة.

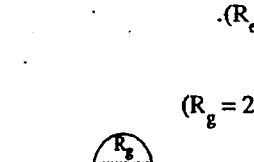
* **التوصيل فى الدائرة الكهربية :**

يوصل طرفى الجهاز بطرفى المقاومة المراد قياس قيمتها (R_{ex}).

* **التركيب :**

(١) ميكروأميتر يقرأ 400 μA كحد أقصى ومقاومته ($R_g = 250\ \Omega$)

(٢) مقاومة ثابتة ($R_c = 3000\ \Omega$) توصل على التوالى مع الميكروأميتر للتحكم فى شدة التيار المار فى الجهاز بحيث تكون أقصى ما يتحمله الملف فينحرف المؤشر إلى نهاية التدريج وذلك قبل إدماج أى مقاومة خارجية.



(٣) مقاومة متغيرة مداها ($R_v = 6565\ \Omega$) توصل على التوالى مع الميكروأميتر.

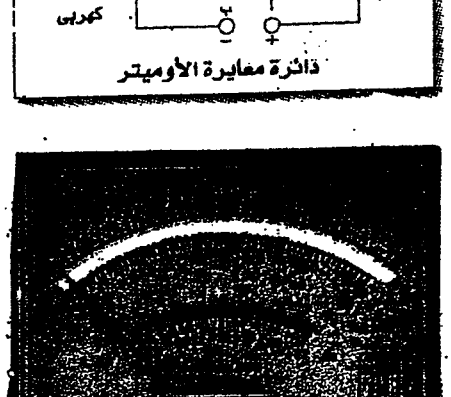
(٤) عمود جاف قوته الدافعة الكهربية ($V_B = 1.5\ V$) بحيث تكون ثابتة حتى لا تتغير شدة التيار أثناء ضبط مؤشر الأوميتر أو أثناء استخدامه، مع إهمال مقاومة العمود الداخلية (r).

* وبالتالى تتعين أقصى شدة تيار يمر فى الملف قبل توصيل مقاومة خارجية من العلاقة :

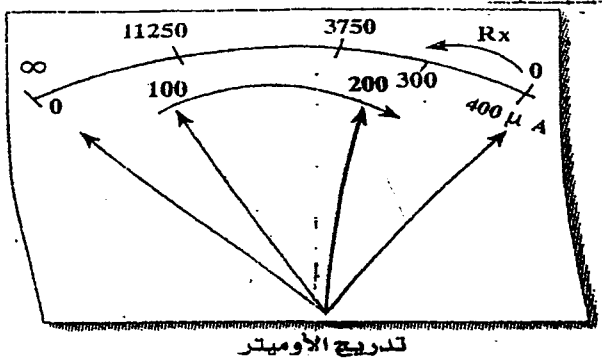
$$I_g = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + r} = \frac{V_B}{R}$$

أما بعد توصيل مقاومة خارجية (R_{ex}) فإن :

$$I = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + r + R_{ex}} = \frac{V_B}{R + R_{ex}}$$



* طريقة معايرة الأوميتر (كيفية تدريجه) :

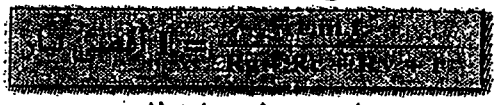


تدريج الأوميتر

١ – نصل طرفى الجهاز (أ ، ب) مباشرة دون وضع أى مقاومة خارجية وبالتالى يمر تيار كهربى بالجهاز .

٢ – نعدل المقاومة المتغيرة حتى ينحرف المؤشر إلى نهاية التدريج أى يمر أقصى تيار .

٣ – نهاية التدريج هذه تساوى صفر أوم ، نسجلها أمام المؤشر ، ويكون :

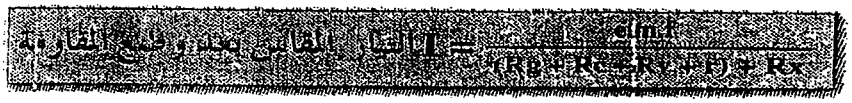


حيث r المقاومة الداخلية للعمود :

$$\text{أقصى شدة تيار} = \frac{\text{القوة الدافعة الكهربية للعمود}}{\text{مقاومة الجهاز + المقاومة العيارية + المقاومة المتغيرة + المقاومة الداخلية للعمود}}$$

٤ – نصل مقاومة معلومة القيمة (Rx) بين المسمارين (أ ، ب) فتقل شدة التيار نتيجة زيادة المقاومة الكلية فى الدائرة .

٥ – نكتب قيمة المقاومة (Rx) أمام موضع المؤشر على التدريج .

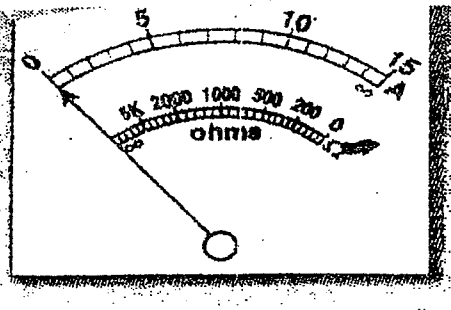


٦ – نكرر العمل السابق بتغيير قيمة المقاومة الخارجية Rx عدة مرات وفى كل مرة نكتب قيمتها أمام موضع ثبوت المؤشر على التدريج .

٧ – عندما تكون المقاومة Rx قيمتها تساوى ما لا نهاية تصبح شدة التيار المارة فى دائرة الأوميتر تساوى صفرًا .

١ – تدريج الأوميتر عكسى : تدريج الأوميتر عكسى لأن شدة التيار الكلى فى الدائرة تتناسب عكسيًا مع المقاومة الكلية لهذه الدائرة حيث تقل شدة التيار بزيادة المقاومة .

٢ – تدريج الأوميتر غير منتظم : لأن شدة التيار المارة فى دائرة الجهاز تتناسب عكسيًا مع المقاومة الكلية لدائرة الأوميتر ، وليس مع المقاومة المطلوب إيجادها (فقط) .



• تدريج الأوميتر عكسى
• تدريج الأوميتر غير منتظم

٣ – عند إدخال مقاومة تساوى مقاومة الجهاز تجعل المؤشر ينحرف إلى النصف ، وعند إدخال مقاومة تساوى ضعف مقاومة الجهاز تجعل المؤشر ينحرف إلى الثلث ، وعند إدخال مقاومة تساوى ثلاثة أمثال مقاومة الجهاز تجعل المؤشر ينحرف إلى الربع ، وهكذا . بذلك يمكن حساب قيمة المقاومة R التى تقابل القيم المختلفة لشدة التيار (I) على التدريج .

٤ – أى تكرير يساوى 10^{-6} من الوحدة الأصلية المقابلة.

٥ – يجب أن تكون القوة الدافعة الكهربية للمصدر المتصل بالأوميتر ثابتة ،

(أى حتى تناسب شدة التيار المارة والتى كانت تؤثر بها المؤشر ، ومقدار ما يعنيه من مقدار ما) تماشياً عكسياً مع المقاومة الكلية للدائرة الأوميتر

$$I = \frac{E}{R_{\text{الكلية فى الدائرة}}}$$

وإذا كانت E ثابتة فإن I

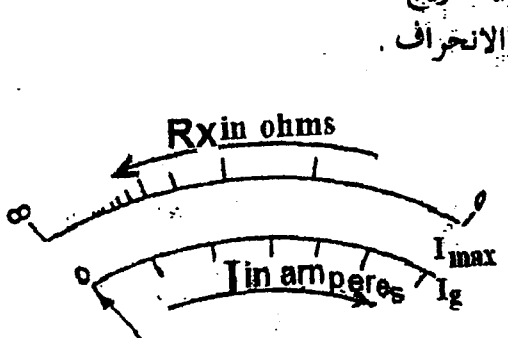
(ج) تغير قيمة I يؤدى إلى تغير قيمة المقاومة المكافئة R_c أو ما يوجد من المقاومة المتغيرة R_V الواجب أحدهما حتى يصل المؤشر إلى نهاية التدريج قبل توصيل أى مقاومة خارجية ، ولذا يتغير تدريج الأوميتر عما كان عليه فى بداية المعايرة.

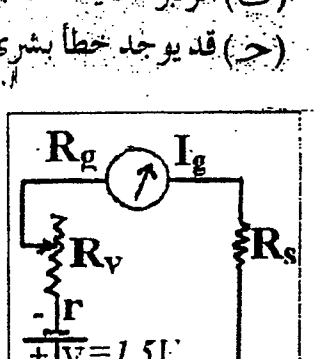
٦ – أجهزة القياس المباشرة السابقة (أميتر – فولتميتر – أوميتر) غير دقيقة ، لأن :

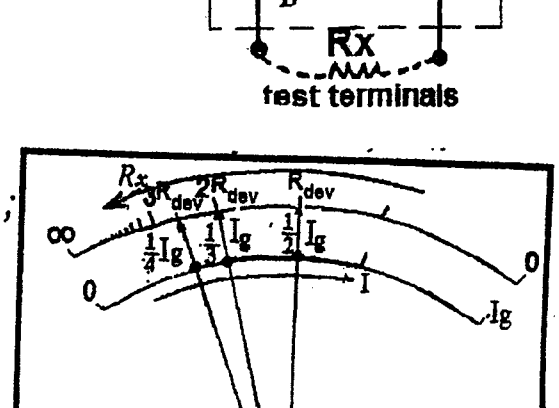
(أ) قطبى المغناطيس تقل شدتهما بالتدريج فتتغير قيمة كثافة الفيض B المؤثر على الملف

(ب) الزنبركان يفقدان جزءاً من مرونتهما بالتدريج .

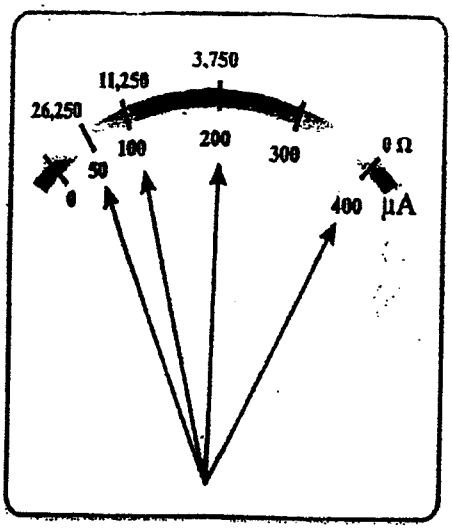
(جـ) قد يوجد خطأ بشرى فى قياس مقدار الانحراف .

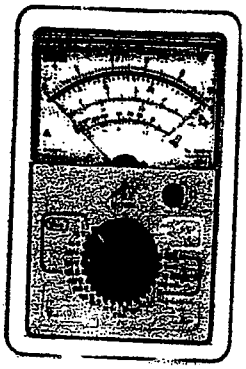






Unknown Resistance (Rx)	$R_{device} = R_x$	Current (I)
0 Ω	3,750 Ω	400 μA (I_{max})
3,750 Ω	7,500 Ω	200 μA ($\frac{1}{2} I_{max}$)
11,250 Ω	15,000 Ω	100 μA ($\frac{1}{4} I_{max}$)
26,250 Ω	30,000 Ω	50 μA ($\frac{1}{8} I_{max}$)





ملاحظات

* التدريج المستخدم لقياس المقاومات عكس اتجاه تدريج التيار ويرجع ذلك إلى أن المقاومة تتناسب عكسيًا مع شدة التيار $\left(R \propto \frac{1}{I}\right)$
* أقسام تدريج الأوميتر ليست متساوية حيث تتباعد من الجهة اليمنى من التدريج وتتقارب فى الجهة اليسرى من التدريج.

* مما سبق يمكن المقارنة بين الأميتر والفولتميتر والأوميتر كالتالى :

	الأميتر	الفولتميتر	الأوميتر
الوظيفة	قياس شدة التيار الكهربى	قياس فرق الجهد بين نقطتين	قياس قيمة مقاومة مجهولة
المقاومة التى تتصل بملف الجلفانومتر	يوصل ملفه على التوازى بمقاومة صغيرة (مجزئ التيار R_s)	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة كبيرة (مضاعف الجهد R_m)	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة عيارية قيمتها محسوبة (R_c) ومقاومة متغيرة (R_v) وعمود كهربى مقاومته الداخلية (r)
القانون المستخدم	$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$	$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$	$I = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + r + R_{ex}}$
طريقة التوصيل فى الدوائر	يوصل على التوالى فى الدائرة المراد قياس شدة التيار الكهربى المار فيها	يوصل على التوازى بين طرفى الموصل المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه	يوصل طرفى الجهاز بطرفى المقاومة المراد قياس قيمتها (R_{ex})
التدريج	منتظم لأن $(\theta \propto I)$	منتظم لأن $(\theta \propto V)$	غير منتظم

٣- استنتاج مقاومة مجزئ التيار R_s للأميتر

R_g ، R_s متصلتان على التوازى

$$\therefore V_g = V_s$$

$$I_g R_g = I_s R_s$$

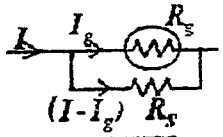
$$\therefore I_s = I - I_g$$

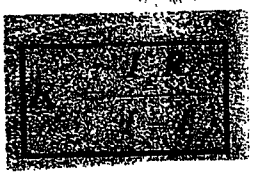
$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I_s}$$

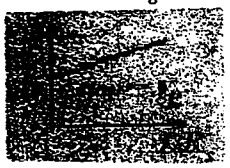
$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

$V_s = V_g$

$(I - I_g) R_s = I_g R_g$







٤- استنتاج مقاومة مضاعف الجهد R_m للفولتميتر

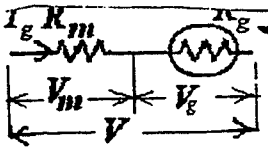
R_g ، R_m متصلتان على التوالى.

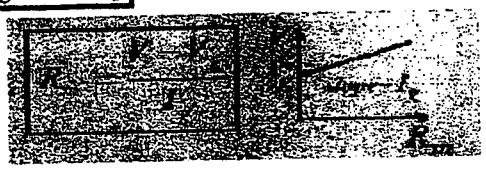
$$V = V_g + V_m = I_g R_g + I_g R_m$$

$$\therefore R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g}$$

$V = V_m + V_g$

$V = I_g R_m + V_g$





٥- استنتاج علاقة الأوميتر

عند توصيل الطرفين أ ، ب مباشرة

واستخدام الريوستات حتى يمر أقصى تيار

ويصبح المؤشر عند أقصى التدريج للتيار يكون

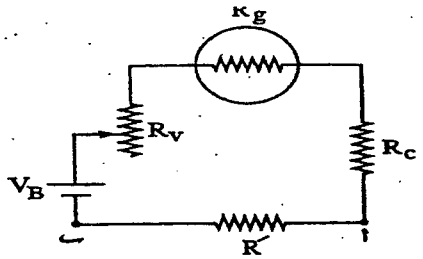
$$I_{max} = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v}$$

بعد توصيل المقاومة المجهولة R' بين الطرفين

تزداد المقاومة الكلية وتقل شدة التيار ليصبح :

$$I = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + R'}$$

ومن قراءة المؤشر نعين R' مباشرة.



٥- العلاقة البيانية بين كثافة الفيض المغناطيسي الناتج من تيار سلك مستقيم (B) ، وشدة التيار (I)

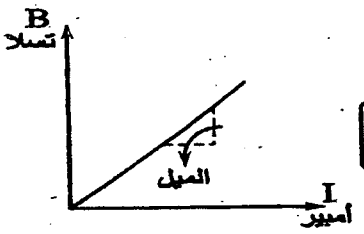
من العلاقة $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$

الميل $= \frac{B}{I} = \frac{\mu}{2\pi d}$

$\mu_{الهواء} = 4\pi \times 10^{-7}$

ويمكن حساب $d = \frac{2 \times 10^{-7}}{\text{الميل}}$

$$\text{الميل} = \frac{B}{I} = \frac{\mu}{2\pi d}$$



- **الڤولتميتر** : جلڤانومتر حساس وصل معه علي التوالى مقاومة كبيرة تسمى بمضاعف الجهد R_m

* يستخدم فى قياس فرق الجهد $V = I_g (R_g + R_m)$ ، $R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g}$

- **مضاعف الجهد (R_m)** : مقاومة كبيرة توصل على التوالى مع ملف الجلڤانومتر لتحويله إلى ڤولتميتر وامكانية قياس فروق جهد أعلى.

* وتقل حساسية الڤولتميتر كلما زادت مقاومة مضاعف الجهد (R_m) ويقيس فرق جهد أعلى، وحساسية الڤولتميتر تتعين من العلاقة : $\frac{V_g}{V} = \frac{R_g}{R_g + R_m}$

- **الأوميتر** : جلڤانومتر أو ميكرو اميتر مقاومته R_g وصل معه على التوالى مقاومة عيارية ثابتة R_c ومقاومة متغيرة R_v وعمود كهربى V_B

* يستخدم فى قياس مقاومة مجهولة بطريقة مباشرة.

* فى حالة عدم توصيل مقاومة مجهولة تكون شدة التيار أقصى تيار (I_g) $I_g = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v}$

* وفى حالة توصيل مقاومة مجهولة R تصبح شدة التيار $I = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + R}$

* أكبر انحراف يقابل أقل قيمة للمقاومة فكلما زادت المقاومة قل انحراف المؤشر.

* اقسام تدريج الاوميتر غير متساوية حيث تتباعد فى الجهة اليمنى وتتقارب فى الجهة اليسرى من التدريج.

- **أجهزة القياس :**

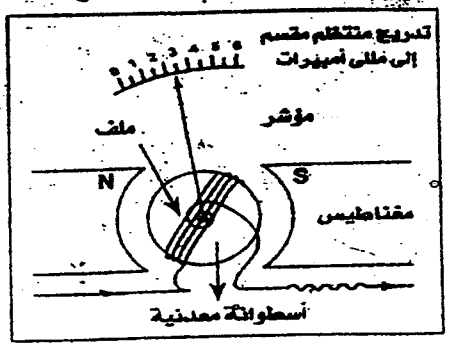
* **أجهزة القياس التناظرية (Analog)** : هى تلك الأجهزة التى تعتمد على قراءة المؤشر.

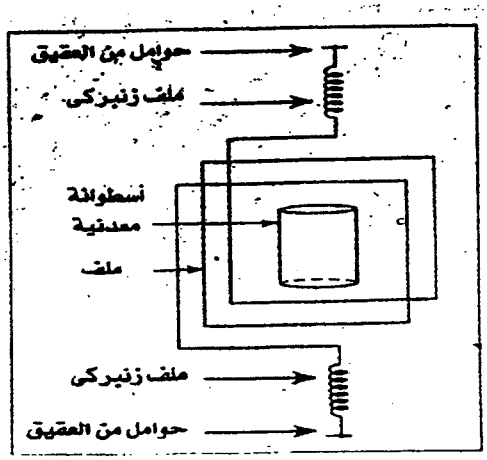
* **أجهزة القياس الرقمية (Digital)** : هى تلك الأجهزة التى تعتمد على قراءة أعداد رقمية من خلال شاشة ويوجد منها نوعان :

- أجهزة تقيس التيار والجهد المستمر (فى اتجاه واحد) DC/Multimeter.
- أجهزة تقيس التيار والجهد المتردد (فى اتجاهين) AC/Multimeter.

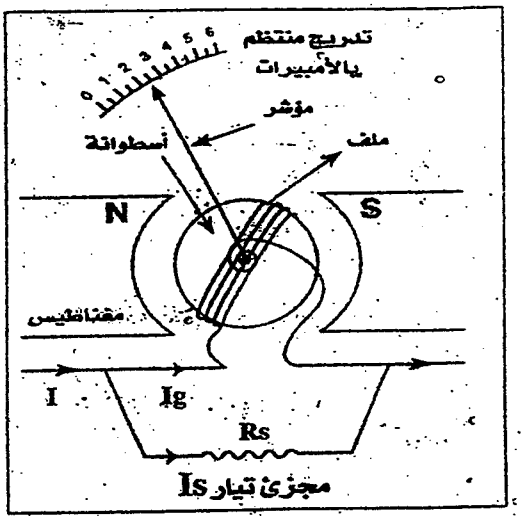
* أهم الرسومات والأجهزة بالفصل العاشر *

١ - **الجلڤانومتر ذو الملف المتحرك :**

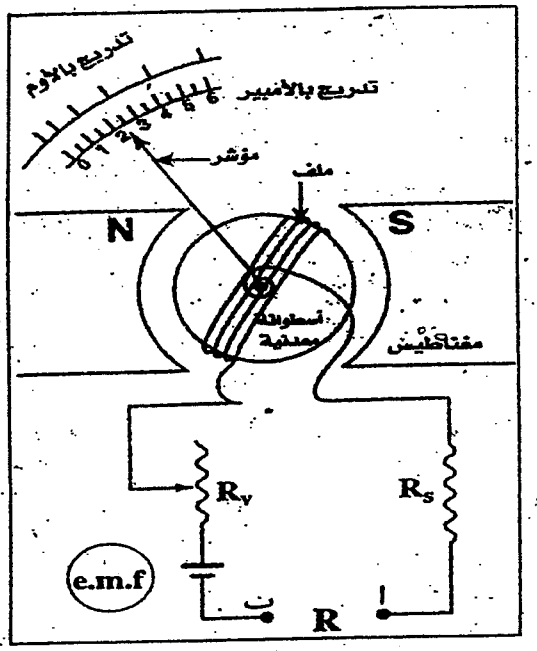




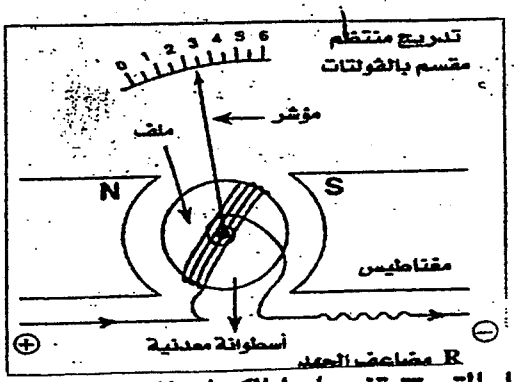
٢ - الأميتر :



٤ - الأوميتر :



٣ - الفولتميتر :



- **العوامل التى تتوقف عليها الكميات الفيزيائية السابقة (τ , F , B) :**

الكمية الفيزيائية	العوامل التي تتوقف عليها
(١) كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن تيار كهربى يمر فى سلك مستقيم. $B = \mu \frac{I}{2\pi d}$	(أ) شدة التيار (I) (ب) بعد النقطة عن السلك (d) (جـ) معامل النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)
(٢) كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى $B = \mu \frac{NI}{2r}$	(أ) عدد اللفات (N) (ب) شدة التيار (I) (جـ) نصف قطر الملف (r) (د) معامل النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)
(٣) كثافة الفيض المغناطيسى عند أى نقطة على المحور داخل الملف اللولبى (الحلزونى) $B = \mu \frac{IN}{\ell}$	(أ) عدد اللفات (N) (ب) شدة التيار (I) (جـ) طول الملف (ℓ) (د) معامل النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)
(٤) القوة المؤثرة على سلك يحمل تياراً كهربياً وموضوع فى مجال مغناطيسى. $F = B I \ell \sin\theta$	(أ) طول السلك (ℓ) (ب) شدة التيار (I) (جـ) كثافة الفيض المغناطيسى (B) (د) الزاوية بين السلك واتجاه الفيض.

ملخص الجزء النظري
الأسئلة الهامة المتوقعة

(١) ينصح ببناء المساكن بعيداً عن أبراج الضغط الكهربي العالي.

الإجابة : لتقليل تأثير المجال المغناطيسي الضار على الصحة والبيئة ($B \alpha \frac{1}{d}$)

(٢) تزداد كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة على محور ملف لولبي يمر به تيار كهربي عند وضع ساق من الحديد المطاوع بداخله.

الإجابة: لأن معامل النفاذية المغناطيسية للحديد أكبر من معامل النفاذية للهواء فيعمل على تركيز الفيض المغناطيسي داخل الملف.

(٣) قد لايتولد مجال مغناطيسي عن تيار مستمر يمر في ملف حلزوني.

الإجابة: لأن الملف ملفوفاً لفاً مزدوجاً والفيض المغناطيسي الناتج عن مرور التيار في اتجاه معين يلغي الفيض المغناطيسي الناتج عن مرور نفس التيار في الاتجاه المضاد.

(٤) يتحرك سلك مستقيم يمر به تيار كهربي موضوع عمودياً على فيض مغناطيسي.

الإجابة: لاختلاف محصلة كثافة الفيض المغناطيسي الأصلي والفيض المغناطيسي الناتج عن التيار على جانبي السلك فيتحرك السلك من الموضع الأعلى في كثافة الفيض المغناطيسي إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض المغناطيسي.

(٥) عدم تحرك سلك مستقيم حر الحركة يمر به تيار كهربي بالرغم من وضعه في مجال مغناطيسي منتظم.

الإجابة: لأن السلك موضوع موازياً للفيض المغناطيسي.

(٦) إذا مر تيار كهربي في كل من ملف حلزوني وسلك مستقيم منطبق على محور الملف فإن السلك لن يتأثر بقوة مغناطيسية.

الإجابة: لأن السلك موضوع موازياً للمجال الناشئ عن مرور تيار كهربي في الملف الحلزوني وتكون θ = صفر وبالتالي F = صفر

(٧) تقع نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربي في نفس الاتجاه بين السلكين

الإجابة : لتولد مجالين مغناطيسيين متضادين عند أي نقطة بين السلكين لذا يلاشي كل منهما الآخر فتتكون نقطة التعادل بين السلكين.

(٨) تقع نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربي في اتجاهين متضادين خارج السلكين.

الإجابة: لتولد مجالين مغناطيسيين متضادين عند أي نقطة خارج السلكين ، لذا يلاشى كل منهما الآخر فتتكون نقطة التعادل بين السلكين.

(٩) تجاذب سلكين متوازيين إذا كان التيار المار بهما في نفس الاتجاه.

الإجابة: لأن محصلة كثافة الفيض المغناطيسي بين السلكين أقل منها خارجهما فتتولد قوة تحرك السلكين من الموضع الأعلى في كثافة الفيض إلى الموضع الأقل ويتجاذبا.

(١٠) تنافر سلكين متوازيين إذا كان التيار المار بهما في اتجاهين متضادين.

الإجابة : لأن محصلة كثافة الفيض المغناطيسي خارج السلكين أقل من بينهما فتتولد قوة تنافر.

(١١) لا ينحرف ملف مستطيل الشكل يحمل تياراً كهربياً موضوع عمودياً على فيض مغناطيسي.

الإجابة: لأن عندما يكون مستوى الملف عمودياً على الفيض تصبح القوتين المؤثرين على ضلعي الملف متساويان مقداراً ومتضادتان اتجاها وخط عملهما على استقامة واحدة فتنعدم محصلتهما ولا يتولد منهما ازدواج.

(١٢) يتناقص عزم الازدواج المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربي معلق بين قطبي مغناطيس أثناء دورانه ابتداء من الوضع الذي يكون فيه مستواه موازيا للمجال المغناطيسي.

الإجابة : لأنه بدوران الملف من الوضع الموازي للفيض يقل البعد العمودي بين القوتين الناتج منهما ازدواج فيتناقص عزم الازدواج.

(س): ما هي العوامل التي يتوقف عليها كل مما يأتي مع يأتي مع كتابة العلاقة الرياضية:

(١) كثافة الفيض المغناطيسي الناشيء عن مرور تيار كهربي في:

(أ) سلك مستقيم (ب) ملف دائري (ج) ملف حلزوني

الإجابة: (أ) $B = \mu \frac{I}{2\Pi d}$ * شدة التيار * بعد النقطة عن السلك

* معامل النفاذية المغناطيسية لوسط

(ب) $B = \mu \frac{NI}{2r}$ * عدد اللفات * شدة التيار. * نصف قطر الملف

* معامل النفاذية المغناطيسية للوسط

(ج) $B = \mu \frac{NI}{\ell}$ * عدد اللفات * شدة التيار. * طول الملف

* معامل النفاذية المغناطيسية للوسط

(٢) القوة المؤثرة على سلك يمر به تيار كهربي وموضع في مجال مغناطيسي.

الإجابة : $F=BIL\sin\theta$ * كفاية الفيض المغناطيسي * شدة التيار

* طول السلك * الزاوية بين السلك واتجاه الفيض.

(٣) عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربي وموضوع في مجال مغناطيسي.

الإجابة : $\tau = BIAN\sin\theta$ * كثافة الفيض المغناطيسي * شدة التيار * مساحة وجه الملف

* عدد لفات الملف * الزاوية بين العمودي على مستوى الملف وخطوط الفيض المغناطيسي.

(س): ما النتائج المترتبة على كل مما يأتي:

(١) زيادة شدة التيار الكهربي المار في سلك مستقيم من حيث كثافة الفيض المغناطيسي حوله.

الإجابة:تتزاحم خطوط الفيض المغناطيسي وبالتالي تزداد كثافة الفيض المغناطيسي.

(٢) نقص نصف قطر ملف دائري من حيث كثافة الفيض المغناطيسي عند مركزه.

الإجابة: تزداد كثافة الفيض المغناطيسي عند مركزه.

(٣) حساسية الفولتميتر = 30

الإجابة : أي أن نسبة مقاومة الجلفانومتر إلى مجموع مقاومتي الجلفانومتر ومضاعف الجهد = 100 أو نسبة فرق الجهد بين طرفي الجلفانومتر إلى فرق الجهد الكلي المقاس = 100

(٤) مجزئ التيار للأميتر = 3π

الإجابة : أي أن قيمة المقاومة التي توصل بالجلفانومتر على التوازي لزيادة مدى شدة التيار المقاس بالأميتر = 3π

(٥) مضاعف الجهد للفولتميتر = 100π

الإجابة أي أن قيمة المقاومة التي توصل بالجلفانومتر على التوالي لزيادة مدى فرق الجهد المقاس بالفولتميتر = 100π

(س): علل لما يأتي:

(١) تقعر قطبي المغناطيس الدائم في الجلفانومتر ذو الملف المتحرك

الإجابة: لكي تكون خطوط الفيض بين قطبي المغناطيس في اتجاه أنصاف الأقطار ويصبح مستوى الملف في أي وضع موازياً للفيض المغناطيسي فلا يقل عزم الازدواج بالدوران.

(٢) يتصل ملف الجلفانومتر ذو الملف المتحرك من اسفل بسلك زنبركي.

الإجابة: حتى يعمل عزم اللي على مقاومة عزم الازدواج ويكون الانحراف متناسباً مع شدة التيار كما يعمل على أن يظل الملف متزناً.

(٣) يرتكز ملف الجلفانومتر على حوامل من العقيق.

الإجابة: حتى لا يختل اتزان الملف ويدور بسهولة لعدم وجود احتكاك بين المحورين وحوامل العقيق.

(٤) يوجد داخل ملف الجلفانومتر اسطوانة من الحديد المطاوع.

الإجابة: حتى تعمل على تركيز الفيض المغناطيسي داخل الملف وتساعد على أن تأخذ خطوط الفيض اتجاه أنصاف الأقطار.

(٥) تدريج الجلفانومتر و الملف المتحرك منتظم وصفر تدريجه في المنتصف.

الإجابة : لأن زاوية الانحراف تتناسب طردياً مع شدة التيار وتدريجه في المنتصف حتى يمكن تحديد اتجاه التيار.

(٦) لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك في قياس شدة التيارات الكهربية العالية.

الإجابة : لأن ملف الجلفانومتر لا يتحمل التيارات الكهربية العالية.

(٧) لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك لقياس التيار المتردد.

الإجابة: لأن اتجاه عزم الازدواج يتوقف على اتجاه التيار والتيار المتردد متغير الاتجاه.

(٨) يوصل مجزئ التيار على التوازي مع ملف الجلفانومتر.

الإجابة:حتى تكون مقاومة الأميتر صغيرة ويمر في المجزئ أكبر نسبة من التيار حماية لملف الجلفانومتر.

(٩) صغر مقاومة الأميتر الكلية.

الإجابة : حتى يمر بالمجزئ أكبر نسبة من التيار حماية لملف الجلفانومتر من الاحتراق.

(٣) تقارب لفات الملف الحلزوني من حيث كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة على محوره.
الإجابة: تزداد كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة على محوره.
(٤) وجود سلك يمر به تيار موازياً لخطوط الفيض المغناطيسي من حيث القوة المؤثرة على السلك.
الإجابة: تنعدم القوة المؤثرة على السلك فلا يتحرك .
(٥) تعامد مستوى الملف مع خطوط الفيض المغناطيسي من حيث عزم الازدواج.
الإجابة : ينعدم عزم الازدواج المؤثر على الملف

(س): أذكر استخداماً واحداً لكل مما يأتي:

(١) قاعدة أمبير لليد اليمنى
الإجابة: تعيين اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في سلك مستقيم.
(٢) قاعدة البريمة اليمنى.
الإجابة : تعيين اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في ملف دائري (أو حلزوني).
(٣) قاعدة اتجاه دوران عقارب الساعة.
الإجابة : تحديد قطبية المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في ملف دائري (أو حلزوني).
(٤) قاعدة فلمنج لليد اليسرى.
الإجابة : تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يمر به تيار كهربي.

(س): اكتب المصطلح العلمي الدال على العبارات الآتي:

(١) جهاز يستخدم للاستدلال على وجود تيارات ضعيفة جداً في دائرة ما وقياس شدتها وتحديد اتجاهها.
الإجابة : الجلفانومتر ذو الملف المتحرك.
(٢) زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر عن وضع الصفر عند مرور تيار كهربي شدته الوحدة في ملفه.
الإجابة: حساسية الجلفانومتر.
(٣) مقاومة صغيرة توصل على التوازي مع ملف الجلفانومتر لتحويله إلى أميتر.
الإجابة: مجزئ التيار.
(٤) مقاومة كبيرة توصل على التوالي مع ملف الجلفانومتر لتحويله إلى فولتميتر.
الإجابة: مضاعف الجهد .

(س): ماذا نعني قولنا أن:

(١) حساسية الجلفانومتر = 0.6 deg/MA
الإجابة: أي ان زاوية انحراف ملف الجلفانومتر عندما يمر به تيار كهربي شدته 1MA هي 0.6 زاوية نصف قطرية.
(٢) حساسية الأميتر = 10
الإجابة: أي أن نسبة مقاومة مجزئ التيار إلى مجموع مقاومتي الجلفانومتر ومجزئ التيار=10 أو نسبة تيار الجلفانومتر إلى التيار الكلي بعد توصيل المجزئ =10

(١٠) * يوصل مضاعف الجهد على التوالي مع ملف الجلفانومتر.

* يمكن الاستدلال على وجود تيارات ضعيفة باستخدام الجلفانومتر.

الإجابة : لكي تكون المقاومة الكلية كبيرة جداً ويمر تيار كهربي أقل ما يمكن فلا يحدث هبوط في فرق الجهد المقاس.

(١١) كبر مقاومة الفولتميتر الكلية.

الإجابة : حتى لا يسحب تيار كهربي كبير يسبب هبوط في فرق الجهد المقاس.

(١٢) يوصل الأميتر على التوالي في الدائرة بينما يوصل الفولتميتر على التوازي بين طرفي الموصل.

الإجابة : يوصل الأميتر على التوالي حتى يمر فيه كل التيار المراد قياسه بينما يوصل الفولتميتر على التوازي ليصبح فرق الجهد بن طرفي الفولتميتر مساوي لفرق الجهد المطلوب قياسه.

(١٣) * يجب أن تكون القوة الدافعة الكهربية للعمود المتصل بالأوميتر ثابتة.

* يراعي أن يكون عمود الأوميتر معيارياً.

الإجابة : حتى لا يحدث هبوط في e.m.f للعمود بعد الضبط وأثناء القياس.

(١٤) عدم انتظام تدريج الأوميتر.

الإجابة لأن شدة التيار تتناسب عكسياً مع قيم مختلفة من المقومات يضاف لكل منها المقاومة الداخلية للأوميتر.

(١٥) تدريج الأوميتر عكس تدريج الأميتر.

الإجابة : لأن شدة التيار تتناسب عكسياً مع المقاومة.

(س): أذكر الأساس العلمي الي بني عليه عمل كل مما يأتي:

(١) الجلفانومتر ذو الملف المتحرك .

الإجابة: عزم الازدواج المؤثر في ملف يمر به تيار كهربي قابل للحركة في مجال مغناطيسي.

(٢) مجزئ التيار في الأميتر

الإجابة : توصيل مقاومة صغيرة على التوازي مع الجلفانومتر تؤدي إلى صغر مقاومة الأميتر فلا يسبب ضعف للتيار المراد قياسه.

(٣) المقاومة المضاعفة للجهد في الفولتميتر.

الإجابة: توصيل مقاومة كبيرة على التوالي مع الجلفانومتر تؤدي إلى زيادة مقاومة الفولتميتر ونقص للتيار المار به فلا يحدث هبوط لفرق الجهد المقاس.

(٤) الأوميتر.

الإجابة: شدة التيار تتناسب عكسياً مع قيم المقاومات المتصلة في الدائرة.

(س): ما النتائج المترتبة على كل مما يأتي:

(١) مرور تيار مستمر ذات شدة عالية (أكبر من Ig) داخل ملف الجلفانومتر.

الإجابة : يحدث احتراق لملف الجفانومتر ويختل اتزانه.

(٢) مرور تيار متردد داخل ملف الجلفانومتر.

الإجابة: لا يحدث حركة للملف في التيارات عالية التردد حيث لا يستجيب الملف للتغيرات السريعة في اتجاه التيار بسبب قصوره الذاتي.

(٣) صغر مقاومة مجزئ التيار المتصل بالجلفانومتر.

الإجابة: تقل حساسية الأميتر ويزداد المدى الذي يقرأه لشدة التيار.

(٤) زيادة قيمة مضاعف الجهد المتصل بالجلفانومتر.

الإجابة : تقل حساسية الفولتميتر ويمكن قياس فروق جهد أعلى به.

(٥) عدم وجود مقاومة عيارية كبيرة في دائرة الأوميتر.

الإجابة : يمر في ملف الجلفانومتر تيار أكبر مما يتحمله ويحترق الملف.

(س): قارن بين كل مما يأتي:

(١) مجزئ التيار ومضاعف الجهد (من حيث : طريقة التوصيل – الوظيفة)

الإجابة:-

(م)	مجـــزئ التيـــار	مضاعـــف الجهـــد
طريقة التوصيل	يوصل على التوازي مع ملف الجلفانومتر	يوصل على التوالي مع ملف الجلفانومتر
الوظيفة	تحويل الجلفانومتر إلى أميتر وإمكانية قياس شدة تيار كهربي أعلى	تحويل الجلفانومتر إلى فولتميتر وإمكانية قياس فروق جهد أعلى

(٢) أجهزة القياس التناظرية وأجهزة القياس الرقمية.

(م) أجهـــزة القيـــاس التناظريـــة	أجهزة تحويل الجلفانومتر إلى فولتميتر إمكانية قياس فروق جهد أعلى
* تعتمد على عزم الازدواج المؤثر على ملف يمـر به تيار قابل للحركة في مجال معناطيسي .	تعتمد على الالكترونيات الرقمية.
* تعتمد على وجود مؤشر يعطي القيمة المطلوبة.	* تعتمد على ظهور أعداد رقمية على شاشـة تحدد القيمة المطلوبة
* مثل الجلفانومتر ذو الملف المتحـرك والأميتـر والفولتمير.	* أجهزة لقياس تيار مستمر أو تيار متردد.

المقارنات

وجه المقارنة	الأميتر	الفولتميتر	الأوميتر
الوظيفة	قياس شدة التيار المستمر .	قياس فرق الجهد المستمر .	قياس قيمة مقاومة مجهولة .
طريقة تعديل الجلفانومتر	يوصل ملفه على التوازى بمقاومة صغيرة (مجزئ التيار) R_s .	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة كبيرة (مضاعف الجهد) R_m .	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة عيارية محسوب قيمتها وعمود كهربى .
التوصيل فى الدائرة	يوصل على التوالى فى الدائرة المراد قياس شدة التيار فيها .	يوصل على التوازى بين طرفى الموصل المراد قياس الفرق فى الجهد بين طرفيه .	يوصل طرفى الجهاز بطرفى المقاومة المراد قياس قيمتها .
القانون المستخدم	$R_s = \frac{I_g \cdot R_g}{I - I_g}$	$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$	$I_g = \frac{V_B}{R_g + R_1 + R_2}$

وجه المقارنة	مجزئ التيار	مضاعف الجهد
طريقة التوصيل	يوصل على التوازى مع ملف الجلفانومتر	يوصل على التوالى مع ملف الجلفانومتر
الوظيفة	تحويل الجلفانومتر إلى أميتر لقياس شدة تيار كهربى أعلى	تحويل الجلفانومتر إلى فولتميتر لقياس فرق جهد أعلى

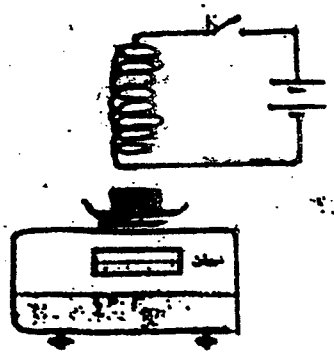
أجهزة القياس التناظرية	أجهزة القياس الرقمية
* تعتمد فكرة عملها على عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار قابل للحركة فى مجال مغناطيسى.	* تعتمد فكرة عملها على الإلكترونيات الرقمية.
* تعتمد على وجود مؤشر يعطى القيمة المطلوبة.	* تعتمد على ظهور أعداد رقمية على الشاشة تحدد القيمة المطلوبة.
* مثل الجلفانومتر ذو الملف المتحرك والأميتر والفولتميتر.	* مثل أجهزة قياس التيار المستمر أو التيار المتردد.

في الشكل المقابل :

ملف مثبت فوق قطعة من الحديد المطاوع موضوع على قلب ميزان

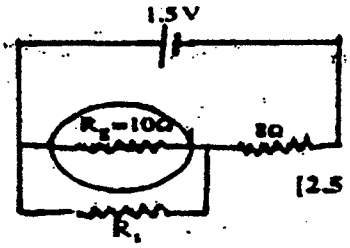
(أ) ماذا يحدث لقراءة الميزان عند غلق المفتاح K بالدائرة ؟

(ب) ماذا يحدث لقراءة الميزان إذا عكس التيار المار فى الملف ؟



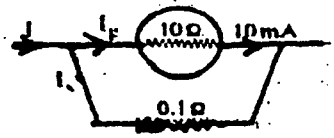
من الدائرة المقابلة :

احسب قيمة المقاومة R_2 إذا علمت أن التيار المار فى ملف الجلفانومتر 0.03 A



[2.5 Ω]

في الشكل المقابل :



(أ) المقاومة 0.1Ω تسمى .....

. الغرض من توصيلها ..... الملف.

(ب) الفرق فى الجهد بين طرفى المللى أميتر عندما يقرأ تيار شدته 10 mA يساوى .....

(جـ) فرق الجهد بين طرفى المقاومة 0.1Ω يساوى .....

(د) أقصى قيمة لشدة التيار يمكن أن يعينها الجهاز تساوى .....

فى الشكل المقابل :

اضيف تدريج الأومات إلى تدريج الأميتر فإذا كانت المقاومة الداخلية الكلية للأوميتر 3750 Ω

وأقصى قيمة لشدة التيار 400 μA

(أ) احسب قيمة المقاومات R_1 ، R_2 ، R_3

(ب) ماذا تتوقع أن تصبح عليه قيمة المقاومة R_1 ؟ ولماذا ؟

[1250 Ω , 3250 Ω , 11250 Ω]

كلما نقصت قيمة مجزئ التيار المتصل بالجلفانومتر فإن حساسية الجهاز .....

(أ) تزداد (ب) تقل (جـ) تظل كما هى

The Magnetic Effect Of The Electric Current

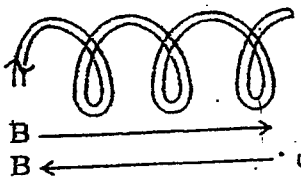
التعليلات الهامة :

(١) يمر تيار كهربى فى سلكين متوازيين ولا توجد لهما نقط تعادل .
وذلك فى حالة أن يكون التياران فى السلكين المتوازيين متساويين وفى اتجاهين متضادين .

(٢) تزيد كثافة الفيض المغناطيسى فى محور ملف لولبى عن وضع ساق حديد داخله .
وذلك لأن نفاذية الحديد أكبر من نفاذية الهواء وكثافة الفيض (B) تتناسب طرديًا مع (μ) معامل النفاذية .

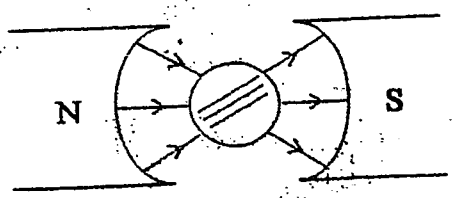
(٣) لا يتحرك سلك مستقيم به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى .
السلك يوازى خطوط الفيض ، صفر = θ ، F = 0

(٤) يمر تيار كهربى فى ملف لولبى ولا يوجد له مجال مغناطيسى .
الملف يكون ملفوف لفًا مزدوجًا وبذلك يلغى المجال المغناطيسى للفرع الأول مجال الفرع الثانى .

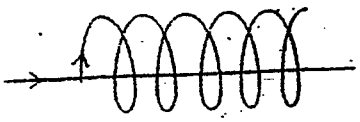


(٥) قد لا تتمغنط ساق حديد لف حولها سلك يمر به تيار كهربى .
الملف مزدوجًا (كما سبق) .

(٦) يلف ملف الجلفانومتر حول اسطوانة حديد مطاوع والقطبين مقعرين .
وذلك لتركيز خطوط الفيض وجعلها على هيئة أنصاف أقطار وبذلك يكون دائما مستوى الملف موازيًا للفيض فيكون العزم قيمة عظمى دائما τ ∝ I .



(٧) عند مرور تيار كهربى فى ملف لولبى وتيار فى سلك مستقيم موضوع داخل الملف اللولبى لا يتأثر السلك بقوة مغناطيسية .
لأن المجال المغناطيسى الناشئ عن الملف يوازى المحور والسلك يوازى المحور فلا يتأثر بقوة تحركه F = 0 ، θ = 0 .



(٨) لا يتحرك ملف مستطيل قابل للحركة فى مجال مغناطيسى والملف به تيار كهربى .
الملف يكون مستواه عموديًا على الفيض فلا يتولد عزم ازدواج يحرك الملف وتكون محصلة القوى على الضلعين الرأسيين = صفر .