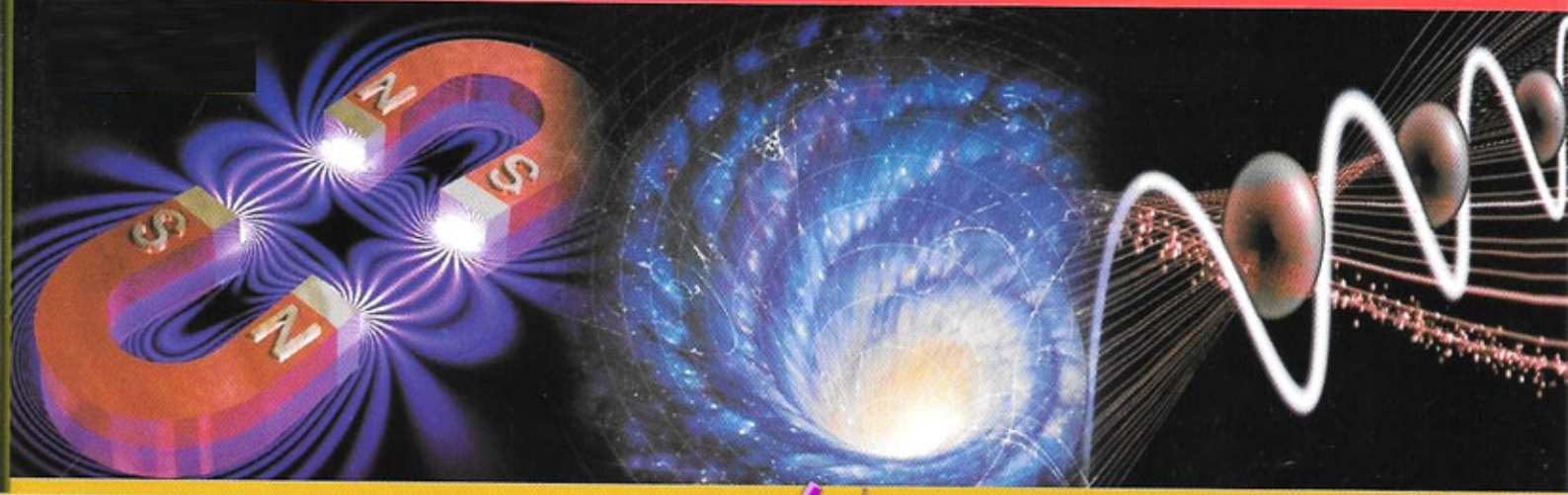


الثقوف



الفيزياء

التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي وأجهزة القياس

الفصل الثاني
Magnetic Effects Of Electric Current
and
Measuring Instruments

أعداد

Mr. Ahmed Sabagh

خبير الفيزياء والكيمياء

01123236646

01093531294

الفهرس

م	الموضوع	الصفحة
١	مقدمة	2
٢	المجال المغناطيسي لسلك مستقيم	4
٣	المجال المغناطيسي لملف دائري	13
٤	المجال المغناطيسي لملف حلزوني	21
٥	القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك موضوع في مجال مغناطيسي	28
٦	القوة المتبادلة بين سلكين متوازيين يحملان تيارين	35
٧	عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار وموضوع في مجال مغناطيسي	40
٨	الجلفانومتر	44
٩	الاميتر	48
١٠	الفولتميتر	55
١١	الاو ميتر	61
١٢	اسئلة على التأثير المغناطيس والقوة والعزم	69
١٣	مسائل على المجال المغناطيسي والقوة والعزم	85
١٤	اسئلة على اجهزة القياس	99
١٥	مسائل على اجهزة القياس	106

التأثير المغناطيسي للتيار الكهربى و أجهزة القياس الكهربى

مقدمة

اكتشف العالم الدانمركى هانز أورستد عام ١٨١٩م أن للتيار الكهربى تأثيرات مغناطيسية وذلك عندما وضع سلكا يحمل تيارا كهربيا موازيا لإبرة مغناطيسية حرة الحركة. فلاحظ انحراف إبرة البوصلة ،وعند قطع التيار الكهربى عادت إبرة البوصلة لوضعها الأصلي. انحراف ابرة البوصلة يدل على أن التيار الكهربى أثناء مروره فى السلك ينشأ عنه مجال مغناطيسى أثر على المجال المغناطيسى لإبرة البوصلة مسببا انحرافها .

الكميات الفيزيائية الخاصة بالمجال المغناطيسى

١- الفيض المغناطيسى

يقدر بالعدد الكلى لخطوط الفيض المغناطيسى المارة عموديا علي مساحة ما.

الوحدة العملية للفيض المغناطيسى هي الوبر web

٢- شدة المجال المغناطيسى

ويعبر عن شدة المجال المغناطيسى بكثافة الفيض المغناطيسى B.

كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة B

هو الفيض المغناطيسى لوحدة المساحات $B = \frac{\phi_m}{A}$

او هو عدد خطوط الفيض المارة عموديا بوحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة .

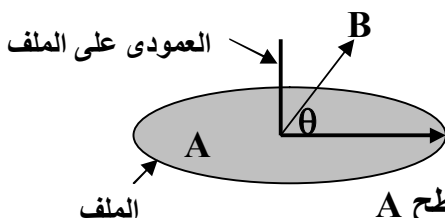
وحدات قياس كثافة الفيض المغناطيسى.

نيوتن / أمبير متر	أو تكافئ	وبر/م ²	وتكافئ	تسلا
N / A . m	-	Weber/ m ²	-	Tesla

العلاقة بين الفيض المغناطيسى ϕ_m وكثافة الفيض المغناطيسى B

$$\phi_m = A B \sin\theta$$

حيث θ الزاوية المحصورة بين اتجاه الفيض والسطح (المساحة) (الملف)
أي أن



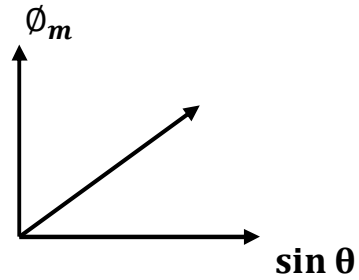
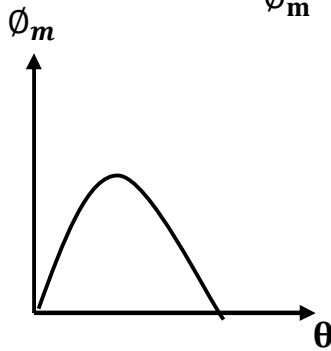
الفيض المغناطيسى ϕ_m = مركبة كثافة الفيض العمودية $B \sin\theta$ × مساحة السطح A

ويكون الفيض نهائية عظمى عندما يكون $\theta = 90^\circ$ ويصبح

$$(\phi_m)_{\max} = BA$$

$$\phi_m = (\phi_m)_{\max} = BA \sin \theta$$

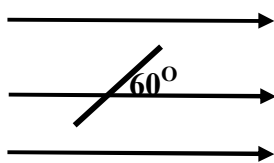
يمكن تمثيل ماسبق كمايلي :



الحالة	الزاوية θ بين مستوى الملف (المساحة) والفيض المغناطيسي
الملف عمودي على اتجاه الفيض	$\theta = 90^\circ$ الفيض المار بالملف نهائية عظمى
الملف موازى لاتجاه الفيض	صفر $\theta = 0^\circ$ لا يمر الفيض بالملف
دار الملف بمقدار 30° من الوضع العمودي على الفيض	$\theta = 90 + 30 = 120^\circ$
دار الملف بمقدار 30° من الوضع الموازى للفيض	$\theta = 30^\circ$

مثال

ملف مستطيل مساحته A وضع فى مجال مغناطيسي كثافة فيضة B بحيث يصنع مستوى الملف زاوية 60° مع المجال ، فكانت قيمة الفيض الذى يمر به $2 \times 10^{-6} \text{ Tm}^2$ ، احسب قيمة الفيض الذى يمر به اذا دار الملف :



٢- ربع دورة

(أ) مع عقارب الساعة : ١- 30°

٢- ربع دورة

(ب) عكس عقارب الساعة : ١- 30°

الحل

$$\begin{aligned} \phi_m &= BA \sin \theta \\ &= 2 \times 10^{-6} \times BA \sin 60 \\ BA &= 2.31 \times 10^{-6} \text{ Wb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_m &= BA \sin 30 \\ &= 2.31 \times 10^{-6} \times \sin 30 \\ &= 1.155 \times 10^{-6} \text{ Wb} \end{aligned}$$

(١) -١

$$\begin{aligned} \phi_m &= BA \sin 30 \\ &= 2.31 \times 10^{-6} \times \sin 30 \\ &= 1.155 \times 10^{-6} \text{ Wb} \end{aligned}$$

-٢

$$\begin{aligned}\Phi_m &= BA \\ &= 2.31 \times 10^{-6} Wb\end{aligned}$$

(ب) ١ -

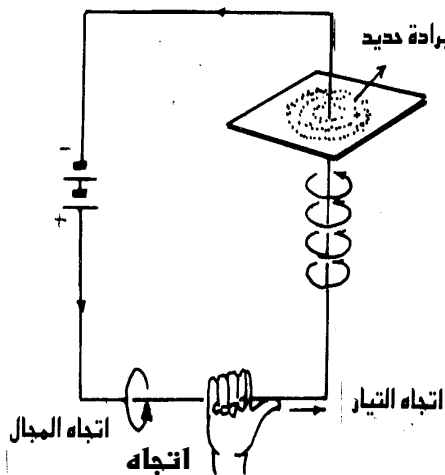
$$\begin{aligned}\Phi_m &= BA \sin 30 \\ &= 2.31 \times 10^{-6} \times \sin 30 \\ &= 1.155 \times 10^{-6} Wb\end{aligned}$$

٢ -



أولاً :- المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في سلك مستقيم

لمعرفة شكل المجال المغناطيسي الناشئ من مرور تيار في سلك نجري التجربة الآتية:



١ - نحضر لوحة أفقية من الورق المقوى ينفذ منها سلك مستقيم

في الوضع الرأسى

٢ - ننثر برادة الحديد على اللوحة الأفقية.

٣ - نمرر تيار كهربائي مستمر في السلك المستقيم .

٤ - ثم نطرق اللوحة عدة طرقات خفيفة .

• نلاحظ أن برادة الحديد تترتب على شكل دوائر منتظمة

متحدة المركز مركزها السلك الذى يمر فيه التيار

• هذه الدوائر تمثل خطوط الفيض المغناطيسي

وتتزاخم الدوائر بالقرب من السلك وتتباعد كلما ابتعدنا عنه

∴ شدة المجال المغناطيسى للتيار الكهربائي الذى يمر فيه السلك المستقيم تزداد بالإقتراب من السلك وتقل بالإبتعاد عنه

• وبزيادة شدة التيار المار في السلك المستقيم وإعادة طرق اللوحة يزداد تزاخم خطوط الفيض حول السلك .

∴ شدة المجال المغناطيسى للتيار الكهربائي الذى يمر فيه السلك المستقيم تزداد بزيادة شدة التيار وتقل بإنقاصه

تعيين اتجاه الفيض المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في سلك مستقيم:

١ - عمليا بواسطة استخدام بوصلة:

حيث يدل اتجاه قطبها الشمالي علي اتجاه المجال (خطوط الفيض).

٢ - نظريا بواسطة قاعدة اليد اليمنى لأمبير:

نتصور أننا نقبض علي السلك باليد اليمنى بحيث يشير الإبهام

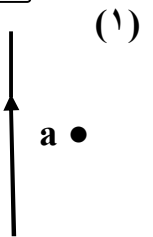
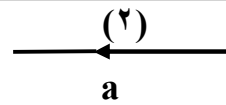
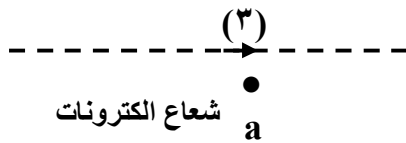
إلي اتجاه التيار الكهربائي فإن اتجاه باقي الأصابع الملتفة

حول السلك يشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي للتيار الكهربائي .



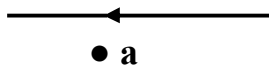
حدد اتجاه الفيض عند كل النقطة a

مثال



الحل (١) الى داخل الصفحة (٢) الى خارج الصفحة

(٣) الى خارج الصفحة حيث يتم التعامل مع التيار الاصطلاحي ويصبح السؤال كالتالي



العوامل الي تتوقف عليها كثافة الفيض (B) الناشئ عن مرور تيار في سلك مسقيم:

١ - شدة التيار (I)

$$B \propto I$$

كثافة الفيض تتناسب طرديا مع شدة التيار

٢ - المسافة العمودية (d) بين النقطة ومحور السلك

$$B \propto \frac{1}{d}$$

كثافة الفيض تتناسب عكسيا مع بعد النقطة عن محور السلك

٣ - النفاذية المغناطيسية للوسط μ

$$B \propto \mu$$

وهي قابلية الوسط لنفاذ الفيض المغناطيسي خلاله .

كثافة الفيض تتناسب طرديا مع النفاذية المغناطيسية للوسط

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} \text{ من (١)، (٢)، (٣) نجد أن}$$

ملاحظات

١ - تسمى العلاقة $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$ قانون أمبير الدائري

حيث μ معامل النفاذية المغناطيسية للوسط ، وإذا كان الوسط هواء أو فراغا فإن $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ w/A.m}$

٢ - علل ينصح بعدم بناء المساكن بالقرب من أبراج الضغط العالي للكهرباء

$$B \propto \frac{1}{d}$$

حفاظا علي الصحة العامة والبيئة وذلك لتولد

فيض مغناطيسي حول الاسلاك تقل كثافته كلما ابتدعنا .

مثال

بطارية قوتها الدافعة 8V ومقاومتها الداخلية 2Ω وصلت بسلك مستقيم طولها 20cm ومساحة مقطعة $3 \times 10^{-8} \text{m}^2$ ومقاومتها النوعية $4.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ ، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة تقع على بعد عمودي يساوي 10cm من محور السلك

الحل

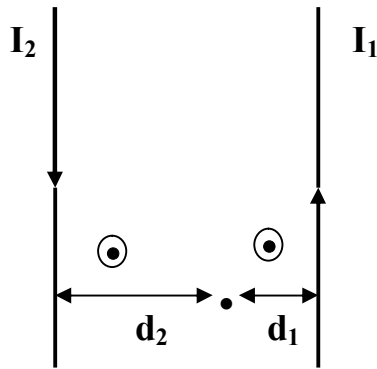
$$R = \rho_e \frac{L}{A} = \frac{4.5 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-8}} = 30\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{8}{30 + 2} = 0.25\text{A}$$

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.25}{2\pi \times 10 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-7} \text{T}$$

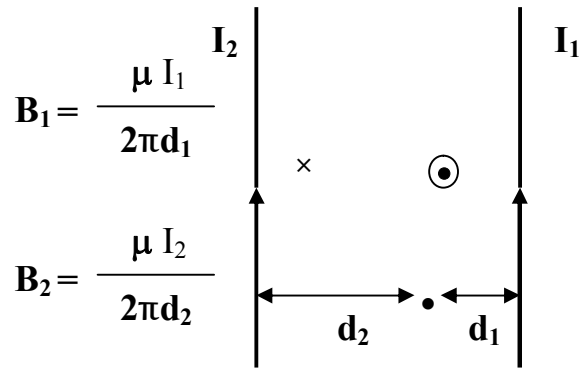
المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في سلكين متوازيين

الحالة الثانية



$$B_t = B_1 + B_2$$

الحالة الاولى

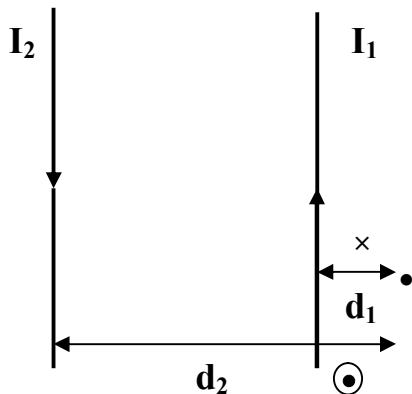


$$B_1 = \frac{\mu I_1}{2\pi d_1}$$

$$B_2 = \frac{\mu I_2}{2\pi d_2}$$

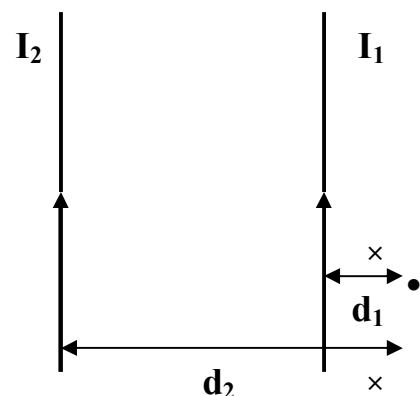
$$B_t = |B_1 - B_2|$$

الحالة الرابعة



$$B_t = |B_1 - B_2|$$

الحالة الثالثة



$$B_t = B_1 + B_2$$

نلاحظ فى الحالات السابقة

- 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 $B_t = B_1 - B_2$

نقطة التعادل

هى النقطة التى يكون عندها محصلة كثافة الفيض المغناطيسى = صفر

ونلاحظ الاتى :-

- ١- توجد نقطة التعادل بين السلكين اذا كان التياران فى السلكين فى نفس الاتجاه وبجوار السلك الاقل تيار حيث يكون اتجاه الفيض الناشئ عن السلك الاول يعاكس اتجاه الفيض الناشئ عن السلك الثانى ويساويه فى المقدار
- ٢- توجد نقطة التعادل خارج السلكين اذا كان التياران فى السلكين فى اتجاهين متضادين وبجوار السلك الاقل تيار حيث يكون اتجاه الفيض الناشئ عن السلك الاول يعاكس اتجاه الفيض الناشئ عن السلك الثانى ويساويه فى المقدار

٣- عند نقطة التعادل يكون $B_t = \text{صفر}$

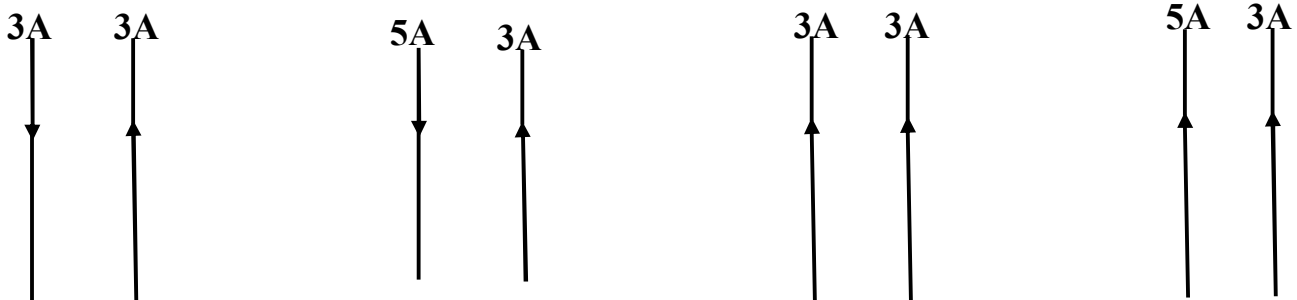
ويصبح $B_1 = B_2$

$$\frac{\mu I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu I_2}{2\pi d_2} \Rightarrow \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

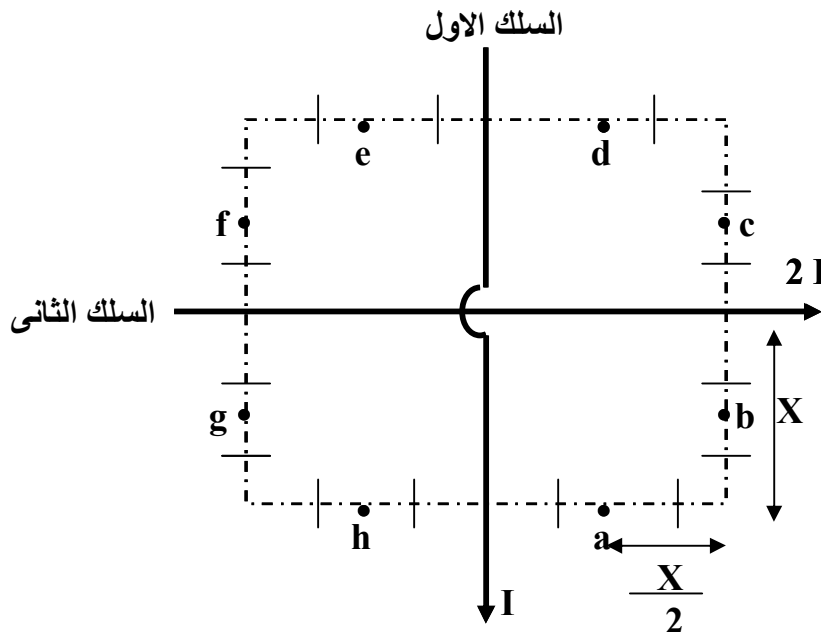
س متى لا توجد نقطة تعادل لسلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربى ؟

الحل عندما يمر بهما تيار كهربى له نفس الشدة ومتعاكسان فى الاتجاه .

س حدد نقطة التعادل فيما يلى :



مثال في الشكل التالي سلكان متعامدان شدة تيار السلك الاول I وشدة تيار السلك الثاني $2I$ اوجد محصلة كثافة الفيض عند كل نقطة مع تحديد اتجاه الفيض الناشيء عن كل سلك عند تلك النقطة



حساب كثافة الفيض عند f

اولا كثافة الفيض الناتجة عن السلك الاول

$$B_1 = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{\mu I}{2\pi X} \quad \text{داخل الصفحة}$$

ثانيا كثافة الفيض الناتجة عن السلك الثاني

$$B_2 = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{\mu \times 2I}{2\pi \frac{X}{2}} = \frac{4\mu I}{2\pi X}$$

$$B_2 = 4B_1 \quad \text{خارج الصفحة}$$

$$B_t = B_2 - B_1 = 4B_1 - B_1 = 3B_1 \quad \text{خارج الصفحة}$$

اسم النقطة	اتجاه الفيض B_1 عند النقطة والناشئ عن تيار السلك الاول	اتجاه الفيض B_2 عند النقطة والناشئ عن تيار السلك الثاني	محصلة كثافة الفيض عند النقطة
A	الى خارج الصفحة	الى داخل الصفحة	$B_t = B_1 - B_2 = \text{صفر}$ $B_1 = B_2$
b	الى خارج الصفحة	الى داخل الصفحة	$B_t = B_2 - B_1 = 3B_1$ $B_2 = 4B_1$
c	الى خارج الصفحة	الى خارج الصفحة	$B_t = B_2 + B_1 = 5B_1$ $B_2 = 4B_1$
d	الى خارج الصفحة	الى خارج الصفحة	$B_t = B_1 + B_2 = 2B_1$ $B_1 = B_2$
e	الى داخل الصفحة	الى خارج الصفحة	$B_t = B_1 - B_2 = \text{صفر}$ $B_1 = B_2$
f	الى داخل الصفحة	الى خارج الصفحة	$B_t = B_2 - B_1 = 3B_1$ $B_2 = 4B_1$
g	الى داخل الصفحة	الى داخل الصفحة	$B_t = B_2 + B_1 = 5B_1$ $B_2 = 4B_1$
h	الى داخل الصفحة	الى داخل الصفحة	$B_t = B_1 + B_2 = 2B_1$ $B_1 = B_2$

ملاحظات عند حل المسائل

١- اذا كان الفيضان بينهما زاوية θ عند نقطة

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

فان محصلة كثافة الفيض عند هذه النقطة يتعين من العلاقة

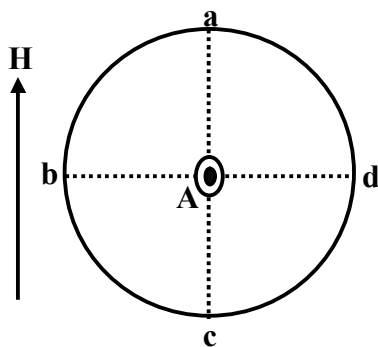
وعلى ذلك فاذا كان الفيضان متعامدان فان $\theta = 90$ ويصبح صفر $\cos 90 =$

ويصبح محصلة كثافة الفيض عند هذه النقطة يتعين من العلاقة

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

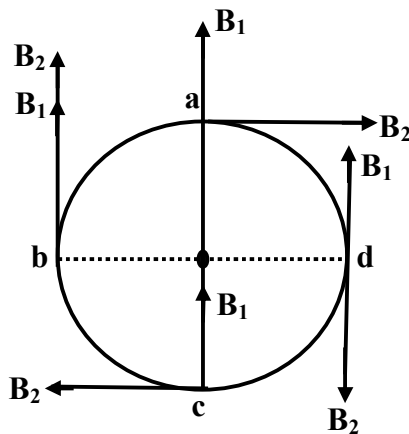
٢- النقطة التى توضع عندها بوصلة مغناطيسية ولا تتحرك هى نقطة التعادل

مثال (١)



يوضح سلك A موضوع عموديا على مستوى الصفحة يمر به تيار كهربى اتجاهه الى داخل الصفحة فينتج عنه فيض مغناطيس كثافة H تسلا ، اذا كانت كثافة الفيض المغناطيس للمركبة الافقية لمجال الارض H تسلا فى الاتجاه الموضح ، احسب كثافة الفيض المحصلة عند النقاط a ، b ، c ، d

الحل



- التيار يمر عموديا على الصفحة والى الخارج .
- الفيض المغناطيس يأخذ اتجاه عكس عقارب الساعة حسب قاعدة اليد اليمنى لامبير
ويكون اتجاه B مماسا للدائرة عند أى نقطة كما بالشكل

جمع المتجهات :

$$B_t = \sqrt{H^2 + H^2} = \sqrt{2H^2}$$

عند النقطة (a) او النقطة (c) : الفيضان متعامدان

$$B_t = B_1 + B_2 = 2H$$

عند النقطة (b) :

عند النقطة (d) : الفيضان متعاكسان

$$B_t = B_1 - B_2 = 0$$

مثال (٢)

سلكان مستقيمان متوازيان وضعا فى الهواء على بعد 30cm من بعضهما ، يمر فى أحدهما تيار كهربى شدته 40A ويمر فى الثانى تيار كهربى شدته 20A ، احسب كثافة الفيض المغناطيسى المتولد عند نقطة بينهما تبعد 20cm عن السلك الاول عندما يكون التيار الكهربى فى السلكين :

(أ) فى اتجاه واحد
(ب) فى اتجاهين متضادين

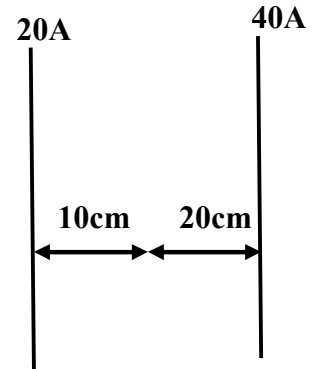
الحل

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

$$B_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5} T$$

$$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 10 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5} T$$

$$B_t = B_1 - B_2 = 0$$

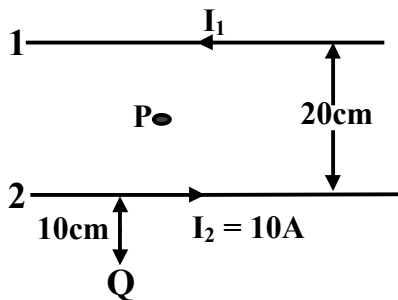


(أ) التياران فى نفس الاتجاه

(ب) التياران متضادان

$$B_t = B_1 + B_2 = 8 \times 10^{-5} T$$

مثال (٣)



فى الشكل المقابل :

سلكان مستقيمان متوازيان 1 ، 2 فإذا علمت أن كثافة

الفيض المغناطيسى الكلى B_t عند النقطة P

(فى منتصف المسافة بين السلكين) تساوى $6 \times 10^{-5} T$ ،

احسب كثافة الفيض المغناطيسى الكلى عند نقطة Q

الحل

$$B_2 = \frac{\mu I_2}{2\pi d_2}$$

* عند (P)

$$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 10 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5} T$$

$$B_t = B_1 - B_2 = (6 \times 10^{-5}) - (2 \times 10^{-5})$$

$$= 4 \times 10^{-5} T$$

$$I_1 = \frac{B_1 \times 2\pi d_1}{\mu} = \frac{4 \times 10^{-5} \times 2\pi \times 10 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7}}$$

$$I_1 = 20A$$

$$B_1 = \frac{\mu I_1}{2\pi d_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 30 \times 10^{-2}}$$

$$= 1.33 \times 10^{-5} T$$

* عند (Q) :

$$B_2 = \frac{\mu I_2}{2\pi d_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 10 \times 10^{-2}}$$

$$= 2 \times 10^{-5} T$$

$$B_t = B_2 - B_1$$

$$= (2 \times 10^{-5}) - (1.33 \times 10^{-5})$$

$$= 6.7 \times 10^{-6} T$$

مثال (٤)

سلكان متوازيان A ، B يمر بالسلك A تيار شدته 5A وبالسلك B تيار شدته 8A فإذا وضعت إبرة مغناطيسية بين السلكين وعلى بعد 10cm من السلك A ولم تنحرف ، فهل التيارين في اتجاه واحد أم في اتجاهين متضادين ؟ ولماذا ؟ ثم احسب المسافة بين السلكين

الحل

التيارين في اتجاه واحد لان نقطة التعادل بين السلكين عند نقطة التعادل :

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{5}{10} = \frac{8}{d_2}$$

المسافة بين السلكين :

$$d = 16 + 10 = 26 \text{ cm}$$

مثال (٥)

سلكان مستقيمان متوازيان المسافة بينهما في الهواء 30cm يمر بأحدهما تيار شدته 2A ويمر بالآخر تيار شدته 3A ، احسب بعد نقطة التعادل عن كلا السلكين في الحالتين الاتيتين :

(أ) إذا مر التيار في السلكين في نفس الاتجاه

(ب) إذا مر التيار في السلكين في اتجاهين متضادين

الحل

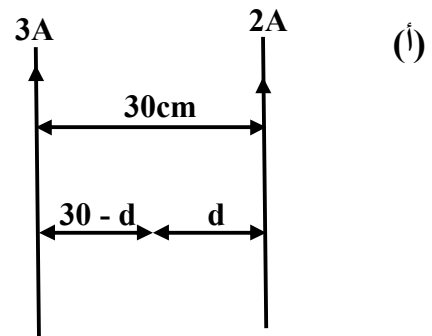
$$B_1 = B_2$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{3}{d} = \frac{2}{30 - d}$$

$$3d = 60 - 2d \quad , \quad 5d = 60$$

$$d = 12 \text{ m}$$



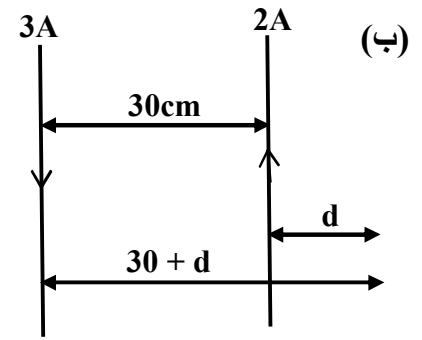
نقطة التعادل على بعد 12cm من السلك الاول 18cm من السلك الثاني

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

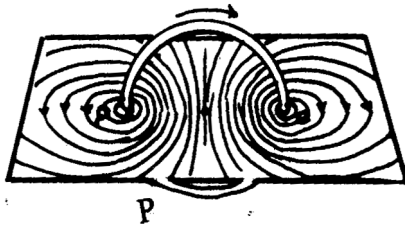
$$\frac{2}{d} = \frac{3}{30+d}$$

$$3d = 60 + 2d \quad , \quad d = 60$$



نقطة التعادل على بعد 60 cm من السلك الاول 90cm من السلك الثاني

ثانياً :- المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف دائري



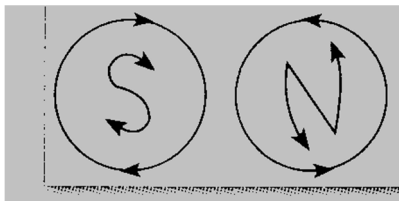
٣- اطرق اللوحة طرقاً خفيفة فتترتب برادة الحديد متخذة الشكل الموضح بالرسم ،ومنه نلاحظ ما يلي:

لدراسة المجال المغناطيسي للملف الدائري نجرى التجربة التالية:

١- انثر برادة الحديد علي لوحة من الورق المقوي .

٢- يخرق اللوحة ملف دائري يمر به تيار مستمر.

شكل المجال المغناطيسي :-



يشبه إلي حد كبير المجال المغناطيسي لمغناطيس قصير:

حيث يكون الوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار عند النظر إليه

في اتجاه حركة عقارب الساعة قطبا جنوبيا

والوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار عند النظر إليه عكس حركة عقارب الساعة قطبا شماليا.

خواص خطوط الفيض المغناطيسي للملف الدائري:-

١- تفقد خطوط الفيض دائريتها.

٢- تختلف كثافة الفيض من نقطة لنقطة أخرى.

٣- خطوط الفيض عند محور الملف خطوط مستقيمة متوازية متعامدة على مستوى الملف

وهذا يدل على أن المجال منتظما في هذه المنطقة ،وفي اتجاه المحور أي عموديا علي مستوى الملف.

حساب كثافة الفيض المغناطيسي (B) عند مركز ملف دائري:-

نفرض ملفا دائريا نصف قطره (r) متر، وعدد لفاته (N) لفه، ويمر به تيار شدته (I) أمبير، فإن

$$B = \frac{\mu I N}{2r}$$

حيث μ معامل النفاذية المغناطيسية وللhواء $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ W/A.m}$

العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسي في مركز ملف دائري يحمل تيارا:-

١- عدد لفات الملف الدائري (N) تتناسب كثافة الفيض تناسباً طردياً مع عدد اللفات .

٢- شدة التيار المار في الملف (I) تتناسب كثافة الفيض تناسباً طردياً مع شدة التيار .

٣- نصف قطر الملف الدائري (r) تتناسب عكسياً مع نصف قطر الملف .

٤ - النفاذية المغناطيسية للوسط μ كثافة الفيض تتناسب طردياً مع النفاذية المغناطيسية للوسط

$$B \propto \mu$$

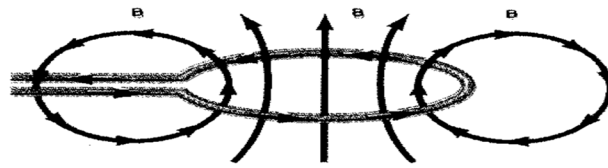
تعيين اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز ملف دائري يمر به تيار:

١- عمليا: بوضع البوصلة المغناطيسية عند مركز الملف الدائري الذي يمر به تيار فيشير قطبها الشمالي إلى اتجاه المجال

٢- نظريا: بتطبيق قاعدة البريمة اليمنى

قاعدة البريمة اليمنى :

أدر بريمة (قلاوظ) باليد اليمنى في اتجاه الربط في اتجاه حركة عقارب الساعة عند مركز الملف بحيث يشير اتجاه دورانها إلى اتجاه التيار في الملف ، فيكون اتجاه اندفاعها هو اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف.



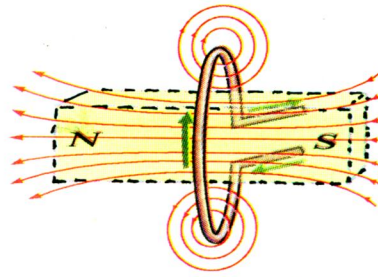
ملف دائري يمر به تيار في اتجاه حركة ربط البريمة



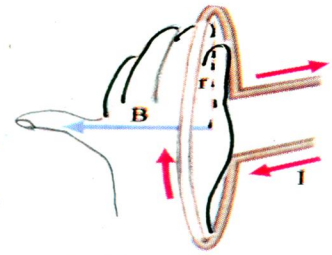
قاعدة البريمة اليمنى
اتجاه حركة مسمار بريمة
(أثناء الربط)

الملف الدائري في حالة مرور التيار به يكافئ (ثنائي قطب مغناطيسي)

حيث لا يوجد في الطبيعة أقطاب منفردة ، فدائما يوجد قطبان أحدهما قطب شمالي. والآخر قطب جنوبي.
الملف الدائري الذي يمر فيه تيار يماثل مغناطيس علي هيئة قرص مصمت له قطبان مستديران

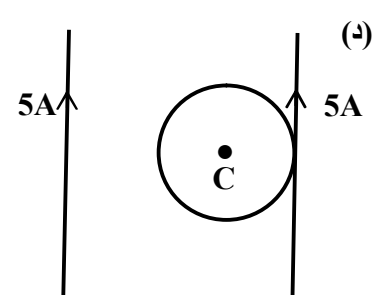
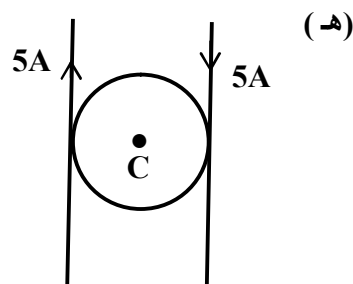
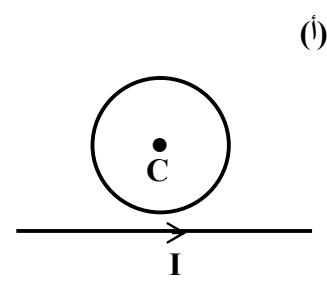
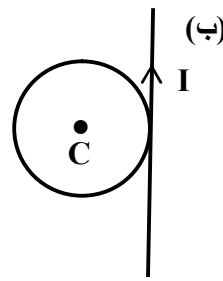
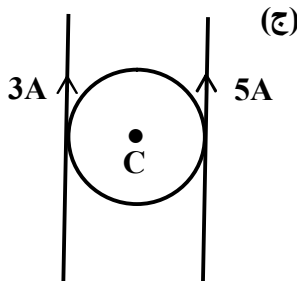


ج - تحديد قطبية الملف



إتجاه المجال عند مركز الملف

س علل حدد اتجاه التيار في الحلقة حتى تنعدم كثافة الفيض عند مركز الحلقة (لاتنحرف البوصلة عند المركز)



عزم ثنائي القطب المغناطيسي

هو كمية متجهة واتجاهها عمودي على الملف واتجاهه الى داخل الملف اذا كان التيار في اتجاه دوران عقارب الساعة (او اتجاهه في اتجاه تقدم البريمة اليمنى اذا كان التيار في اتجاه الربط)

$$|\vec{m_d}| = I A N$$

او هو عزم الازدواج المؤثر على ملف موضوع موازيا لفيض مغناطيسي كثافته واحد تسلا

$$\tau = B |\vec{m_d}| \sin\theta \quad |\vec{m_d}| = \frac{\tau}{B \sin\theta}$$

- وحدة قياس عزم ثنائي القطب هو نيوتن .متر / تسلا او امبير .م² او N.m/T او A . m²
القاعدة المستخدمة في تحديد اتجاه عزم ثنائي القطب :- هي قاعدة البريمة اليمنى

ملاحظات عند حل المسائل

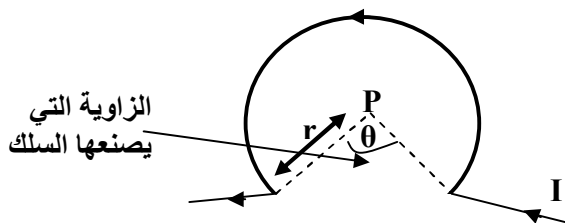
١ - يتعين عدد اللفات بمعلومية طول سلك الملف من العلاقة :

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

حيث L طول السلك ، r نصف قطر الملف

اي ان طول سلك الملف كله = محيط اللفة × عدد اللفات

اذا كان السلك يكون اقل من لفة فيكون :-



الزاوية التي يصنعها السلك

$$N = \frac{\text{الزاوية التي يصنعها السلك}}{360}$$

٢ - في حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك واحد . فإذا كان :

(أ) التيار المار فيهما في اتجاه واحد والملفان في نفس المستوى . فإنه :

$$\bullet \quad \text{عند المركز المشترك} \quad B_t = B_1 + B_2$$

(ب) - التيار المار فيهما في اتجاهين متضادين (او دار احد الملفين بمقدار 180 درجة) فإن :-

$$B_t = B_1 - B_2 \quad \text{حيث } B_1 \text{ أكبر من } B_2$$

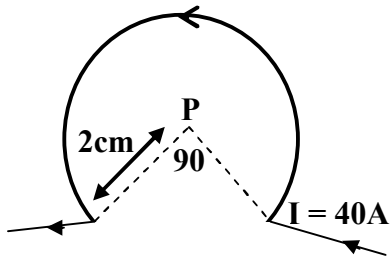
• عند نقطة التعادل، فإن $B_2 = B_1$

(ج) إذا كان الملفان متعامدين (او دار احد الملفين بمقدار 90 درجة) فإن :

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

٣- المسار الدائري للإلكترون حول النواة يمثل ملفاً دائرياً عدد لفاته لفة واحدة، وتتعين شدة التيار المار من العلاقة:
شدة التيار المار = شحنة الإلكترون × عدد الدورات في الثانية

مثال (١)



في الشكل المقابل أوجد :
كثافة الفيض المغناطيسي

عند نقطة P وحدد اتجاهها مع ذكر اسم القاعدة المستخدمة

الحل

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

$$= \frac{360-90}{360} = 0.75 \text{ لفة}$$

$$B = \mu \frac{NI}{2r} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{0.75 \times 40}{2 \times 2 \times 10^{-2}} = 9.42 \times 10^{-4} \text{ T}$$

الفيض خارج عمودياً من الصفحة باستخدام قاعدة البريمة اليمنى

مثال (٢)

إذا مر تيار كهربائي في سلك طوله 26.4cm منحني على شكل قوس من دائرة نصف قطرها 6.5cm فكانت كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز هذه الدائرة $8.25 \times 10^{-6} \text{ T}$ ، احسب شدة التيار المار

الحل

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{26.4}{2\pi \times 5.6} = 0.75 \text{ لفة}$$

$$I = \frac{2Br}{\mu N} = \frac{2 \times 8.25 \times 10^{-6} \times 5.6 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 0.75} = 0.98 \text{ A}$$

مثال (٣)

(٦) إذا مر تيار كهربائي في سلك مستقيم ملفوف على شكل دائرة من لفة واحدة ثم لف نفس السلك على شكل ملف دائري من أربع لفات ومرة نفس التيار ، قارن بين قيمتي كثافة الفيض المغناطيسي في الحالتين - السلك واحد أي طوله ثابت

الحل

$$2\pi r_1 N_1 = 2\pi r_2 N_2$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{4}$$

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

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{N_1 r_2}{N_2 r_1} = \frac{1 \times 1}{4 \times 4} = \frac{1}{16}$$

مثال (٤)

ملفان دائريان متحدان المركز الاول يمر به تيار شدته 7A وعدد لفاته 400 لفة ونصف قطره 20cm والثانى يمر به تيار شدته 10A وعدد لفاته 500 لفة ونصف قطره 10cm فإذا كان التيار المار بهما فى نفس الاتجاه ، أوجد كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملفان فى الحالات الاتية :

(أ) عندما يكون فى مستوى واحد

(ب) عندما يدور أحدهما 180°

(ج) عندما يدور أحدهما 90°

الحل

$$\begin{aligned} B_t &= B_1 + B_2 \\ &= \frac{\mu N_1 I_1}{2r_1} + \frac{\mu N_2 I_2}{2r_2} \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 400 \times 7}{2 \times 0.2} + \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 500 \times 10}{2 \times 0.1} \\ &= (8.8 \times 10^{-3}) + (31.4 \times 10^{-3}) \\ &= 40.2 \times 10^{-3} T \end{aligned} \quad (أ)$$

(ب) التياران فى اتجاهين متضادين :

$$\begin{aligned} B_t &= B_1 - B_2 \\ &= (31.4 \times 10^{-3}) - (8.8 \times 10^{-3}) \\ &= 22.6 \times 10^{-3} T \end{aligned}$$

(ج) الملفان متعامدان :

$$\begin{aligned} B_t &= \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \\ &= \sqrt{(8.8 \times 10^{-3})^2 + (31.4 \times 10^{-3})^2} \\ &= 32.6 \times 10^{-3} T \end{aligned}$$

مثال (٥)

ملفان دائريان متحدان المركز وفى مستوى واحد قطر الاول ضعف قطر الثانى يمر بكل منهما نفس التيار وفى نفس الاتجاه فكان B_1 (للملف الخارجى) $B_2 > B_1$ (للملف الداخلى) وعند عكس اتجاه التيار فى الملف الخارجى قلت كثافة الفيض الناشئ عنهما عند المركز الى النصف ، احسب النسبة بين عدد لفاتهما بعد عكس اتجاه التيار :

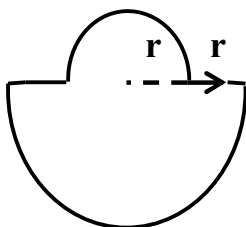
الحل

$$\begin{aligned} B_2 - B_1 &= \frac{1}{2} (B_2 + B_1) \\ B_2 &= 3B_1 \\ \frac{\mu I N_2}{2r_2} &= \frac{3\mu I N_1}{4r_1} \\ \frac{N_2}{N_1} &= \frac{2}{3} \end{aligned}$$

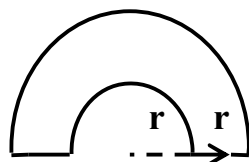
مثال (٦)

س :- الاشكال الاتية توضح انصاف حلقات يمر بها نفس التيار I احسب كثافة الفيض عند المركز بدلالة

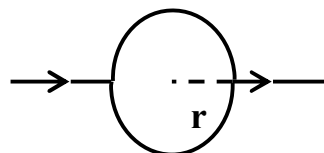
I, r, μ



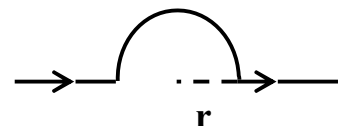
(4)



(3)



(2)



(1)

الحل

نفرض ان نصف قطر الملف الاصغر $r_1 = r$ ونصف قطر الملف الاكبر $r_2 = 2r$ وعدد لفات الملف الاصغر = عدد

لفات الملف الاكبر

$$N_1 = N_2 = \frac{1}{2} \text{ turn}$$

وكثافة الفيض للملف الاصغر B_1 وللملف الاكبر B_2

$$B_1 = \frac{\mu I N_1}{2r_1} \quad B_1 = \frac{\mu I \times \frac{1}{2}}{2r} \quad B_1 = \frac{\mu I}{4r} \quad \text{الحالة (1)}$$

$$B_1 = \frac{\mu I N_1}{2r_1} \quad B_1 = \frac{\mu I \times \frac{1}{2}}{2r} \quad B_1 = \frac{\mu I}{4r} \quad \text{الحالة (2)}$$

$$B_2 = \frac{\mu I N_2}{2r_2} \quad B_2 = \frac{\mu I \times \frac{1}{2}}{2r} \quad B_2 = \frac{\mu I}{4r}$$

$$B_t = B_1 - B_2 = \text{صفر}$$

$$B_1 = \frac{\mu I N_1}{2r_1} \quad B_1 = \frac{\mu I \times \frac{1}{2}}{2r} \quad B_1 = \frac{\mu I}{4r} \quad \text{الحالة (3)}$$

$$B_2 = \frac{\mu I N_2}{2r_2} \quad B_2 = \frac{\mu I \times \frac{1}{2}}{4r} \quad B_2 = \frac{\mu I}{8r}$$

$$B_t = B_1 - B_2 = \frac{\mu I}{8r}$$

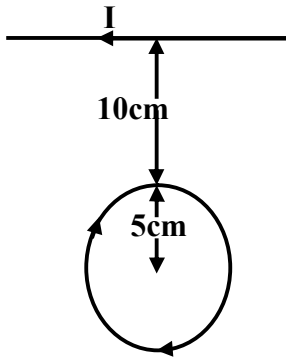
الحالة (4)

$$B_1 = \frac{\mu I N_1}{2r_1} \quad B_1 = \frac{\mu I \times \frac{1}{2}}{2r} \quad B_1 = \frac{\mu I}{4r}$$

$$B_2 = \frac{\mu I N_2}{2r_2} \quad B_2 = \frac{\mu I \times \frac{1}{2}}{4r} \quad B_2 = \frac{\mu I}{8r}$$

$$B_t = B_1 + B_2 = \frac{3 \mu I}{8r}$$

مثال (٧)



ملف دائري عدد لفاته 3 لفات ونصف قطره 5cm يمر به تيار 1A يوجد على بعد 10cm منة سلك مستقيم طويل في نفس المستوى يمر به تيار I كما بالشكل ، احسب
(أ) قيمة I التي تجعل كثافة الفيض عند مركز الملف الدائري تنعدم
(ب) قيمة كثافة الفيض عند مركز الملف اذا عكس اتجاه التيار

لحل

(أ)

$$B_{\text{(ملف)}} = B_{\text{(سلك)}}$$

$$\mu \frac{NI_{\text{(ملف)}}}{2r} = \mu \frac{I_{\text{(سلك)}}}{2\pi d}$$

$$\frac{3 \times 1}{2 \times 5} = \frac{I_{\text{(سلك)}}}{2\pi \times 15}$$

$$I_{\text{(سلك)}} = 28.29A$$

(ب)

$$B = B_{\text{(ملف)}} + B_{\text{(سلك)}}$$

$$= \mu \frac{NI_{\text{(ملف)}}}{2r} + \mu \frac{I_{\text{(سلك)}}}{2\pi d}$$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \left(\frac{3 \times 1}{2 \times 0.05} + \frac{28.29}{2 \times 0.15} \right)$$

$$= 7.54 \times 10^{-5}T$$

مثال (٨)

احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري يتكون من لفة واحدة نصف قطره 0.1m يمر به تيار شدته 10A وإذا كان هناك سلك مستقيم يمر به تيار كهربى لة نفس الشدة ، فما بعد النقطة عن السلك تكون كثافة الفيض المغناطيسي عندها لها نفس القيمة ؟ (علما بان : $\pi = 3.14$)

لحل

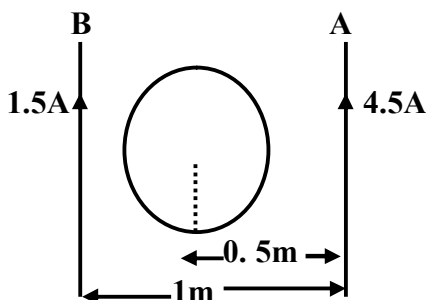
$$B_{\text{(ملف)}} = \mu \frac{NI}{2r} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{1 \times 10}{2 \times 0.1}$$

$$= 6.28 \times 10^{-5}T$$

$$B_{\text{(سلك)}} = \mu \frac{I}{2\pi d}$$

$$d = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 6.28 \times 10^{-5}} = 0.032m$$

مثال (٩)



A ، B سلكان مستقيمان المسافة بينهما 1m يمر به السلك A تيار كهربى شدته 4.5A ويمر فى السلك B تيار كهربى شدته 1.5A فى نفس الاتجاه ، وضع ملف دائري فى نفس مستوى السلكين مكون من لفة واحدة ونصف قطره 10cm وكان مركز الملف يبعد عن السلك A مسافة قدرها 0.5m كما هو موضح بالشكل ، مامقدار واتجاه التيار المار فى الملف الدائري بحيث تصبح كثافة الفيض المغناطيسي عند مركزه تساوى صفرا ؟

لحل

$$B_{t(\text{سلكنين})} = \frac{\mu}{2\pi} \left(\frac{I_A}{d_1} - \frac{I_B}{d_2} \right)$$

حيث d_1 بعد السلك A عند مركز الملف ، d_2 بعد السلك B عن مركز الملف

$$B_{t(\text{سلكنين})} = \frac{\mu}{2\pi} \left(\frac{4.5}{0.5} - \frac{1.5}{0.5} \right) = 3 \frac{\mu}{\pi}$$

واتجاهه عمودي على المستوى الورقة للخارج

$$B_{(\text{ملف})} = \frac{\mu NI}{2r}$$

$$B_{t(\text{سلكنين})} = B_{(\text{ملف})}$$

$$\frac{3\mu}{\pi} = \frac{\mu NI}{2r}$$

$$I = \frac{6r}{N\pi}$$

$$I = \frac{6 \times 10 \times \pi \times 10^{-2}}{1 \times \pi} = 0.6 \text{ A}$$

واتجاهه فى الملف فى اتجاه عقارب الساعة

مثال (١٠)

ملف دائرى عدد لفاته N ونصف قطره 10cm اذا مر به تيار كهربى I تولد عند مركزه فيض مغناطيسى كثافة $2 \times 10^{-4} \text{ T}$ ، احسب قيمة عزم ثنائى القطب المغناطيسى لة

لحل

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

$$I = \frac{2rB}{\mu N}$$

$$|\vec{m}_d| = IAN$$

$$= \frac{2rB}{\mu N} AN = \frac{2rBA}{\mu}$$

$$= \frac{2 \times 0.1 \times 2 \times 10^{-4} \times \pi \times (0.1)^2}{4\pi \times 10^{-7}} = 1 \text{ A.m}^2$$

مثال (١١)

ملف دائرى مساحة وجهه 3.14 cm^2 يمر به تيار كهربى معين بحيث تكون كثافة الفيض عند مركزه هي $2 \times 10^{-5} \text{ T}$ ، احسب عزم ثنائى القطب لة ($\pi = 3.14$)

لحل

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

$$I = \frac{2rB}{\mu N}$$

$$|\vec{m}_d| = IAN$$

$$= \frac{2rBA}{\mu}$$

$$A = \pi r^2$$

$$3.14 \times 10^{-4} = \pi r^2$$

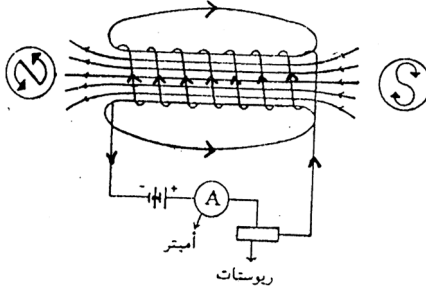
$$r = \sqrt{\frac{3.14 \times 10^{-4}}{\pi}} = 0.01 \text{ m}$$

$$|\vec{m}_d| = \frac{2 \times 0.01 \times 2 \times 10^{-5} \times 3.14 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7}} = 10^{-4} \text{ A.m}^2$$

ثالثاً :- المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف لولبي (حلزوني)

نصل طرفي سلك ملفوف لفا حلزونيا (ملف لولبي) بمصدر تيار مستمر يتولد مجال مغناطيسي يشبه الى حد كبير المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي ومن الشكل نلاحظ الآتي :-

شكل المجال المغناطيسي



١ - داخل الملف :- يكاد يكون منتظما أي أن خطوط الفيض

عند محور الملف تكون متوازية ، وموازية لمحوره.

٢ - خارج الملف :- يشبه المجال المغناطيسي الناتج عن قضيب مغناطيسي

٣. كل خط يمثل مسارا متصلا داخل و خارج الملف .

* ويلاحظ ان :- طرف الملف الذي تخرج منه خطوط الفيض المغناطيسي هو القطب الشمالي و الطرف الذي تدخل فيه هو القطب الجنوبي.

حساب كثافة الفيض المغناطيسي (B)

عند أي نقطة علي محور ملف لولبي حيث (L) طول الملف ، (N) عدد لفاته ، (I) شدة التيار فإن

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

حيث μ معامل النفاذية المغناطيسية للوسط وللواء يساوي $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ w/A.m}$ والمقدار $\frac{N}{L}$ يساوي عدد اللفات في وحدة الأطوال n لفة / متر

ويمكن كتابة القانون السابق على الصورة $B = \mu I n$

العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسي (B) عند أي نقطة على المحور داخل الملف اللولبي.

١ - شدة التيار (I)

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسي طرديا مع شدة التيار.

$$B \propto I$$

٢ - عدد اللفات (N)

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسي طرديا مع عدد اللفات .

$$B \propto N$$

٣ - طول الملف (L)

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسي عكسيا مع طول الملف

$$B \propto \frac{1}{L}$$

(أو تتناسب كثافة الفيض المغناطيسي طرديا مع عدد اللفات في وحدة الأطوال)

$$B \propto n$$

٤ - النفاذية المغناطيسية للوسط μ

كثافة الفيض تتناسب طرديا مع النفاذية المغناطيسية للوسط

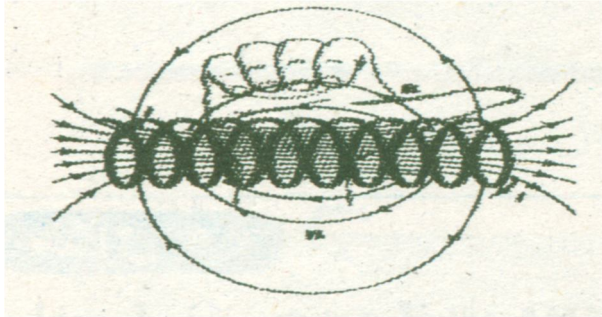
$$B \propto \mu$$

تعيين اتجاه المجال المغناطيسي

ويتم ذلك بتعيين نوع القطب في كل من وجهي الملف اللولبي.
بواسطة قاعدة اليد اليمنى لأمبير. او قاعدة البريمة اليمنى

قاعدة أمبير لليد اليمنى:

نتخيل أننا نقبض علي الملف باليد اليمنى بحيث تشير
أصابع اليد اليمنى ما عدا الإبهام إلي اتجاه التيار
في الملف فيكون اتجاه الإبهام العمودي علي الأصابع
يشير إلي اتجاه القطب الشمالي.

ملاحظات

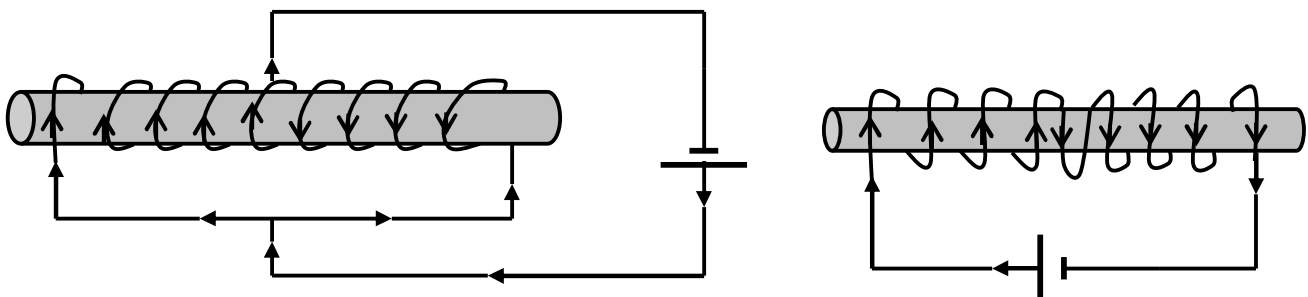
١ يمكن زيادة شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف بوضع قضبان من الحديد المطاوع داخل الملف (علل).

لأن النفاذية المغناطيسية للحديد كبيرة جداً بالنسبة للنفاذية المغناطيسية للهواء كما أن القلب الحديدي يتمغنط نتيجة مرور التيار في الملف وينشأ عنه خطوط فيض مغناطيسي تضاف لخطوط الفيض الناشئ عن تيار الملف .

٢ - (علل) قد يمر تيار كهربائي مستمر في ملف حلزوني ولا يتولد عنه مجال مغناطيسي (او قد لا يتمغنط ساق حديد في لف حولها سلك يمر به تيار مستمر)

لأن الملف يكون ملفوفاً لفا مزدوجاً حيث يلاشى المجال المغناطيسي لأحد الفرعين المجال الناشئ عن الفرع الآخر حيث يكون اتجاه التيار في أحد الفرعين في عكس اتجاه التيار في الفرع الآخر .

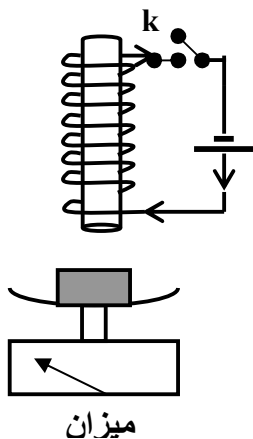
٣ - يمكن الحصول على ملف لولبي يمر به تيار كهربائي مستمر ويكون له قطبان خارجيان متشابهان في طرفيه حيث يتم ذلك بطريقتين هما



س ١:- ملف حلزوني من النحاس طوله L وعدد لفاته N متصل ببطارية قوتها الدافعة الكهربائية V_B ماذا يحدث عند :

١	وضع اسطوانه من الحديد المطاوع داخل الملف	تزداد كثافة الفيض المغناطيسي لان النفاذية المغناطيسية للحديد اكبر منها للهواء فيعمل على تركيز خطوط الفيض .حيث $B \propto \mu$
٢	تقليل المسافة الفاصلة بين كل لفتين الى النصف	تزداد كثافة الفيض الى الضعف لان طول الملف يقل الى النصف مع ثبوت عدد اللفات .حيث $B \propto \frac{1}{L}$
٣	قطع نصف طول الملف وتوصيل ما تبقى منه بنفس البطارية	تزداد كثافة الفيض الى الضعف لان مقاومة الملف تقل الى النصف فتزداد شدة التيار الى الضعف مع ثبوت عدد اللفات في وحدة الاطوال .حيث $B \propto I$
٤	استبدال الملف النحاسي باخر من الالمونيوم	تقل كثافة الفيض لان المقاومة النوعية للنحاس اقل من المقاومة النوعية للالمونيوم فيكون مقاومة ملف النحاس اقل من مقاومة ملف الالمونيوم فيصبح شدة التيار المار في ملف النحاس اكبر منها في الالمونيوم حيث $B \propto I$

س ٢:- في الشكل المقابل ملف مثبت فوق قطعة حديد مطاوع موضوع على قب ميزان :-



(أ) حدد نوع القطب المتكون في الملف عند الطرف القريب من قطعة الحديد مع ذكر

اسم القاعدة المستخدمة في تحديد قطبية الملف

(ب) ماذا يحدث لقراءة الميزان

١- عند غلق المفتاح k .

٢- اذا عكس قطبي البطارية .

الحل

(أ) يتكون قطب شمالي والقاعدة المستخدمة امبير لليد اليمنى

(ب) ١- تقل قراءة الميزان لان المجال المغناطيسي الناتج من الملف يعمل على مغنطة قطعة

الحديد فيجذب الملف قطعة الحديد حيث يتكون قطب جنوبي عند الطرف القريب من الملف

٢- تقل قراءة الميزان لنفس السبب السابق

لاحظ ان :-

قطبية الملف تتغير بتغير اتجاه التيار .

ملاحظات عند حل المسائل

١- يتعين عدد اللفات بمعلومية طول سلك الملف من العلاقة :

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

حيث L طول السلك (طول سلك الملف وليس طول الملف) ، r نصف قطر الملفأي أن طول سلك الملف كله = محيط اللفة \times عدد اللفاتلاحظ انه في الملف الحلزوني طول سلك الملف اكبر دائما من طول الملف

٢- إذا تم إبعاد لفات الملف الدائري ، فإنه يصبح ملفا لولبيا ونطبق قانون الملف اللولبي حيث عدد اللفات لم يتغير او شدة التيار .

٣- وللمقارنة بين كثافتى الفيض فى الحالتين نطبق العلاقة:

$$\frac{B_1 \text{ دائرى}}{B_2 \text{ حلزونى}} = \frac{L \text{ حلزونى}}{2r \text{ دائرى}}$$

٤ - فى حالة ملف حلزونى لفاة متماسة

$$L = N2r$$

\swarrow طول الملف \swarrow عدد اللفات \uparrow قطر السلك

مثال (١)

ملف لولبى طوله 20cm وعدد لفاته 200 لفة يمر به تيار شدته 0.5A أوجد كثافة الفيض عند منتصف محورة (أ) اذا كان الوسط هواء

(ب) اذا وضع قلب من الحديد داخل الملف ($\mu_{\text{حديد}} = 2 \times 10^{-3} \text{ Wb / A.m}$)

$$B = \mu \frac{NI}{L} \quad (أ)$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200 \times 0.5}{0.2}$$

$$= 6.28 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B = 2 \times 10^{-3} \times \frac{200 \times 0.5}{0.2} = 1 \text{ T} \quad (ب)$$

مثال (٢)

ملف لولبي عدد لفاته 100 لفة وطولة 50cm ومقاومة اللفة الواحدة 0.01Ω وصل بمصدر جهد 2V ومقاومة الداخلية مهملة ، احسب كثافة الفيض عند منتصف محورة ، ثم احسب القيمة التي ستؤول لها كثافة الفيض اذا تم قص 50 لفة منه ثم وصل بنفس المصدر

$$R_{\text{(ملف)}} = 0.01 \times 100 = 1\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2}{1} = 2\Omega$$

$$B = \mu \frac{NI}{L} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100 \times 2}{0.5}$$

$$= 5.03 \times 10^{-4} T$$

* عند قص 50 لفة من الملف :

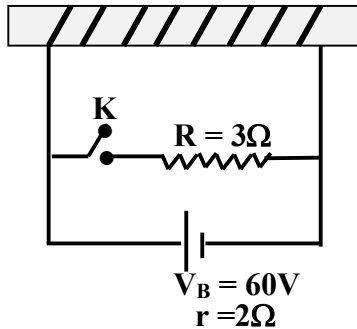
$$R_{\text{(ملف)}} = 0.01 \times 50 = 0.5\Omega$$

$$L = \frac{50}{2} = 25$$

$$I = \frac{2}{0.5} = 4A$$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{50 \times 4}{0.25} = 1.01 \times 10^{-3} T$$

مثال (٣)



ملف لولبي طوله 20cm وعدد لفاته 100 لفة ومقاومة 6Ω مدمج في الدائرة الكهربائية الموضحة ، احسب كثافة الفيض عند منتصف محورة في حالة :

- (أ) فتح المفتاح K
(ب) غلق المفتاح K

$$R_{eq} = 6\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_{eq} + r} = \frac{60}{6 + 2} = 7.5A$$

$$B = \mu \frac{NI}{L} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100 \times 7.5}{0.2}$$

$$= 4.71 \times 10^{-3} T$$

$$R_{eq} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_{eq} + r} = \frac{60}{2 + 2} = 15A$$

$$I_{\text{(الملف)}} = \frac{1}{3} \times I = \frac{1}{3} \times 15 = 5A$$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100 \times 5}{0.2} = 3.14 \times 10^{-3} T$$

مثال (٤)

ملف لولبي طوله 0.6m يمر به تيار شدته 10A وإذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي الناشئ عند منتصف محوره تساوي 0.05T ، احسب
(أ) عدد اللفات لكل وحدة أطوال مئة
(ب) عدد لفاتة (علما لان : $\pi = 3.14$)

الحل

$$n = \frac{B}{\mu I} = \frac{0.05}{4\pi \times 10^{-7} \times 10}$$

$$= 3980.9 \text{ لفة / متر}$$

$$N = nL = 3980.9 \times 0.6 = 2388.5 \text{ لفة}$$

مثال (٥)

سلك معزول قطره 0.2cm لف حول ساق حديد نفاذيتها $2 \times 10^{-3} \text{ Wb / A.m}$ بحيث تكون اللفات متماسة معا على طول الساق ، فإذا مر بها تيار شدته 5A ، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند منتصف محوره
الحل

$$L = 2rN$$

طول الملف اللولبي :

$$B = \mu \frac{NI}{L} = \frac{2 \times 10^{-3} \times N \times 5}{0.2 \times 10^{-2} \times N} = 5T$$

مثال (٦)

ملف حلزوني عدد لفاتة 56 وطوله 10cm يمر به تيار يولد عند منتصف محوره مجالا مغناطيسيا كثافته $14 \times 10^{-5} \text{ T}$ ، احسب
(أ) شدة التيار المار فيه
(ب) كثافة الفيض المغناطيسي عند مركزه اذا ضغطت لفاته ليصبح ملف دائري قطره 20cm
الحل

(أ)

$$B = \mu \frac{NI}{L}$$

$$14 \times 10^{-5} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{56 \times I}{10 \times 10^{-2}}$$

$$I = 0.199A$$

(ب)

$$B = \mu \frac{NI}{L}$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{56 \times 0.199}{2 \times 10 \times 10^{-2}} = 7 \times 10^{-5} T$$

مثال (٧)

ملف دائرى قطره 12cm يمر به تيار كهربى يولد مجالا مغناطيسيا عند مركزه ، ابعدت لفاته بانتظام عن بعضها فى اتجاه محوره ليصبح ملفا حلزونيا يمر به نفس شدة التيار فاصبحت كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة داخله وتقع على محوره $\frac{1}{2}$ كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف الدائري ، احسب طول الملف الحلزونى حينئذ

$$\begin{aligned} B_{\text{(حلزونى)}} &= \frac{1}{2} B_{\text{(دائري)}} \\ \mu \frac{NI}{L} &= \frac{1}{2} \mu \frac{NI}{2r} \\ L &= 4r = 4 \times 6 \times 10^{-2} = 0.24\text{m} \end{aligned}$$

مثال (٨)

ملفان لولبيان أحدهما داخل الآخر لهما محور مشترك ، تحتوى وحدة الاطوال من الملف الاول على 10 لفات ومن الملف الثانى على 20 لفه ، فاذا كان تيار الملف الاول 2A والثانى 4A ، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة بداخلهما على المحور :

(أ) عندما يكون التياران فى نفس الاتجاه
(ب) عندما يكون التياران فى اتجاهين متضادين ($\pi = 3.14$)

$$\begin{aligned} B_1 &= \mu n_1 I_1 \\ &= 4\pi \times 10^{-7} \times 10 \times 2 \\ &= 25.12 \times 10^{-6} \text{T} \\ B_2 &= \mu n_2 I_2 = 4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 4 \\ &= 100.48 \times 10^{-6} \text{T} \\ B_t &= B_1 + B_2 \\ &= 125.6 \times 10^{-6} \text{T} \\ B_t &= B_1 - B_2 \\ &= 75.3 \times 10^{-6} \text{T} \end{aligned}$$

(أ)

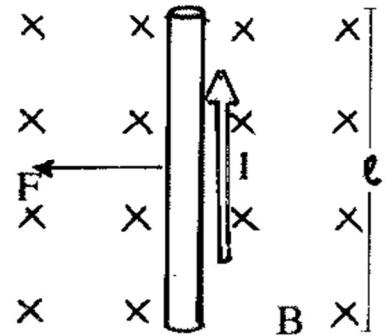
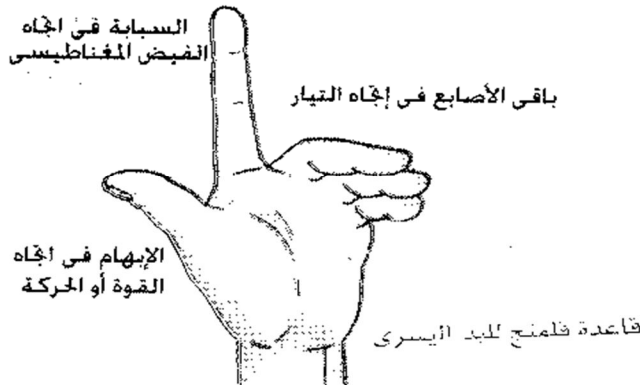
(ب)

مثال (٩)

سلك مستقيم يحمل تيارا شدته 5A وضع عموديا على محور ملف حلزونى ، عدد لفاته 10 لفات وطوله 15cm ويمر به تيار شدته $\frac{7}{22} \text{A}$ ، أوجد كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة على محور الملف وعلى بعد 5cm من السلك

$$\begin{aligned} B_{\text{(سلك)}} &= \mu \frac{I}{2\pi d} \\ &= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{5}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} \\ &= 2 \times 10^{-5} \text{T} \\ B_{\text{(حلزونى)}} &= \mu \frac{NI}{L} \\ &= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{10 \times \frac{7}{22}}{15 \times 10^{-2}} \\ &= 2.67 \times 10^{-5} \text{T} \\ B_t &= \sqrt{B_{\text{(سلك)}}^2 + B_{\text{(حلزونى)}}^2} \\ &= \sqrt{(2 \times 10^{-5})^2 + (2.67 \times 10^{-5})^2} \\ &= 3.34 \times 10^{-5} \text{T} \end{aligned}$$

القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي على سلك يمر به تيار كهربائي موضوع في هذا المجال



نضع سلكا مستقيما يمر به تيار بين قطبي مغناطيس

تتسأ قوة تؤثر على السلك تحركه في اتجاه عمودي على كل من :

- ١- اتجاه المجال المغناطيسي .
- ٢- اتجاه التيار.

• وعند عكس اتجاه التيار أو اتجاه المجال المغناطيسي

ينعكس اتجاه القوة المؤثرة على السلك فيعكس السلك اتجاه حركته.

• اتجاه القوة المؤثرة (اتجاه حركة السلك) تتوقف على اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه التيار.

• نستنتج مما سبق :-

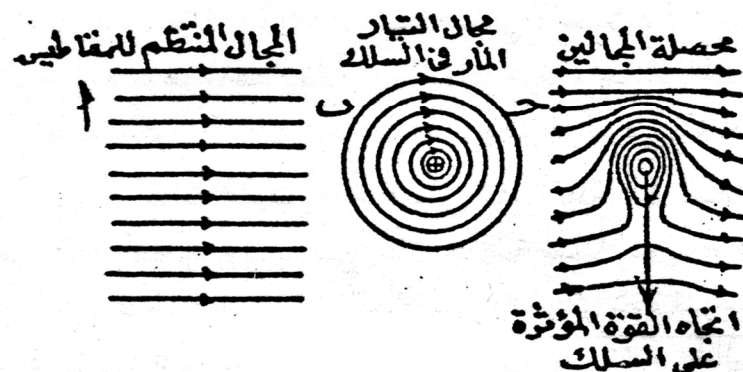
عندما يمر تيار كهربائي في سلك موضوع عموديا على اتجاه مجال مغناطيسي، فإنه يتحرك بتأثير قوة المجال المغناطيسي في اتجاه عمودي على كل من اتجاه المجال واتجاه التيار.

تعيين اتجاه القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي على سلك يحمل تيارا وموضوع عموديا في مجال مغناطيسي بواسطة

قاعدة اليد اليسرى لفلمنج:

اجعل أصابع يديك اليسرى والإبهام و السبابة متعامدين على بعضهما وعلى باقي الأصابع بحيث يشير السبابة لاتجاه المجال وباقي الأصابع ما عدا الإبهام لاتجاه التيار فيكون الإبهام مشيرا لاتجاه الحركة (القوة المغناطيسية)

تفسير تولد القوة المغناطيسية



- ١- نفرض أن المجال المغناطيسي المنتظم يقع في مستوى الورقة ونفرض أن السلك عمودي على هذا المستوى .

- ٢- عند إمرار التيار الكهربى في السلك بحيث يكون اتجاه التيار الى داخل الورقة يتولد عنه مجال مغناطيسى حول السلك يكون خطوط الفيض فيه عبارة عن دوائر منتظمة يمكن تعيين اتجاهها بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لأمبير.
- ٣- يتراكب المجال المنتظم مع المجال المغناطيسى للتيار الكهربى في السلك المستقيم .
لذلك نلاحظ :

- المجالان أعلى السلك في اتجاه واحد وعلى ذلك تتزاحم خطوط الفيض وتزداد شدة المجال الكلى .
- المجالان أسفل السلك في اتجاهين متضادين لذلك تتباعد خطوط الفيض وتقل شدة المجال الكلى.
- قوة التنافر أعلى لسلك أكبر من قوة التنافر أسفل السلك .
- تعمل محصلة القوتين على تحريك السلك لأسفل طبقا لقاعدة فلمنج لليد اليسرى .

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يحمل تيارا كهربيا:

ثبت بالتجربة العملية (الدراسة الماكروسكوبية) ما يأتي:

(أ) عند ثبوت كثافة الفيض (B)، وشدة التيار (I)؛ فإن: (١)

$$F \propto L$$

(ب) عند ثبوت كثافة الفيض B، طول السلك L فإن (2)

$$F \propto I$$

(ج) عند ثبوت شدة التيار I، طول السلك L فإن (3)

$$F \propto B$$

$$F \propto B I L$$

من 1 و 2 و 3 نجدان

$$F \propto \text{const.} \times B I L$$

ويتوقف مقدار هذا الثابت علي نوع الوحدات المستخدمة وللتخلص من المقدار الثابت يجب أن يساوي واحدا وذلك باختيار وحدة لقياس كثافة الفيض المغناطيسي و هي التسلا حيث تصبح :

$$F = 1 \text{ N} \quad \text{القوة مساوية واحد نيوتن .}$$

$$L = 1 \text{ m} \quad \text{عندما يكون طول السلك مساويا واحد}$$

$$I = 1 \text{ A} \quad \text{ويحمل تيارا كهربيا شدته واحد أمبير}$$

وبالتالي يصبح المقدار الثابت مساويا واحد صحيح عندما يكون السلك عموديا علي اتجاه المجال.

وعندئذ يكون

$$F = B I L$$

ملاحظات

١- إذا كان السلك يميل بزاوية (θ) علي اتجاه المجال المغناطيسي لا بد من تحليل كثافة الفيض المغناطيسي

إلى مركبتين متعامدتين هما:

(أ) مركبة موازية لاتجاه مرور التيار في السلك ،وهي $B \cos \theta$ هي لا تحدث أي قوة .

(ب) مركبة عمودية علي اتجاه مرور التيار في السلك وهي $B \sin \theta$

وهي التي تؤثر في القوة المحركة للسلك

وبالتالي تصبح العلاقة السابقة في حالة وجود زاوية

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

٢- إذا كان السلك موازيا للمجال، فإن θ تساوي صفرا وتصبح $\sin \theta$ تساوي صفر لذلك تنعدم القوة وبالتالي لا يتحرك السلك.

٣- إذا كان السلك عموديا على المجال فإن θ تساوى 90 درجة وتصبح $\sin \theta$ تساوي الواحد وتكون القوة المغناطيسية اكبر مايمكن

٤- يمكن وضع تعريف لكثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة من العلاقة

$$B = \frac{F}{I L \sin \theta}$$

كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة

هو القوة المغناطيسية التي يؤثر بها هذا الفيض على سلك طوله واحد متر عندما يمر به تيار شدته واحد أمبير موضوع عموديا على هذا الفيض.

٥- كما يمكن من نفس العلاقة وضع تعريف لوحدة كثافة الفيض المغناطيسي "التسلا".

التسلا (وحدة كثافة الفيض المغناطيسي):

هي كثافة الفيض المغناطيسي التي تولد قوة مقدارها واحد نيوتن في سلك طوله واحد متر يمر به تيار كهربى شدته واحد أمبير عندما يكون السلك موضوع عموديا على خطوط الفيض المغناطيسي .

س :- ما معنى أن كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة 0.03 Tesla

الحل :- أى أنه إذا وضع عند تلك النقطة سلك طوله واحد متر ويحمل تيارا شدته واحد أمبير ووكان السلك موضوع عموديا على خطوط الفيض المغناطيسي ، فإنه يتأثر بقوة مقدارها 0.03 نيوتن.

(علل) يتحرك سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع عموديا على فيض مغناطيسى

لاختلاف محصلة كثافة الفيض على جانبي السلك فيتتحرك السلك من الموضع الاكبر فى كثافة الفيض الى الموضع الاقل

(علل) اذا مر تيار كهربى فى كل من ملف حلزوني وسلك مستقيم منطبق على محور الملف فان السلك لن يتأثر بقوة

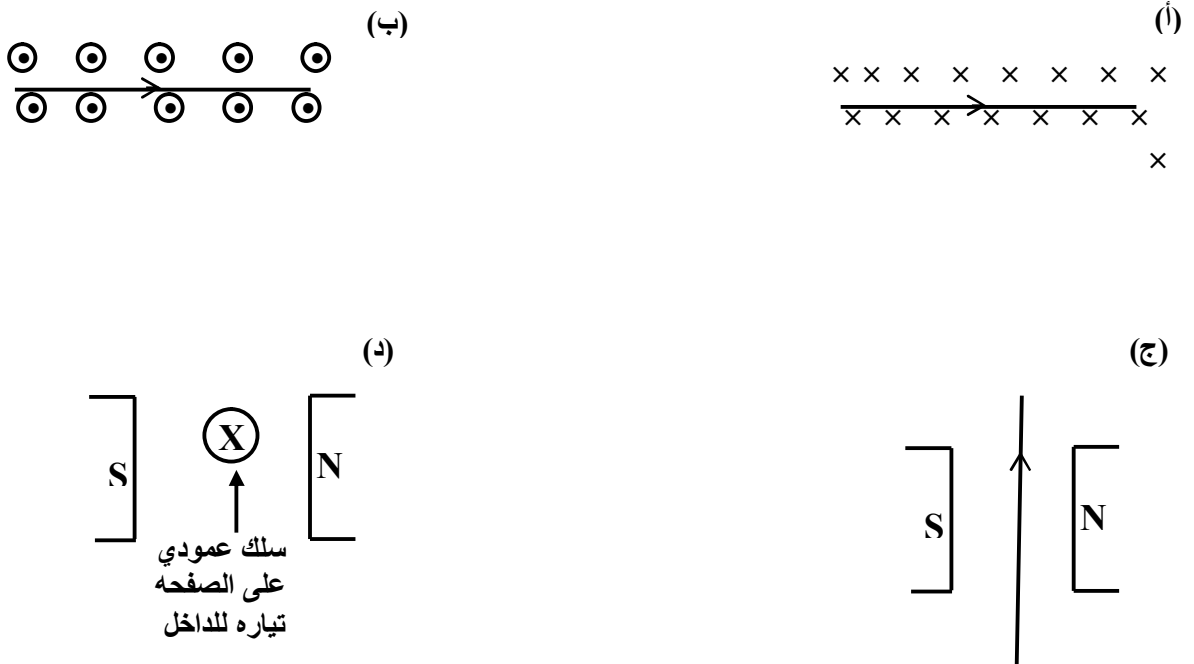
مغناطيسية

لان السلك يكون موضوعا موازيا للفيض المغناطيسى الناشى عن مرور تيار فى الملف الحلزوني فتكون

$\theta = 0$ صفر ويصبح صفر $\sin \theta$

٦- سلك كثافة الطويلة 40g / cm فيصبح $L = 1 \times 10^{-2} m$ $m = 40 \times 10^{-3} Kg$

س ١ حدد اتجاه القوة المؤثرة على السلك في الحالات الآتية



س ٢ حدد اتجاه التيار في السلك ab حتى يظل معلقا



س ٣ حدد اتجاه المجال الموضوع فيه السلك حتى يتعلق السلك



مثال (١)

سلك مستقيم طوله 30 cm يمر به تيار كهربائي شدته 10 A موضوع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.06 Tesla احسب القوة المؤثرة على السلك في الحالات الآتية:-

(أ) إذا كان السلك عموديا على المجال. $\theta = 90^\circ$

(ب) إذا كان السلك يميل بزاوية $\theta = 30^\circ$ على المجال .

(ج) إذا كان السلك موازيا للمجال.

الحل

$$F = BIL \sin\theta \therefore$$

(أ) إذا كان السلك عموديا على المجال

$$F = 0.06 \times 10 \times 0.3 \sin 90$$

$$F = 0.18 \text{ N}$$

∴

(ب) إذا كان السلك يميل بزاوية $\theta = 30^\circ$ على المجال .

$$F = 0.06 \times 10 \times 0.3 \sin 30 = 0.09 \text{ N}$$

$$F = 0$$

$$\theta = 0$$

(ج) إذا كان السلك موازيا للمجال.

مثال (٢)

سلك معدني مستقيم طوله (L) ومساحة مقطعة 10mm^2 ، والمقاومة النوعية لمادته $2.8 \times 10^{-8} \Omega.m$ متصل ببطارية قوتها الدافعة 3V ومهملة المقاومة الداخلية :

(أ) أوجد مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك عند وضعه عموديا على مجال مغناطيسي كثافة فيضة 10^{-3} تسلا

(ب) ماذا يحدث لمقدار القوة المؤثرة على السلك اذا زاد قطر للضعف ؟

الحل

$$I = \frac{V}{R} = \frac{VA}{\rho_e L} \quad (1)$$

$$F = BIL = \frac{BVAL}{\rho_e L}$$

$$F = \frac{BVA}{\rho_e} = \frac{10^{-3} \times 3 \times 10 \times 10^{-6}}{2.8 \times 10^{-8}} = 1.07 \text{ N}$$

(ب) عندما يزداد قطر السلك للضعف تقل مقاومته الى الربع فتزداد شدة التيار الى أربع أمثال فتزيد القوة أربع أمثال

$$F = 4 \times 1.07 = 4.28 \text{ N}$$

مثال (٣)

سلك معدني ملفوف على هيئة ملف دائري نصف قطره 7cm وعدد لفاته 4 لفات ، عندما يمر فيه تيار كهربائي ينشأ عند مركزه مجال مغناطيسي كثافة الفيضة $3.52 \times 10^{-5} \text{ Wb / m}^2$ فإذا شد الملف ليصبح سلكا مستقيما ومر به نفس التيار ووضع في مجال مغناطيسي كثافة الفيضة 1.5 Wb / m^2 بحيث يميل على اتجاه المجال بزاوية 30° ، احسب مقدار القوة المؤثرة على السلك

الحل

$$B = \mu \frac{NI}{L}$$

$$3.52 \times 10^{-5} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{4 \times I}{2 \times 7 \times 10^{-2}}$$

$$I = 0.98 \text{ A}$$

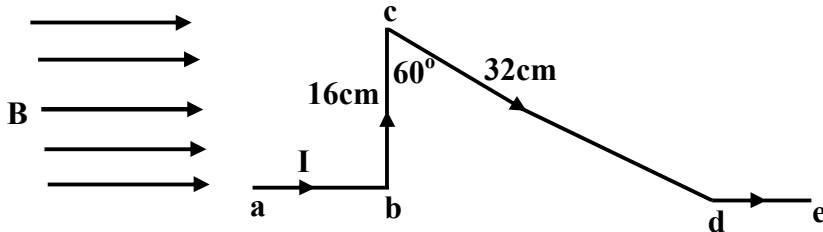
$$F = BIL \sin \theta$$

$$L = 2\pi r N = 2\pi \times 7 \times 10^{-2} \times 4 = 1.76 \text{ m}$$

$$F = 1.5 \times 0.98 \times 1.76 \times \sin 30 = 1.294 \text{ N}$$

مثال (٤)

في الشكل المقابل :



إذا كانت شدة التيار المار في السلك 5A وكثافة الفيض 0.15T ، أوجد القوة المؤثرة على الأجزاء ab ، bc ، cd ، de من السلك نتيجة هذا الفيض

الحل

الجزئين (ab) ، (de) :
السلك (L) يوازي المجال (B)

$$F = 0$$

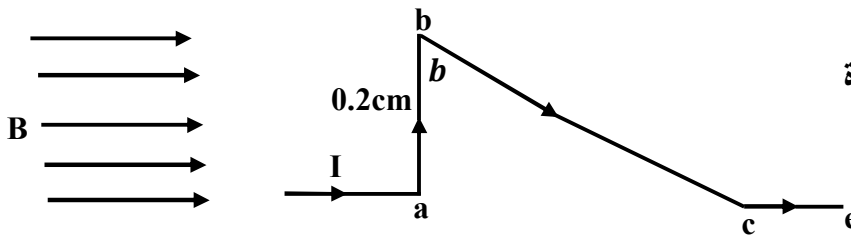
الجزء (bc) :
السلك عمودي على المجال

$$F = 1.5 \times 5 \times 16 \times 10^{-2} \times \sin 90 = 1.2 \text{ N}$$

الجزء (cd) :
السلك يميل على المجال بزاوية 30°

$$F = 1.5 \times 5 \times 32 \times 10^{-2} \times \sin 30 = 1.2 \text{ N}$$

مثال (٥)



في الشكل الموضح :-

إذا كانت شدة التيار المار في السلك 2A وكثافة الفيض 0.1T ، احسب القوة المؤثرة على الاجزاء ab ، bc

الحل

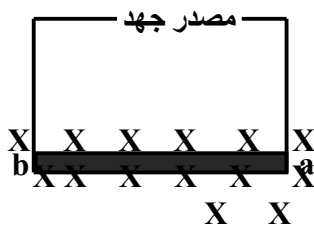
$$F_{ab} = BIL_{ab} = 0.1 \times 2 \times 0.2 = 0.04 N$$

$$L_{bc} = \frac{L_{ab}}{\sin(90 - \theta)}$$

$$F_{bc} = BIL_{bc} \sin(90 - \theta)$$

$$= 0.1 \times 2 \times \frac{0.2}{\sin(90 - \theta)} \times \sin(90 - \theta) = 0.04 N$$

مثال (٦)



سلك ab موضوع أفقيا في مجال مغناطيسي كثافة فيضة 0.2T اتجاهه داخل الصفحة بحيث يكون عموديا على السلك ، أوجد قيمة واتجاه التيار الذي اذا مر في السلك يسبب تولد قوة مغناطيسية على السلك تسبب انعدام وزنه ظاهريا

(علما بان : الكثافة الطولية للسلك هي 20g / m ، $g = 10m / S^2$)

الحل

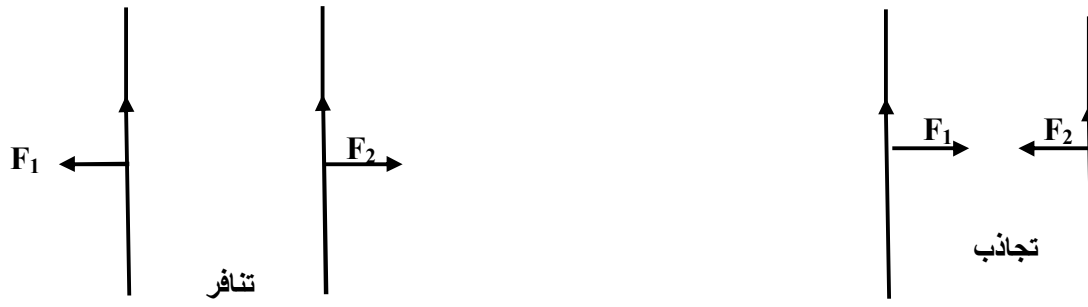
$$F = BIL \quad , \quad F = mg$$

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{mg}{BL}$$

$$= \frac{20 \times 10^{-3} \times 10}{0.2} = 1N$$

واتجاه التيار من b الى a

القوة بين سلكين متوازيين يحملان تيارين



عندما يمر تيار I_1 في سلك وتيار I_2 في سلك آخر موازي للأول تنشأ قوة بين السلكين

اتجاه التياران في السلكين	في اتجاه واحد	في اتجاهين متضادين
نوع القوة	تجاذب	تنافر
السبب	لان محصلة كثافة الفيض خارج السلكين اكبر من محصلة كثافة الفيض بينهما	لان محصلة كثافة الفيض بين السلكين اكبر من محصلة كثافة الفيض خارجهما

حساب القوة بين سلكين متوازيين يحملان تياران

نفرض ان هناك سلكان متوازيان بينهما مسافة قدرها d يمر تيار I_1 في السلك الاول وتيار I_2 في السلك الثاني واطوال السلك المتقابلة L

فتتبعين كثافة الفيض الناتجة من السلك الثاني عند نقطة يمر بها السلك الاول من العلاقة

$$B_2 = \frac{\mu I_2}{2\pi d} \quad (1)$$

وحيث ان القوة المؤثرة على السلك الاول تعين من العلاقة

$$F_1 = B_2 I_1 L \quad (2)$$

بالتعويض من (٢) في (١) ينتج ان

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

ملاحظات

١- نوع القوة يتوقف على اتجاه التيار

٢- اذا اثر سلك على سلك اخر بقوة معينة فان السلك الثاني يؤثر على السلك الاول بنفس القوة

ملاحظات عند حل المسائل

١- فى الشكل السلك a b يلامس طرفيه دائرة كهربية

وموضوع فى مجال مغناطيسى افقى عمودى كثافته B

ولكى يظل السلك معلقا يجب ان يكون متزنا تحت تأثير قوتين

متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه

هما قوة الوزن لاسفل وقوة مغناطيسية لاعلى

ويصبح

$$F_{\text{مغناطيسية}} = F_g$$

$$B I L = m g \quad \Rightarrow \quad B I L = \rho V_{\text{ol}} g$$

$$B I L = \rho A L g \quad \Rightarrow \quad B I = \rho \pi r^2 g$$

وبتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليسرى نجد ان اتجاه كثافة الفيض عمودى الى داخل الى الصفحة

٢- لحساب القوة المؤثرة على الملف نتيجة مرور تيار فى السلك الموضح بالشكل :-

• السلكان ad ، bc موازيان للفيض فلا يتأثران باى قوة

• السلكان ab ، ef بينهما قوى تنافر تعين من العلاقة :-

$$F_1 = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi y}$$

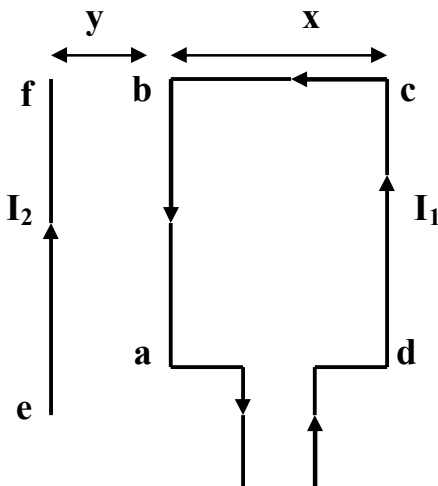
• السلكان dc ، ef بينهما قوى تجاذب تعين من العلاقة :-

$$F_2 = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi (y + x)}$$

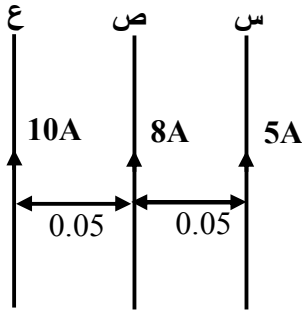
وحيث ان F_1 اكبر من F_2 فتكون القوة التى يتأثر بها الملف

هى قوى تنافر وتعين القوة المحصلة من العلاقة :-

$$F_t = F_1 - F_2$$



مثال (١)



(٢٠) الشكل المقابل يوضح ثلاثة أسلاك متوازية في مستوى واحد س ، ص ، ع طول كل منها واحد متر ويمر فيها تيارات كهربائية شدتها 5A ، 8A ، 10A على الترتيب في الاتجاه الموضح بالشكل فإذا كان السلك ص على بعد 0.05m من كل من س ، ع ، احسب القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك (ص) القوة المتبادلة بين س ، ص

الحل

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

$$F_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 8 \times 1}{2\pi \times 0.05}$$

$$F_1 = 1.6 \times 10^{-4} N$$

القوة المتبادلة بين ص ، ع

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

$$F_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8 \times 10 \times 1}{2\pi \times 0.05}$$

$$F_2 = 3.2 \times 10^{-4} N$$

$$F_t = F_2 - F_1$$

$$F_t = 3.2 \times 10^{-4} - 1.6 \times 10^{-4}$$

$$= 1.6 \times 10^{-4} N$$

حل آخر

نحسب كثافة الفيض الكلية عند السلك ص

$$B_1 = \frac{\mu I_1}{2\pi d_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2\pi \times 0.05} = 2 \times 10^{-5} T$$

$$B_2 = \frac{\mu I_2}{2\pi d_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 0.05} = 4 \times 10^{-5} T$$

$$B_t = B_2 - B_1 = 4 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-5}$$

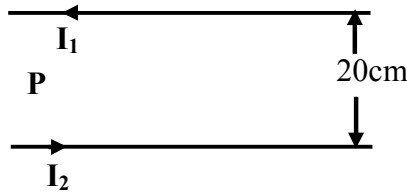
$$B_t = 2 \times 10^{-5} T$$

$$F = B_t I L$$

$$F = 2 \times 10^{-5} \times 8 \times 1$$

$$F = 1.6 \times 10^{-4} N$$

مثال (٢)



(٣) سلكان مستقيمان ومتوازيان المسافة بينهما فى الهواء 20cm يمر فى السلك الاول تيار شدته I_1 وفى السلك الثانى تيار شدته $I_2 = 10A$ فى الاتجاه الموضح بالشكل المقابل ، فإذا علمت أن كثافة الفيض الكلية عند النقطة P عند منتصف المسافة بين السلكين هي $6 \times 10^{-5} T$ ،

احسب القوة المتبادلة بينهما اذا كان طول كل منهما 50cm (معامل النفاذية المغناطيسية للهواء $= 4\pi \times 10^{-7} Wb/A.m$)

الحل

$$B_t = B_1 + B_2 = \frac{\mu I_1}{2\pi d_1} + \frac{\mu I_2}{2\pi d_2}$$

$$6 \times 10^{-5} = \frac{2 \times 10^{-7} I_1}{10 \times 10^{-2}} + \frac{2 \times 10^{-7} \times 10}{10 \times 10^{-2}}$$

$$I_1 = 20A$$

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 10 \times 50 \times 10^{-2}}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}} = 10^{-4} N$$

مثال (٣)

سلكان مستقيمان ومتوازيان المسافة بينهما فى الهواء 2m يمر فى كل منهما تيار كهربى وفى نفس الاتجاه فإذا انعدمت كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة فى منتصف المسافة بينهما وكانت القوة المؤثرة على متر واحد من أى من السلكين $4 \times 10^{-5} N$ ، احسب شدة التيار المار فى كل من السلكين موضع التعادل فى المنتصف

الحل

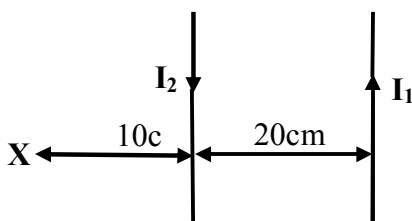
$$I_1 = I_2$$

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

$$4 \times 10^{-5} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times I_1^2 \times 1}{2\pi \times 2}$$

$$I_1 = I_2 = 20A$$

مثال (٤)



فى الشكل الموضح :
إذا كان موضع التعادل عند النقطة X والقوة المؤثرة على المتر الواحد من أى من السلكين هي $12 \times 10^{-6} N$ ، احسب قيمة كل من I_1 ، I_2

الحل

$$B_t = 0$$

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{\mu I_1}{2\pi \times 30} = \frac{\mu I_2}{2\pi \times 10}$$

$$I_1 = 3I_2$$

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

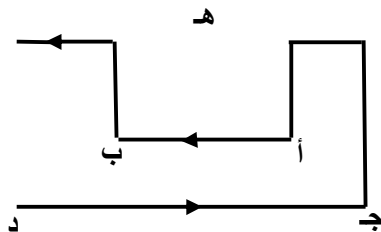
$$12 \times 10^{-6} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3I_2 \times I_2 \times 1}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}}$$

$$I_2^2 = 4$$

$$I_2 = 2A$$

$$I_1 = 3 \times 2 = 6 A$$

مثال (٥)



في الشكل المقابل :

سلكان أب ، ج د أفقيان وفي مستوى رأسي واحد ،

السلك أب حر الحركة الرأسية طوله 1m وكتلته 5g ، احسب :

(أ) القوة المحصلة على السلك أب واتجاهها عندما يكون

على ارتفاع 2cm من السلك ج د علما بان شدة التيار المار 50A

(ب) البعد بين السلكين عند الاتزان

(ج) محصلة كثافة الفيض عند النقطة هـ التي تبعد 2cm عن السلك أب عند الاتزان (علما بان : $g = 10m / S^2$)

الحل

(أ)

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

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 0.02}$$

$$= 5 \times 10^{-4} T$$

$$F_t = mg - BIL$$

$$= (5 \times 10^{-3} \times 10) - (5 \times 10^{-3} \times 50 \times 1) = 0.025 N$$

ويكون اتجاه القوة المحصلة لأسفل لأن وزن السلك أكبر من القوة الناتجة عن الفيض

(ب) عند الاتزان

(ج)

$$mg = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

$$5 \times 10^{-3} \times 10 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi d} \times 50 \times 1$$

$$d = 0.01 m$$

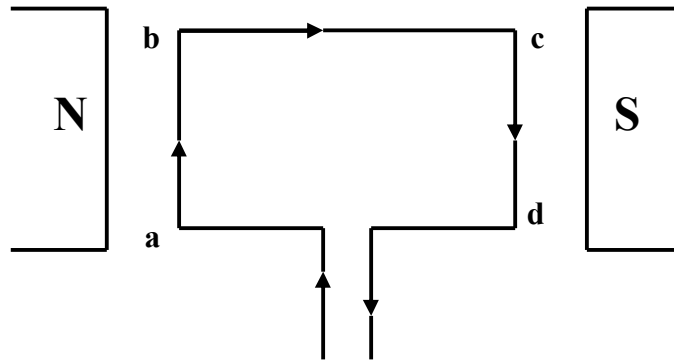
$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$B_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-4} T$$

$$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 3 \times 10^{-2}} = 3.33 \times 10^{-4} T$$

$$B_t = B_1 - B_2 = 1.67 \times 10^{-4} T$$

القوة والعزم المؤثران على ملف مستطيل سلك يمر به تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي



- نفرض ملفا مستطيلا abcd مستواه يوازي خطوط الفيض للمجال المغناطيسي المنتظم
- الضلعان bc , ad يوازيان خطوط الفيض وتكون القوة المؤثرة على كل منهما تساوى صفر
- الضلعان القصيران (عرض الملف) ab , cd يكونان عموديين على خطوط الفيض فيتأثران بقوتين متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه ومتوازيتين
- وقيمة كل منهما $F = B I L_{cd}$ وخط عملهما ليسا على استقامة واحدة
- وبين القوتين مسافة عمودية هي طول الضلع L_{bc}, L_{ad}
- يتولد عن هاتين القوتين ازدواج يعمل على دوران الملف حول محوره
- إحدي القوتين \times البعد العمودي بين القوتين = عزم الإزدواج
- $\tau = B I L_{cd} L_{bc}$
- حيث A هي مساحة مقطع الملف $A = L_{cd} L_{bc}$
- ويصبح $\tau = B I A$
- وعندما يكون عدد لفات الملف N لفة، فإن عزم الازدواج الكلي يصبح $\tau = B I A N$
- وإذا كان العمودى على الملف يميل بزاوية θ على الفيض فان عزم الازدواج يتعين من العلاقة

$$\tau = B I A N \sin \theta$$

ملاحظات

- ١- وحدة قياس عزم الازدواج N.m
 - ٢- يصبح عزم الازدواج المؤثر في ملف اكبر ما يمكن (نهاية عظمى) عندما يكون مستوي الملف موازيا للمجال فإن $\theta = 90$ وعندها $\sin \theta = 1$ ويصبح عزم الازدواج أكبر ما يمكن ويساوي $\tau = B I A N$
 - ٣- يصبح عزم الازدواج المؤثر في ملف مساويا للصفر عندما يكون مستوى الملف عمودي على خطوط الفيض المغناطيسي
- وعندها $\theta = 0$ $\sin \theta = 0$ وبالتالي يكون العزم مساويا للصفر

٤- فكرة عزم الازدواج المؤثر فى ملف يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى تعتبر أساس عمل

كل من :- أجهزة القياس الكهربائية (التناظرية) المباشرة. ٢- المحرك الكهربى (الموتور).

٥- يمكن تطبيق العلاقة :- $\tau = B I A N \sin\theta$

على أى شكل من الملفات سواء كان مستطيلا أو دائريا

٦- يتناقص عزم الازدواج المؤثر على الملف تدريجيا اثناء دورانه ابتداء من الوضع الذى يكون فيه الملف موازيا

للفيىض المغناطيسى (علل)

لان الزاوية بين العمودى على الملف والفيىض المغناطيسى تقل تدريجيا وبذلك يقل جيب الزاوية θ

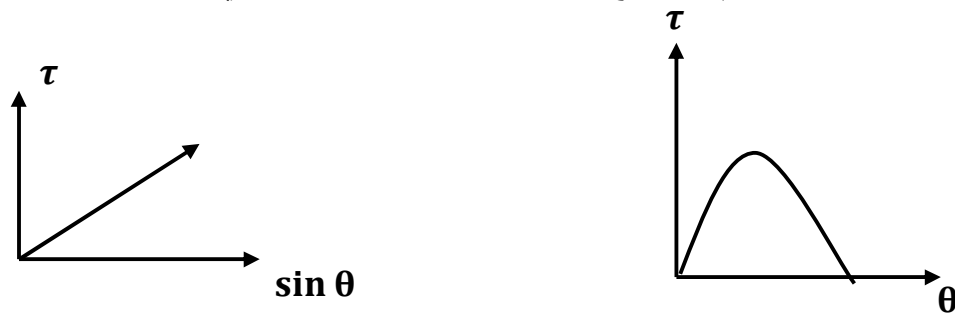
حيث

$$\tau = B I A N \sin\theta$$

٧- العوامل التى يتوقف عليها عزم الازدواج :-

١	كثافة الفيىض المغناطيسى B	$\tau \propto B$
٢	شدة التيار المار فى الملف I	$\tau \propto I$
٣	مساحة وجه الملف A	$\tau \propto A$
٤	عدد اللفات N	$\tau \propto N$
٥	جيب الزاوية بين العمودى على مستوي الملف و اتجاه الفيىض $\sin \theta$	$\tau \propto \sin \theta$

٨- يمكن تمثيل العلاقة بين عزم الازدواج والزاوية او جيب الزاوية كالتالى



حيث θ هي الزاوية بين العمودى على الملف والمجال او بين العمودى على المجال والملف او زاوية دوران الملف من الوضع العمودى

٩- أكبر مساحة يمكن عملها من سلك هو الدائرة

وعلى ذلك فعندما يكون هناك سلكا و يراد اعادة تشكيلة ووضع فى مجال مغناطيسى ليتأثر بأكبر عزم ازدواج

فاننا نجعل السلك على شكل دائرة من لفة واحدة وموازية للمجال $\theta = 90$

$$L = 2\pi r$$

نق للفة

طول السلك
الملفوف على شكل
لفة

مثال (١)

ملف مستطيل أبعاده 10cm ، 20cm عدد لفات 200 لفة موضوع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضة 0.4tesla مرببه تيار كهربى شدته 3A ، احسب عزم الازدواج المؤثر على الملف فى الحالات الاتية :

(أ) عندما يميل مستوى الملف على اتجاه المجال بزاوية 60°

(ب) عندما يكون مستوى الملف عموديا على اتجاه المجال

(ج) عندما يكون مستوى الملف موازيا للمجال

الحل

$$\tau = BIAN \sin \theta \quad (أ)$$

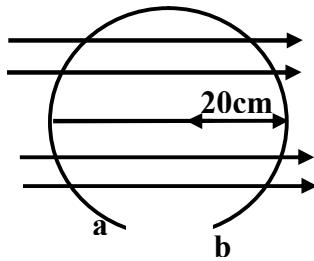
$$= 0.4 \times 3 \times 200 \times 10^{-4} \times 200 \times \sin 30 = 2.4 N.m$$

$$\tau = 0 \quad (ب)$$

$$\tau = BIAN \quad (ج)$$

$$= 0.4 \times 3 \times 200 \times 10^{-4} \times 200 = 4.8 N.m$$

مثال (٢)



حلقة معدنية على شكل دائرة كاملة تقريبا لها فتحة مقاومة 0.1Ω فإذا وصلت بطارية قوتها الدافعة 9V بين a ، b ، أوجد عزم الازدواج المغناطيسي المؤثر على الحلقة نتيجة لتأثيرها بمجال مغناطيسي كثافة 0.4T واتجاهه فى نفس مستوى الحلقة ($\pi = 3.14$)

الحل

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9}{0.1} = 90A$$

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.2)^2 = 0.1256 \text{ m}^2$$

$$\tau = BIAN$$

$$\tau = 0.4 \times 90 \times 0.1256 \times 1 = 4.522 \text{ N.m}$$

مثال (٣)

بطارية قوتها الدافعة 14V ومقاومتها الداخلية مهمة وصلت مع ملف دائرى نصف قطره 10cm فإذا كانت المقاومة النوعية لمادة سلك الملف $7 \times 10^{-7} \Omega.m$ ونصف قطر السلك 1mm ، احسب عزم الازدواج الذى يؤثر على الملف عند وضعه فى مجال مغناطيسي موازيا لمستواه وكثافة فيضة 0.5 ($\pi = 3.14$)

الحل

$$L = 2\pi rN$$

$$= 2\pi \times 10 \times 10^{-2} \times N = 0.2\pi N$$

$$R = \frac{\rho_e L}{A} = \frac{7 \times 10^{-7} \times 0.2\pi N}{\pi \times (10^{-3})^2} = 0.14N$$

$$t = BIAN \sin \theta = B \frac{V}{R} AN \sin \theta$$

$$= 0.5 \times \frac{14}{0.14N} \times 3.14 \times (10 \times 10^{-2})^2 \times N \times \sin 90 = 157 \text{ N.m}$$

قواعد تحديد الاتجاه

القاعدة	امبير لليد اليمنى	البريمة اليمنى	فلمنج لليد اليسرى	عقارب الساعة
الاستخدام	١ - تحديد اتجاه الفيض المغناطيسي الناتج عن مرور تيار مستمر في سلك مستقيم. ٢ - تحديد قطبية ملف حلزوني.	تحديد اتجاه الفيض المغناطيسي الناتج عن مرور تيار مستمر في سلك دائري او حلزوني.	تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار مستمر وموضوع في مجال مغناطيسي.	تحديد قطبية ملف دائري.
الطريقة	١ - اتجاه الابهام هو اتجاه التيار و اتجاه الاصابع يشير الى اتجاه الفيض . ٢ - اتجاه الاصابع هو اتجاه التيار فيكون اتجاه الابهام يشير الى القطب الشمالي	اتجاه التيار هو اتجاه دوران البريمة واتجاه خطوط الفيض هو اتجاه اندفاع البريمة	اجعل أصابع يدك اليسرى الإبهام و السبابة متعامدين علي بعضهما وعلي باقي الأصابع بحيث يشير السبابة لاتجاه المجال وباقي الأصابع ما عدا الإبهام لاتجاه التيار فيكون الإبهام مشيرا لاتجاه الحركة (القوة المغناطيسية)	يكون الوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار عند النظر إليه في اتجاه حركة عقارب الساعة قطبا جنوبيا والوجه الذي يبدو فيه اتجاه التيار عند النظر إليه عكس حركة عقارب الساعة قطبا شماليا.

أجهزة القياس

هي أجهزة لقياس الكميات الكهربائية مثل :- شدة التيار و فرق الجهد و المقاومة الكهربائية.
تقسم أجهزة القياس الى

أجهزة قياس رقمية	أجهزة قياس تناظرية
<p>١- تعتمد على الالكترونيات الرقمية</p> <p>٢- تعتمد على ظهور اعداد رقمية على الشاشة</p> <p>تحدد القيمة المطلوبة</p> <p>٣- مثل أجهزة قياس التيار المستمر او التيار المتردد</p>	<p>١- تعتمد على عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار وقابل للحركة في مجال مغناطيسي</p> <p>٢- تعتمد على قراءة مؤشر يعطى القيمة المطلوبة</p> <p>٣- مثل الجلفانومتر والاميتر والفولتميتر والامومتر</p>

الجلفانومتر ذو الملف المتحرك (الجلفانومتر الحساس)

الوظيفة :-

(أ) الاستدلال علي وجود التيارات الكهربائية المستمرة الضعيفة جدا في دائرة ما .

(ب) قياس شدة التيارات المستمرة الضعيفة جدا.

(ج) تعيين اتجاه التيارات الضعيفة .

فكرة عمله :-

تعتمد علي عزم الازدواج المؤثر في ملف يمر به تيار وهذا الملف قابل للحركة في مجال مغناطيسي عندما يمر تيار كهربى في الملف فإنه يتأثر بعزم ازدواج يعمل على إنحراف الملف بزاوية معينة وتناسب طرديا مع شدة التيار المار فيه .

تركيب الجلفانومتر ذي الملف المتحرك (الجلفانومتر الحساس)

١- ملف مستطيل من سلك رفيع معزول ملفوف حول إطار مستطيل خفيف من الألومنيوم يمكن أن يدور حول محوره ويوضع في قلب الملف أسطوانة ثابتة من الحديد المطاوع

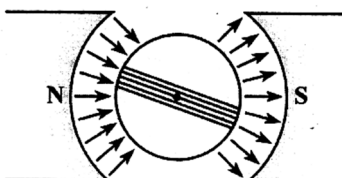
٢- ويوضع الملف والقلب بين قطبي مغناطيس قوي علي شكل حذاء فرس قطباه المتقابلان مقعران .

٣- يتركز الملف علي حوامل من العقيق لتقليل الاحتكاك، ويتحكم في حركته زوج من الملفات اللولبية

(الزنبركية حيث تعمل كوصلات للتيار بالنسبة للملف فيسهل دخول وخروج التيار.

٤- مؤشر خفيف من الألومنيوم يتحرك مع الملف تبعا لاتجاه التيار المراد قياسه.

٥- تدريج منتظم يتحرك عليه مؤشر .



ملاحظات

١- استخدام أقطاب مغناطيسية مقعرة:

حتى تكون خطوط الفيض المغناطيسي بينهما على هيئة أنصاف أقطار وهذا يجعل :

- أ- كثافة الفيض المغناطيسي ثابتة في الحيز الذي يتحرك فيه الملف مهما كانت زاوية الملف
 - ب- خطوط الفيض موازية لمستوى الملف وعمودية على الضلعين الطويلين .
- وهذا يجعل زاوية انحراف المؤشر يتناسب طرديا مع شدة التيار المار في الملف.
- ج- عزم الازدواج المحرك و الناشئ عن مرور التيار في أي وضع نهاية عظمي لأن مستوي الملف يكون دائما موازيا لاتجاه خطوط الفيض.

٢- فائدة زوج الملفات الزنبركية

- أ- كوصلات لدخول وخروج التيار للملف .
- ب- تعمل كذلك على توليد ازدواج عكس اتجاه الازدواج الناشئ عن مرور التيار في الملف فيستقر الملف عندما يتساوي عزما الازدواجين .
- ج- كما يعملان على عودة الملف إلى وضعه الأصلي بعد قطع التيار.

٣- علل تدريج الجلفانومتر ذي الملف المتحرك منتظم وصفر تدريجه في المنتصف :

- التدريج منتظم لأن زاوية الانحراف θ تتناسب طرديا مع شدة التيار I
- وصفر تدريجه في المنتصف لتحديد اتجاه مرور التيار في الدائرة .

٤- الحوامل من العقيق (علل) حتي لا يحدث تآكل عند مواضع الارتكاز لعدم وجود احتكاك ، وبالتالي يتحرك الملف حركة متزنة.

٥- مؤشر من الألومنيوم لأنه خفيف (علل) وبالتالي لا يؤثر وزنه على عزم الازدواج و لا يتمغنط.

٦- يلف الملف على إطار خفيف من الألومنيوم (علل) ليمنع تذبذب الملف أثناء حركته وبالتالي ينحرف المؤشر انحرافا ثابتا. حيث مادة الألومنيوم مادة غير مغناطيسية لا تتأثر بالمغناطيس .

٧- أسطوانة الحديد في الجلفانومتر تعمل على تنظيم وتركيز الفيض المغناطيسي في الحيز الذي يتحرك فيه الملف فتزداد كثافة الفيض وتزداد حساسية الجلفانومتر

شرح عمل الجلفانومتر ذي الملف المتحرك:

- ١- قبل مرور التيار يكون الملف في وضع الاتزان ويشير المؤشر إلى صفر التدريج .
- ٢- عند مرور التيار في ملف الجهاز يتولد عزم ازدواج مغناطيسي يعمل على دوران الملف في اتجاه معين.
- ٣- الازدواج المتولد عن التواء الملفين الزنبركين يقاوم حركة دوران الملف.
- ٤- يتزن الملف عندما يتساوي عزم ازدواج اللي مع عزم الازدواج المغناطيسي ، وتدل قراءة المؤشر على قيمة شدة التيار.
- ٥- عند عكس اتجاه مرور التيار للملف يتحرك المؤشر في عكس الاتجاه السابق.

٦- عند قطع التيار يعمل ازدواج اللي الناتج عن الزنبركيين علي عودة الملف إلي وضعه الأصلي وبالتالي المؤشر إلي صفر التدريج.

حساسية الجلفانومتر ذي الملف المتحرك:

$$\frac{\theta}{I}$$

هي زاوية انحراف المؤشر عن وضع الصفر عند مرور تيار في ملف شدته الوحدة وتساوي او هي النسبة بين زاوية انحراف المؤشر من وضع الصف الى شدة التيار المار في الملف . وحدة قياس حساسية الجلفانومتر ذي الملف المتحرك: هي درجة / ميكرو أمبير / A deg

حساسية الجلفانومتر لكل قسم

هي النسبة بين اقصى تيار يقيسة الجلفانومتر الى عدد الاقسام

س :- ما معنى أن حساسية الجلفانومتر ذي الملف المتحرك 0.5 deg / A μ

اى أن زاوية الانحراف التي يصنعها الجلفانومتر 0.5deg عندما يمر تيار شدته واحد ميكرو أمبير في الملف. عيوب الجلفانومتر ذي 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 و بالتالي عند مرور تيار كبير في الملف يتولد طاقة حرارية كبيرة قد تعمل علي انصهار الملف.

س :- ماذا يحدث عند مرور تيارات كهربية ذات شدة عالية في الجلفانومتر

عند مرور تيارات كهربية ذات شدة عالية تولد ازدواجا كبيرا يعمل على إتلاف الحوامل التي يرتكز عليها وتسبب اختلال في نظام التعليق ، كما أن التيارات ذات الشدة العالية عندما تمر في الملف تولد كمية كبيرة من الحرارة تسبب احتراق الملف وانقطاعه .

س :- ماذا يحدث عند مرور تيار متردد داخل الجلفانومتر

التيار المتردد متغير الشدة والاتجاه

• فى الترددات المنخفضة للتيار يتحرك المؤشر يمينا ويسار ولا يثبت عند قراءة معينة لتبادل عزم الازدواج على ضلعى الملف

• فى الترددات العالية للتيار لا يتحرك الملف حيث لا يستطيع ان يستجيب للتغيرات السريعة فى اتجاه التيار .

س(علل) يجب معايرة الجلفانومتر كل فترة

لضعف الملفان الزنبركيان بكثرة الاستعمال . او قد يضعف المغناطيس بمرور الوقت مما يعطى قراءة غير دقيقة .

س :- (علل) يعتبر ازدواج السلكنين الزنبركيين مقاوم راد

مقاوم لانه يقاوم الازدواج الناشئ عن مرور التيار اثناء مروره وراد لانه يرد الملف وبالتالي المؤشر الى صفر التدريج عند انقطاع التيار

ملاحظات عند حل المسائل

- ١- زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر من وضع الصفر هي الزاوية بين الملف والمجال .
- ٢- لكي يتحرك مؤشر الجلفانومتر من قسم الى اخر يليه يلزم مرور تيار ذو شدة معينة ويسمى ذلك بحساسية الجلفانومتر لكل قسم
- ولحساب شدة التيار بدلالة الحساسية لكل قسم نستخدم القانون الاتي :-

$$\text{شدة التيار} = \text{حساسية الجلفانومتر لكل قسم} \times \text{عدد الاقسام}$$

$$\text{٣- حساسية الجلفانومتر} = \frac{\theta}{I}$$

$$\text{٤- عزم الازدواج المؤثر على الجلفانومتر يتعين من العلاقة} \quad \tau = B I A N$$

حيث $\theta = 90$ حيث الملف دائما موازيا للفيض

٥- عند زيادة I أو θ فإن حساسية الجلفانومتر تظل ثابتة

٦- دلالة القسم هي الحساسية لكل قسم

مثال (١)

جلفانومتر ذو ملف متحرك ينحرف مؤشره الى نصف التدريج عند مرور تيار شدته $200\mu A$ ، احسب عدد أقسام تدريج الجلفانومتر اذا علمت أن دلالة القسم الواحد $0.08mA$

الحل

شدة التيار = دلالة القسم الواحد \times عدد الاقسام

$$200 \times 10^{-6} = 0.08 \times 10^{-3} \times \frac{\text{عدد الاقسام}}{2}$$

$$\text{عدد الاقسام} = 5 \text{ أقسام}$$

مثال (٢)

جلفانومتر ذو ملف متحرك تدريجة مقسم الى 20 قسم حساسية القسم الواحد 200 ميكروأمبير ، كم تكون شدة التيار اللازم لكي ينحرف مؤشر الجلفانومتر الى نصف التدريج ؟

الحل

شدة التيار = دلالة القسم الواحد \times عدد الاقسام

$$I = 200 \times 10^{-6} \times \frac{20}{2} = 2 \times 10^{-3} A$$

شدة التيار اللازم لانحراف مؤشر الجلفانومتر الى نصف التدريج $2 \times 10^{-3} A$

تطبيقات الجلفانومتر

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

أولاً :- أميتر التيار المستمر

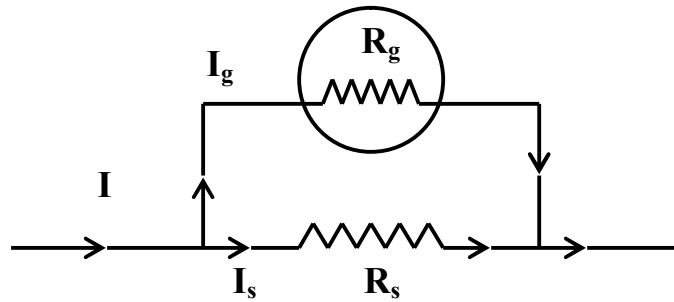
الوظيفة :- قياس شدة التيارات المستمرة الكبيرة مباشرة .

الفكرة العلمية :- عزم الازدواج المؤثر في ملف يمر به تيار قابل للحركة في مجال مغناطيسي

طريقة التوصيل في الدائرة :- يوصل الاميتر بالدائرة على التوالي (علل) حتي يكون شدة التيار المار فيه هو نفس شدة التيار المار في الدائرة والمراد قياسه

كيفية تعديل الجلفانومتر الى اميتر

يوصل مع ملف الجلفانومتر مقاومة صغيرة على التوازي تسمى مجزىء التيار R_s



استنتاج قيمة مجزىء التيار R_s

حيث ان مقاومة ملف الجلفانومتر ومقاومة المجزىء موصلة على التوازي

$$V_g = V_s \quad \text{فيصبح}$$

$$I_g R_g = I_s R_s$$

$$\text{وحيث ان } I_s = I - I_g \quad \text{فيصبح} \quad I_g R_g = R_s (I - I_g)$$

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

ويصبح

مجزىء التيار R_s

مقاومة صغيرة توصل على التوازي مع ملف الجلفانومتر لتحويله الى اميتر

وظيفة المجزىء :-

١ - جعل المقاومة الكلية للاميتر صغيرة فلا تؤثر على شدة التيار المار في الدائرة

٢ - حماية ملف الجلفانومتر من التلف حيث يمر بها الجزء الاكبر من التيار .

٣ - قياس تيارات اكبر شدة

حساسية الاميتر :-

هي النسبة بين أقصى تيار يقيسه الجلفانومتر قبل توصيل المجزئ إلى شدة التيار الكلي الذي يستطيع قياسه بعد توصيل المجزئ

$$\text{حساسية الاميتر} = \frac{I_g}{I}$$

ويمكن تعيين الحساسية ايضا بدلالة مقاومة المجزئ R_g ومقاومة الجلفانومتر من العلاقة :-

$$\text{حساسية الاميتر} = \frac{R_s}{R_s + R_g}$$

ملاحظات

١ - كلما قلت مقاومة مجزئ R_g التيار قلت حساسية الاميتر (علل) لانه كلما قلت مقاومة المجزئ R_g قلت مقاومة الاميتر ويزداد شدة التيار فتقل الحساسية حيث

$$\text{حساسية الاميتر} = \frac{I_g}{I}$$

٢ - الاميتر اقل حساسية من الجلفانومتر (علل) لان الاميتر يقيس تيارات شدتها اكبر بنفس زاوية الانحراف حيث عند توصيل الجلفانومتر بمجزئ R_g التيار تقل الحساسية .

٣ - المقاومة الكلية للاميتر

$$R_{eq} = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s}$$

٤ - المقاومة الكلية للاميتر اقل من مقاومة المجزئ R_g

$$V_s = V_g$$

$$I_s > I_g$$

$$R_g < R_s$$

٥ - صغر مقاومة الأميتر: (علل)

لأن الأميتر يوصل في الدائرة علي التوالي و بالتالي ستضاف مقاومته إلي مقاومة الدائرة لذلك لا بد من صغر مقاومته حتي لا تزداد مقاومة الدائرة فتقل شدة التيار الأصلي المراد قياسه أو حتي لا يؤثر دخول الأميتر على تغيير شدة التيار المراد قياسه تغيراً ملحوظاً في الدائرة الكهربائية المتصلة على التوالي .

٦ - يجب معايرة الاميتر كل فترة (علل)

لضعف الملفان الزنبركيان بكثرة الاستعمال . او قد يضعف المغناطيس بمرور الوقت مما يعطى الجهاز قراءة غير دقيقة

٧ - الاميتر جهاز غير دقيق (يوجد خطأ فى القياس) (علل)

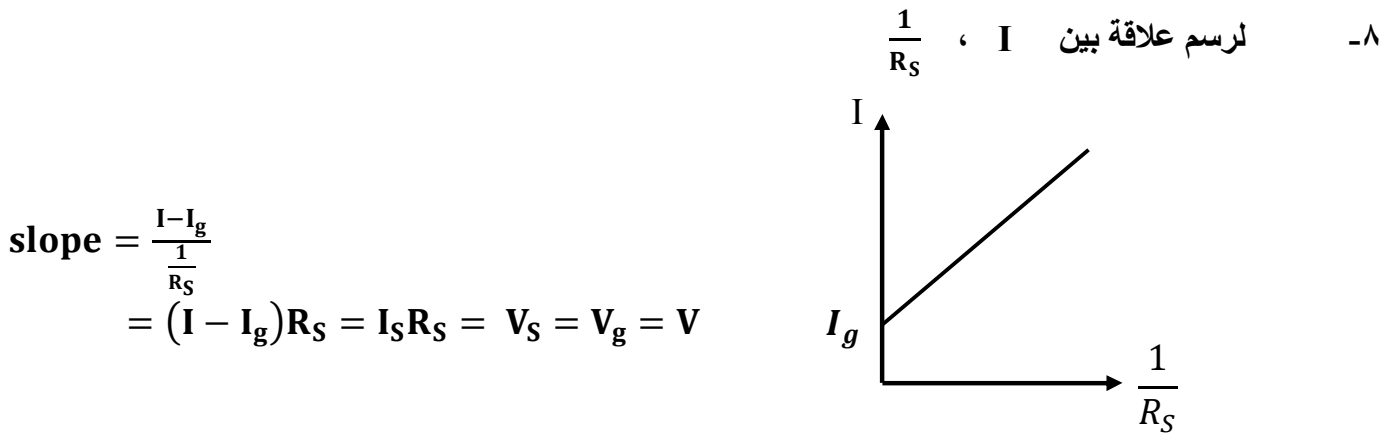
لأن الأميتر يوصل في الدائرة علي التوالي و بالتالي ستضاف مقاومته إلي مقاومة الدائرة لذلك تزداد مقاومة الدائرة فتقل شدة التيار الأصلي المراد قياسه .

ويصبح :-

مقدار الخطأ فى قراءة الاميتر = شدة التيار قبل توصيل الاميتر بالدائرة — شدة التيار قبل توصيل الاميتر

س كيف يمكن زيادة مدى الجلفانومتر دون أن يحترق الملف (اى كيف يمكن تحويل الجلفانومتر الى اميتر)

الحل :- يتم توصيل مقاومة صغيرة على التوازي مع ملف الجلفانومتر تسمى مجزئ R_g التيار.



ملاحظات عند حل المسائل

١- اقصى قراءة قبل توصيل المجزئ I_g تعنى

٢- اقصى قراءة بعد توصيل المجزئ I

٣- المقاومة المقترحة لتحويل الجلفانومتر الى اميتر هى :-

توصيل مقاومة صغيرة على التوازي مع ملف الجلفانومتر تسمى مجزئ التيار R_S .

٤- عند توصيل مجزئ I تيار بملف الجلفانومتر فانه يمر فى الجلفانومتر $\frac{1}{3}$ التيار الكلى

يعنى ذلك ان $I_g = \frac{1}{3} I$ او حساسية الاميتر $\frac{1}{3}$ اى ان

$$\frac{1}{3} = \frac{I_g}{I} \quad \text{او} \quad \frac{1}{3} = \frac{R_S}{R_S + R_g}$$

٥- جلفانومتر مقاومة ملفه R_g اقصى قراءة له

• عند توصيل مجزئ I تيار R_{S1} بملف الجلفانومتر فان تيار الجلفانومتر I_g يظل ثابت ولكن التيار الكلى المار بهما I يزداد

• عند توصيل مقاومة اخرى على التوازي R_{S2} مع المجزئ R_{S1} فان تيار الجلفانومتر I_g يظل ثابت ولكن شدة التيار الكلى I يزداد

• يمكن اعتبار انه تم توصيل مجزئ R_S جديد وهذا المجزئ يكافىء المقاومة R_{S1} ، R_{S2} حيث

$$R_S = \frac{R_{S1} R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}}$$

٦- المقاومة الكلية للاميتر

$$R_{eq} = \frac{V_g}{I} \quad \text{او} \quad R_{eq} = \frac{R_g R_S}{R_g + R_S}$$

$$R_{eq} = \frac{V_S}{I} \quad \text{او} \quad R_{eq} = \frac{V}{I}$$

٧- الخطأ فى قراءة الاميتر = شدة التيار المار فى الدائرة قبل توصيل الاميتر — شدة التيار بعد توصيل الاميتر

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{الخطأ فى قراءة الاميتر}}{100 \times \text{القراءة الصحيحة (شدة التيار المار فى الدائرة قبل توصيل الاميتر)}}$$

٩- جلفانومتر يدل كل قسم من تدريجه على قيمة معينة للتيار هذه القيمة تعنى I_g
كيف يتم تعديله ليدل كل قسم من تدريجه على قيمة أعلى للتيار هذه القيمة تعنى I

مثال (١)

جلفانومتر مقاومته 54Ω ينحرف مؤشره الى نهاية تدريجه عند مرور تيار شدته $1A$ يراد تعديله لقياس تيار شدته $10A$ ، احسب قيمة مقاومة مجزئ التيار ، وكيف يتم توصيلها مع ملف الجلفانومتر ؟

$$R_S = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{1 \times 54}{10 - 1} = 6\Omega$$

توصل R_S على التوازي مع R_g

مثال (٢)

جلفانومتر مقاومة ملفه 30Ω أقصى تيار يمكن قياسه $0.01A$ يراد تحويله الى أميتر ، احسب :
(أ) مقاومة المجزئ اللازمة حتى يقيس تيارات أقصاها $1A$
(ب) المقاومة الكلية للاميتر
(ج) أقصى تيار يمكن قياسه عند توصيل مجزئ قيمته 0.1Ω

$$R_S = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.01 \times 30}{1 - 0.01} = 0.303\Omega$$

$$R_{eq} = \frac{R_g R_S}{R_g + R_S} = \frac{30 \times 0.303}{30 + 0.303} = 0.3\Omega$$

$$0.1 = \frac{0.01 \times 30}{I - 0.01}$$

$$0.1I - 0.001 = 0.3$$

$$I = 3.01A$$

مثال (٣)

جلفانومتر مقاومة ملفه 8Ω يقيس شدة تيار أقصاها $200mA$ ، احسب مقدار المقاومة اللازم توصيلها على التوازي مع ملف الجهاز لتحويله الى أميتر يقيس شدة تيار أقصاها $1A$ وإذا وصل على التوازي مع هذه المقاومة مقاومة أخرى مساوية لها فى المقدار ، فكم تصبح النهاية العظمى لشدة التيار التى يمكن أن يقيسها الجهاز فى هذه الحالة ؟

الحل

$$R_S = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{200 \times 10^{-3} \times 8}{1 - 0.2} = 2\Omega$$

بعد توصيل المقاومة الاخرى :

$$R_{eq} = \frac{R}{2} = \frac{2}{2} = 1\Omega$$

$$1 = \frac{0.2 \times 8}{I - 0.2}$$

$$I = 1.8A$$

مثال (٤)

جلفانومتر حساس عندما يوصل بمجزئ 1Ω يقيس تيار أقصاه $8 \times 10^{-3} A$ وعندما يوصل بمجزئ 0.1Ω يقيس تيار أقصاه $71 \times 10^{-3} A$ ، احسب :
 (أ) مقاومة ملف الجلفانومتر
 (ب) أقصى تيار يتحملة ملف الجلفانومتر

الحل

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_g + R_s} \quad (1)$$

$$\frac{I_g}{8 \times 10^{-3}} = \frac{1}{R_g + 1} \quad (1)$$

$$\frac{I_g}{71 \times 10^{-3}} = \frac{0.1}{R_g + 0.1} \quad (2)$$

بقسمة المعادلة (1) على المعادلة (2) :

$$\frac{I_g}{8 \times 10^{-3}} \times \frac{71 \times 10^{-3}}{I_g} = \frac{1}{R_g + 1} \times \frac{0.1}{R_g + 0.1}$$

$$\frac{71}{8} = \frac{R_g + 0.1}{0.1R_g + 0.1}$$

$$7.1R_g + 7.1 = 8R_g + 0.8$$

(ب) بالتعويض بقيمة R_g في المعادلة (1) :

$$\frac{I_g}{8 \times 10^{-3}} = \frac{1}{7 + 1} = \frac{1}{8}$$

$$I_g = 10^{-3} A$$

مثال (٥)

جلفانومتر ذو ملف متحرك أقصى زاوية انحراف لة من وضع الصفر 80° فإذا مربة تيار شدته $30mA$ كانت زاوية انحرافه عن وضع الصفر 60° ، احسب
 (أ) حساسية الجلفانومتر
 (ب) أقصى تيار يتحملة ملف الجلفانومتر
 (ج) أقصى تيار يمكن أن يقيسه الجهاز اذا وصل ملفه بمجزئ للتيار مقاومتة 0.01 من مقاومة ملفه

الحل

$$(أ) \text{ حساسية الجلفانومتر } = \frac{\theta}{I}$$

$$\frac{\theta}{I} = \frac{60}{30} = 2 \text{deg} / \text{mA}$$

$$I_g = \frac{\theta}{\text{حساسية الجلفانومتر}} = \frac{80}{2} = 40 \text{mA} = 0.04 A \quad (ب)$$

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_g + R_s} \quad (ج)$$

$$\frac{0.04}{I} = \frac{0.01R_g}{R_g + 0.01R_g}$$

$$\frac{0.04}{I} = \frac{1}{101}$$

$$I = 4.04A$$

مثال (٦)

جلفانومتر مقاومته 21Ω يدل القسم الواحد من تدريجة على 25mA فإذا وصل ملفه بمجزئ للتيار مقاومته 0.07Ω احسب شدة التيار الذي يدل عليه القسم الواحد

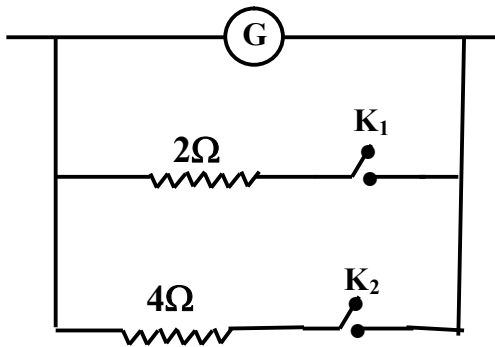
الحل

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

$$\frac{25 \times 10^{-3}}{I} = \frac{0.07}{21 + 0.07}$$

$$I = 7.525\text{A}$$

مثال (٧)



في الشكل الموضح :

عند غلق المفتاح K_1 فقط تقل حساسية الجهاز للربع ويصبح صالح لقياس تيار شدته 0.5A ، احسب أقصى تيار يمكن قياسه وكذلك مقاومة الجهاز عند :

(أ) غلق المفتاح K_2 فقط (ب) غلق المفتاحين K_1 ، K_2 معا

الحل

(أ) غلق المفتاح K_1 فقط :

- حساسية الجهاز تقل للربع

$$I = 4I_g$$

$$\frac{I_g}{I} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{I_g}{0.5} = \frac{1}{4}$$

$$I_g = 0.125\text{A}$$

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

$$\frac{1}{4} = \frac{2}{R_g + 2}$$

$$R_g + 2 = 8$$

$$R_g = 6\Omega$$

(أ) غلق المفتاح K_2 فقط

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

$$\frac{0.125}{I} = \frac{4}{6 + 4}$$

$$I = 0.31\text{A}$$

$$R = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = \frac{6 \times 4}{6 + 4} = 2.4\Omega$$

(ب) غلق المفتاحين K_1 ، K_2 معا

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

$$R_s = \frac{R R_s}{R_g + R_s} = \frac{2 \times 4}{2 + 4} = 1.33 \Omega$$

$$\frac{0.125}{I} = \frac{1.33}{1.33 + 6} = 0.181$$

$$I = 0.69 A$$

$$R = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = \frac{6 \times 1.33}{6 + 1.33} = 1.09 \Omega$$

مثال (٨)

مجزئ تيار مقاومة 0.1Ω ينقص حساسية أميتر إلى العشر ، أوجد مقاومة المجزئ الذي ينقص حساسية هذا الاميتر إلى الربع

الحل

عندما تنقص الحساسية إلى العشر فإن :

$$I = 10 I_g$$

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

$$0.1 = \frac{I_g - R_g}{10 I_g - I_g}$$

$$R_g = 0.9 \Omega$$

عندما تنقص الحساسية إلى الربع فإن :

$$I = 4 I_g$$

$$R_s = \frac{I_g - R_g}{I - I_g} = \frac{I_g \times 0.9}{4 I_g - I_g} = \frac{0.9}{3} = 0.3 \Omega$$

ثانياً :- فولتميتر التيار المستمر

الوظيفة :- قياس فرق الجهد بين أي نقطتين في دائرة كهربية

أو قياس القوة الدافعة الكهربائية لمصدر مباشرة.

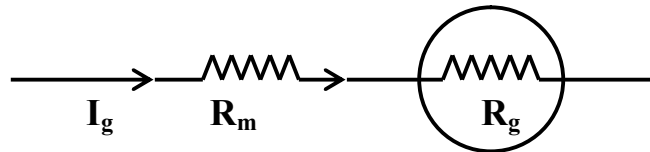
الفكرة العلمية :- عزم الازدواج المؤثر في ملف يمر به تيار قابل للحركة في مجال مغناطيسي

طريقة التوصيل في الدائرة :- يوصل الفولتميتر بالدائرة على التوازي (علل) حتي يكون فرق الجهد بين طرفي

ملف الفولتميتر هو نفسه فرق الجهد المراد قياسه ؛ لأن التوصيل على التوازي يتميز بتساوي فرق الجهد.

كيفية تعديل الجلفانومتر الى فولتميتر

يوصل مع ملف الجلفانومتر مقاومة كبيرة على التوالي تسمى مضاعف الجهد R_m



استنتاج قيمة مجزىء التيار R_m

حيث ان مقاومة ملف الجلفانومتر ومقاومة المضاعف موصلة على التوالي

$$V = V_g + V_m \quad \text{فيصبح}$$

$$V = V_g + I_g R_m$$

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$$

ويصبح

مضاعف الجهد R_m

مقاومة كبيرة توصل على التوالي مع ملف الجلفانومتر لتحويله الى فولتميتر

وظيفة المضاعف :-

١ - جعل المقاومة الكلية للفولتميتر كبيرة فلا تسحب تيار كبير من الدائرة ولا يحدث هبوط في الجهد .

٢ - قياس فروق جهد أكبر .

حساسية الفولتميتر :-

هي النسبة بين فرق جهد الجلفانومتر قبل توصيل مضاعف الجهد إلي فرق الجهد بعد توصيل المضاعف

$$\text{حساسية الفولتميتر} = \frac{V_g}{V}$$

ويمكن تعيين الحساسية ايضا بدلالة مقاومة المضاعف ومقاومة الجلفانومتر من العلاقة :-

$$\text{حساسية الفولتميتر} = \frac{R_g}{R_g + R_m}$$

ملاحظات

١- كلما زادت مقاومة مضاعف الجهد قلت حساسية الفولتميتر (علل) لانه كلما زادت مقاومة المضاعف يزداد فرق الجهد حيث

$$\text{حساسية الفولتميتر} = \frac{V_g}{V}$$

٢- المقاومة الكلية للفولتميتر $R_{eq} = R_g + R_m$

٣- المقاومة الكلية للفولتميتر اكبر من مقاومة المضاعف R_m

٤- صغر مقاومة الفولتميتر : (علل)

لأن الفولتميتر يوصل في الدائرة علي التوازي و بالتالي سوف يسحب جزء من تيار الدائرة لذلك لا بد من كبر مقاومته حتي لا تزداد التيار المسحوب من الدائرة ويحدث هبوط في فرق الجهد الأصلي المراد قياسه .

٥- يجب معايرة الفولتميتر كل فترة (علل)

لضعف الملفان الزنبركيان بكثرة الاستعمال . او قد يضعف المغناطيس بمرور الوقت مما يعطى الجهاز قراءة غير دقيقة

٦- الفولتميتر جهاز غير دقيق (يوجد خطأ في القياس) (علل)

لأن الفولتميتر يوصل في الدائرة علي التوازي مع المقاومة التي يراد حساب فرق الجهد بين طرفيها و بالتالي سوف تقل مقاومة الدائرة لذلك يزداد شدة التيار الأصلي ويتجزأ ويقل التيار المار في المقاومة المراد قياس فرق الجهد بين طرفيها حيث يمر جزء من التيار الاصل في الفولتميتر .

ويصبح :-

مقدار الخطأ في قراءة الفولتميتر = فرق الجهد قبل توصيل الفولتميتر بالدائرة — فرق الجهد بعد توصيل الفولتميتر بالدائرة

ملاحظات عند حل المسائل

١- اقصى قراءة قبل توصيل المضاعف تعنى V_g

٢- اقصى قراءة بعد توصيل المضاعف V

٣- المقاومة المقترحة لتحويل الجلفانومتر الى فولتميتر هي :-

توصيل مقاومة كبيرة على التوالي تسمى R_m مع ملف الجلفانومتر .

٤- المقاومة الكلية للفولتميتر

$$R_{eq} = \frac{V}{I} \quad \text{او} \quad R_{eq} = R_g + R_m$$

٥- الخطأ في قراءة الفولتميتر = فرق الجهد قبل توصيل الفولتميتر — فرق الجهد بعد توصيل الفولتميتر

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{الخطأ فى قراءة الفولتمتر}}{100 \times \text{القراءة الصحيحة (فرق الجهد بعد توصيل الفولتمتر)}}$$

٧- جلفانومتر يدل كل قسم من تدريجة على قيمة معينة لفرق الجهد..... هذه القيمة تعنى V_g كيف يتم تعديله ليدل كل قسم من تدريجه على قيمة أعلى لفرق الجهد هذه القيمة تعنى V

٨- V_g لجميع الأقسام $V_g =$ للقسم الواحد \times عدد الأقسام

٩- عند توصيل فولتمتر مقاومته R_g بين طرفى مقاومة ثابت R_1 يمر بها تيار I_1

لحساب قراءة الفولتمتر V_g فإن $V_g = I_1 R_1$ وايضا نجد ان $V_g = V = I R_{eq}$

ويمكن حساب تيار الفولتمتر I_g من العلاقة :- $V_g = I_g R_g$

وعند توصيل مقاومة جديدة R_m مع ملف الفولتمتر R_g فان اقصى قراءة للفولتمتر فى هذه الحالة تعين من العلاقة

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$$

حيث I_g شدة التيار فى R_g قبل توصيل R_m

مثال (١)

جلفانومتر حساس مقاومة ملفه 0.1Ω يبلغ أقصى انحراف له عندما يمر به تيار كهربى شدته $1Am$ ، احسب مقاومة مضاعف الجهد (R_m) اللازمة لتحويله الى فولتمتر يصلح لقياس فرق جهد نهائية العظمى $5V$

الحل

$$R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g} = \frac{5 - 0.001 \times 0.1}{0.001} = 4999.9\Omega$$

مثال (٢)

جلفانومتر مقاومة ملفه 5Ω يقيس تيار أقصى شدته لـ $20mA$ ، احسب أقصى تيار يمكن أن يقيسه اذا وصل بمجزئ تيار مقاومة 0.1Ω ، ثم احسب مقدار مضاعف الجهد الذى يوصل بالجلفانومتر ليعمل كفولتمتر يقيس فرق جهد قدرة $5V$

الحل

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

$$0.1 = \frac{20 \times 10^{-3} \times 5}{I - 20 \times 10^{-3}}$$

$$I = 1.02A$$

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{5 - (20 \times 10^{-3} \times 5)}{20 \times 10^{-3}} = 245\Omega$$

مثال (٣)

جلفانومتر ذو ملف متحرك مقاومة ملفه 18 أوم ، احسب :

(أ) قيمة مقاومة مجزئ التيار التى تسمح بمرور $\frac{1}{3}$ التيار الكلى فى ملف الجلفانومتر

(ب) قيمة مقاومة مضاعف الجهد التى تجعل الجلفانومتر صالحا لقياس فرق جهد يساوى عشرة أمثال فرق الجهد بين طرفى ملفه

الحل

$$R_g = 18$$

$$R_S = ??$$

$$I_g = \frac{1}{3} I$$

$$R_S = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

$$R_S = \frac{\frac{1}{3} I \times 18}{I - \frac{1}{3} I}$$

$$R_S = \frac{I \times 6}{\frac{2}{3} I}$$

$$R_S = 9 \Omega$$

$$R_m = \dots$$

$$V = 10 V_g$$

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$$

$$R_m = \frac{10 V_g - V_g}{I_g}$$

$$R_m = 9 R_g$$

$$R_m = 9 \times 18 = 162 \Omega$$

مثال (٤)

جلفانومتر حساس مقاومة ملفه 4Ω وأقصى تيار يتحملة 1mA وصل ملفه على التوزى بمقاومة مقدارها 1Ω ليكونا معا جهازا واحدا ، ثم وصل هذا الجهاز على التوالى بمقاومة مقدارها 999.2Ω ليكونا فولتميتر ، احسب أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه هذا الفولتميتر

الحل

$$R_S = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

$$R_S = \frac{1 \times 10^{-3} \times 4}{I - (20 \times 10^{-3})}$$

$$I = 0.005 A$$

$$R_{eq} = \frac{1 \times 4}{1 + 4} = 0.8 \Omega$$

$$V = I(R_{eq} + R_m)$$

$$= 0.005 \times (0.8 + 999.2) = 5V$$

مثال (٥)

جلفانومتر ذو ملف متحرك عند توصيلة بمجزئ للتيار قيمة 0.5Ω يصبح صالحا لقياس تيار أقصاه $0.11A$ وعند توصيلة بمضاعف جهد قيمة 245Ω يصبح صالحا لقياس فرق جهد أقصاه $2.5V$ ، احسب
(أ) أقصى تيار يتحملة ملف الجلفانومتر (I_g)
(ب) مقاومة الجلفانومتر

الحل

$$R_S = \frac{I_g R_g}{I - I_g} \quad (1)$$

$$0.5 = \frac{I_g R_g}{0.11 - I_g}$$

$$I_g R_g = 0.055 - 0.5 I_g \quad (1)$$

$$R_m = \frac{V - I_g V_g}{I_g} = 245\Omega$$

$$245 = \frac{2.5 I_g R_g}{I_g}$$

$$I_g R_g = 2.5 - 245 I_g \quad (2)$$

بمساواة المعادلتين (1) ، (2) :

$$0.055 - 0.5 I_g = 2.5 - 245 I_g$$

$$I_g = 0.01A$$

(ب) بالتعويض بـ I_g في المعادلة (1) :

$$R_g = 5\Omega$$

مثال (٦)

دائرة كهربية تحتوي على مقاومة مقدارها 10Ω موصلة على التوازي بفولتمتر مقاومة ملفه 50Ω عندما مر بالدائرة تيار شدته الكلية $0.6A$ انحراف مؤشر الفولتمتر الى نهاية تدريجة ، احسب قراءة الفولتمتر حينئذ ، واذا وصل ملف الفولتمتر بعد ذلك على التوالي مع مقاومة مقدارها 4950Ω ، احسب أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه الفولتمتر في هذه الحالة

الحل

$$R = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = \frac{50 \times 10}{50 + 10} = 8.33\Omega$$

$$V_g = I R = 0.6 \times 8.33 = 5V$$

$$I_g = \frac{V_g}{R_g} = \frac{5}{50} = 0.1A$$

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$$

$$V = 500V$$

$$4950 = \frac{V - 5}{0.1}$$

مثال (٧)

دائرة كهربية بها مقاومة ثابتة 6Ω وصل بين طرفى المقاومة فولتمتر مقاومة 30Ω وعندما مر تيار كهربى شدته $0.2A$ انحراف مؤشر الفولتمتر الى نهاية التدرج فاذا وصلت مقاومة تساوى 144Ω على التوالى مع الفولتمتر ومر بالدائرة نفس التيار ، فما قراءة مؤشره؟ وما أقصى قيمة لفرق الجهد الذى يمكن ان يقيسه الجهاز فى هذه الحالة ؟

الحل

$$\bar{R} = \frac{R_g R}{R_g + R} = \frac{30 \times 6}{30 + 6} = 5\Omega$$

$$V_g = 5 \times 0.2 = 1V$$

عند توصيل المقاومة 144Ω :

$$\bar{R} = \frac{6 \times 174}{6 + 74} = 5.8\Omega$$

$$V_g = 5.8 \times 0.2 = 1.16V$$

$$I_g = \frac{V_g}{R_g} = \frac{1}{30} A$$

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g} \quad , \quad 144 = \frac{V - 1}{\frac{1}{30}}$$

$$V = 5.8V$$

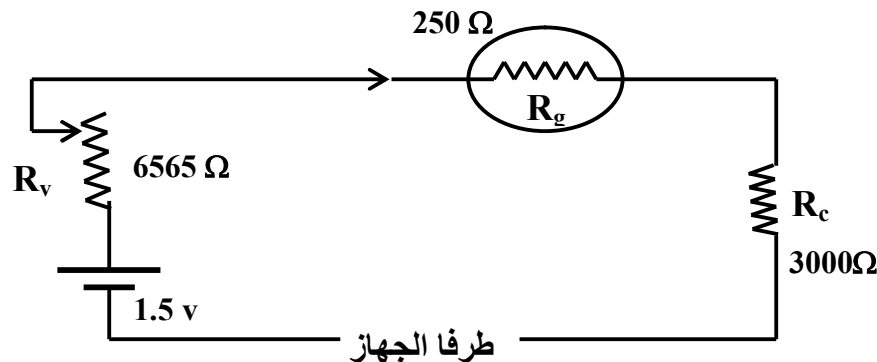
ثالثاً :- الأوميتير

الوظيفة :- قياس المقاومة الكهربائية بطريقة مباشرة.

الفكرة العلمية :- عزم الازدواج المؤثر في ملف يمر به تيار قابل للحركة في مجال مغناطيسي و

تتناسب شدة التيار عكسيا مع المقاومة.

كيفية تعديل الجلفانومتر الى اوميتير



عبارة عن جلفانومتر ذي الملف المتحرك أو ميكرو أميتر أو ملي أميتر مقاومته 250 اوم اقصى قراءة له 400 μA ويوصل ما يلي علي التوالي مع ملف الجهاز كما في الشكل:-

١- المقاومة العيارية الثابتة (R_c) 3000 Ω تعمل علي جعل المؤشر ينحرف إلي نهاية تدريج الاميتر وبداية

تدريج الاوميتير

٢- مقاومة متغيرة ($R_v = 6565 \Omega$) فائدتها تساعد المقاومة العيارية لجعل المؤشر ينحرف إلي نهاية تدريج الاميتر وبداية تدريج (صفر تدريج) الاوميتير .

٣- عمود كهربى جاف 1.5 V مع اهمال المقاومة الكهربائية (المقاومة الداخلية له صغيرة جدا) لضمان ثبوت فرق الجهد .

طريقة معايرة الأوميتير (كيفية تدريجه)

نصل طرفي الجهاز مباشرة دون وضع أي مقاومة خارجية $R_x = 0$ ، وبالتالي يمر تيار كهربى بالجهاز.

لكي ينحرف المؤشر الى نهاية التدريج يجب ان تكون مقاومة الدائرة $R = \frac{V_B}{I} = \frac{1.5}{400 \times 10^{-6}} = 3750 \Omega$

لكن مجموع المقاومات الموجودة بالدائرة = $R_g + R_c = 250 + 3000 = 3250$ اوم

تضبط المقاومة المتغيرة (الريوستات) لكي ينحرف المؤشر الى نهاية التدريج الذى يعتبر صفر على تدريج الأوميتير

ويمكن حساب الجزء المأخوذ من الريوستات (المقاومة المتغيرة) كالآتى :-

$$R_t = R_g + R_c + R_v$$

$$3750 = 250 + 3000 + R_v$$

$$R_v = 500 \Omega \quad \text{فيصبح}$$

مقاومة الدائرة (3750 Ω) تقابل شدة تيار 400 μA ولا توجد أى مقاومة بين طرفى الجهاز .

الآن إذا تم توصيل مقاومة معلومة القيمة بين طرفى الجهاز سيمر تيار أقل شدة ويكون المؤشر أقل انحرافا بسبب زيادة المقاومة الكلية فى الدائرة .

ولهذا يمكن معايرة الجهاز بالمقاومة التى تم ادخالها

إذا تم توصيل مقاومة $R_x = 3750 \Omega$ تصبح المقاومة الكلية ضعف ما كانت عليه وتقل شدة التيار الى النصف (200 μA) (ان تكتب قيمة المقاومة 3750 Ω امام القيمة 200 μA)

$$I = \frac{V_B}{R_1 + R_x} \therefore I = I = \frac{V_B}{R_1 + R_x} \therefore I = \frac{1.5}{3750 + 3750} = 200 \times 10^{-6} A$$

وإذا تم توصيل مقاومة ضعف مقاومة الجهاز $R_x = 2 \times 3750 \Omega$ تصبح المقاومة الكلية ثلاثة أمثال ما كانت عليه وتقل شدة التيار الى الثلث 400 μA

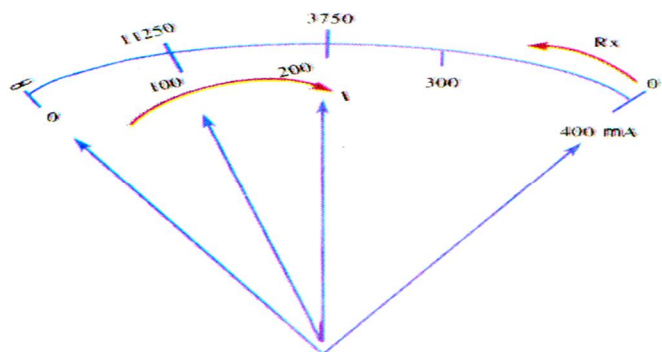
$$I = \frac{V_B}{R_1 + R_x} \therefore I = I = \frac{V_B}{R_1 + R_x} \therefore I = \frac{1.5}{3750 + 2 \times 3750} = \frac{400}{3} \times 10^{-6} A$$

إذا تم توصيل مقاومة $R_x = 3 \times 3750 = 11250 \Omega$ تصبح المقاومة الكلية أربعة أمثال ما كانت عليه وتقل شدة التيار الى الربع (100 μA)

(ان تكتب قيمة المقاومة 3 x 3750 = 11250 Ω امام القيمة 100 μA)

$$I = \frac{V_B}{R_1 + R_x} \therefore I = I = \frac{V_B}{R_1 + R_x} \therefore I = \frac{1.5}{3750 + 3 \times 3750} = 100 \times 10^{-6} A$$

$R_x (\Omega)$	$I \mu A$
0	400
3750	200
11250	100
∞	0



ملاحظات

١ - تدريج الأوميتير عكس تدريج الأميتر (علل).

لأن شدة التيار الكلي في الدائرة تتناسب عكسياً مع المقاومة الكلية لهذه الدائرة حيث تقل شدة التيار بزيادة المقاومة.

٢ - تدريج الأوميتير غير منتظم (علل)

لأن شدة التيار المارة في دائرة الجهاز تتناسب عكسياً مع المقاومة الكلية لدائرة الأوميتير. وليس مع المقاومة المجهولة فقط

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

٣ - يجب أن تكون القوة الدافعة الكهربائية للعمود المتصل بالأوميتير ثابتة (علل)

حتى لا تتغير شدة التيار أثناء ضبط مؤشر الأوميتير وإثناء استخدامه .

٤ - أجهزة القياس المباشرة السابقة (أميتر - فولتميتر - أوميتر) غير دقيقة (علل)

(أ) قطبي المغناطيس تقل شدتهما بالتدريج فتتغير قيمة كثافة الفيض المؤثر على الملف.

(ب) الزنبركان يفقدان جزءاً من مرونتهما بالتدريج.

(ج) قد يوجد خطأ بشري في قياس مقدار الانحراف.

س ماذا يحدث عند تغير قيمة V_B

الحل :-

يؤدي إلى تغير قيمة المقاومة العيارية R_c أو ما يؤخذ من المقاومة المتغيرة R_v الواجب أخذهما حتى يصل المؤشر إلى نهاية التدريج قبل توصيل أي مقاومة خارجية، ولذا سيتغير تدريج الأوميتير عما كان عليه في بداية المعايرة.

س :- ماذا يحدث عند عدم وجود مقاومة عيارية كبيرة في دائرة الأوميتير :-

يمر في الجلفانومتر تيار أكبر مما يتحملة ويحترق الملف

س :- كيف تستخدم الأوميتير لقياس مقاومة مجهولة بطريقة عملية

١ - نحضر جهاز الأوميتير وهو عبارة عن ميكرواميتر يتصل ملفه بمقاومة عيارية ثابتة ومقاومة متغيرة وعمود كهربى جاف قوته الدافعة 1.5 V على التوالي .

٢ - نلامس طرفى الجهاز ونعدل من مقاومة الريوستات حتى ينحرف مؤشره إلى نهاية التدريج الذى يعتبر صفر على تدريج الأوميتير

٣ - نصل طرفى الجهاز بالمقاومة المجهولة فتزداد المقاومة الكلية وتقل شدة التيار وينحرف المؤشر فى الإتجاه المضاد

٤ - قراءة المؤشر على التدريج تدل على قيمة المقاومة .

ملاحظات عند حل المسائل

- ١- لحساب قيمة المقاومة العيارية (او المقاومة المتغيرة) اللازمة لانحراف المؤشر الى نهاية تدريج الاميتر (وبداية تدريج الاوميتر) نعوض فى العلاقة الاتية :-

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

حيث :- I_g أقصى شدة تيار يقيسه الجلفانومتر او الميكرو ميتر
 R_g مقاومة الجلفانومتر

R_v المقاومة المتغيرة

R_c المقاومة الثابتة العيارية

r المقاومة الداخلية

- ٢- لحساب المقاومة R_x اللازمة لانحراف المؤشر الى ثلث التدريج فان :-

$$\frac{1}{3} I_g = \frac{V_B}{R_g + R_v + R_c + r + R_x}$$

- ٣- اى مقاومة تستخدم فى معايرة الاوميتر تؤخذ فى الاعتبار عند قياس اى مقاومة مجهولة اخرى اى انها تعتبر جزء من الاوميتر .

- ٤- اذا توقف المؤشر عند منتصف التدريج عند قياس مقاومة مجهولة R_x فان المقاومة المجهولة المقاسه تساوي
المقاومة الكلية للجهاز $R_x = R_{eq}$

- ٤- عند قياس مقاومة مجهولة....

المقاومة المجهولة	المقاومة الكلية	قراءة المؤشر
$R_x = R_{eq}$	$2R_{eq}$	$\frac{1}{2} I_g$
$R_x = 2R_{eq}$	$3R_{eq}$	$\frac{1}{3} I_g$
$R_x = 3R_{eq}$	$4R_{eq}$	$\frac{1}{4} I_g$
$R_x = 4R_{eq}$	$5R_{eq}$	$\frac{1}{5} I_g$

- ٥- للمقارنة بين قراءتين :-

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_{eq} + R_x}{R_{eq}}$$

أقصى شدة تيار
قبل توصيل R_x

أقصى شدة تيار
بعد توصيل R_x

المقاومة المجهولة

مقاومة الجهاز

مثال (١)

مللى أميتر مقاومة ملفه 4Ω وأقصى تيار يتحملة ملفه 16mA يراد تحويله الى أوميتر باستخدام عمود جاف قوتة الدافعة الكهربية 1.5V ومقاومته الداخلية 1.75Ω ، احسب :

(أ) قيمة المقاومة العيارية اللازم استخدامها

(ب) المقاومة الخارجية التي تجعل مؤشره ينحرف الى 10mA

(ج) شدة التيار المار به اذا وصل بمقاومة خارجية مقدارها 300Ω

الحل

$$R_g = 4\Omega \quad I_g = 16 \times 10^{-3} \quad V_B = 1.5 \quad r = 1.75$$

$$I_g = \frac{V_B}{R_g + R_C + r} \quad (أ)$$

$$16 \times 10^{-3} = \frac{1.5}{4 + 1.75 + R_C}$$

$$16 \times 10^{-3} = \frac{1.5}{5.75 + R_C}$$

$$5.75 + R_C = \frac{1.5}{16 \times 10^{-3}}$$

$$R_C = \frac{1.5}{16 \times 10^{-3}} - 5.75 = 88\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_g + R_C + r + R_X} \quad (ب)$$

$$10 \times 10^{-3} = \frac{1.5}{4 + 88 + 1.75 + R_X}$$

$$0.01 = \frac{1.5}{93.75 + R_X}$$

$$93.75 + R_X = \frac{1.5}{0.01}$$

$$R_X = \frac{1.5}{0.01} - 93.75 = 56.25\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_g + R_C + r + R_X} \quad (ج)$$

$$= \frac{1.5}{4 + 88 + 1.75 + 300} = 3.8 \times 10^{-3} \text{A}$$

مثال (٢)

أوميتر يتكون من أميتر ومقاومة عيارية وبطارية 6V ينحرف مؤشره الى نهاية التدرج عندما يمر به تيار شدته 1mA تلامس نهايته فانحرف مؤشره الى أقصى التدرج ، احسب قيمة المقاومة التي توصل مع نهايته فتجعل المؤشر ينحرف الى :

(أ) نصف التدرج

(ب) ربع التدرج

(ج) ثلاثة أرباع التدرج

من النتائج التي حصلت عليها اذا اضيف تدرج بالاوومات الى تدرج الاميتر ، فما قيم المقاومات التي تظهر عند المواضع السابقة لمؤشر الاميتر ؟

الحل

$$V_B = 6 \quad I_g = 1 \times 10^{-3} = 0.001$$

نحسب اولاً قيمة مقاومة الاميتر :

$$I_g = \frac{V_B}{R_g}$$

$$R_g = \frac{V_B}{I_g} = \frac{6}{0.001} = 6000\Omega$$

$$I = \frac{1}{2} I_g = \frac{1}{2} \times 0.001 = 0.5 \times 10^{-3} A \quad (أ)$$

$$I = \frac{V_B}{R_g + R_X}$$

$$0.5 \times 10^{-3} = \frac{6}{6000 + R_X}$$

$$6000 + R_X = \frac{6}{0.5 \times 10^{-3}}$$

$$R_X = \frac{6}{0.5 \times 10^{-3}} - 6000 = 3000\Omega$$

$$I = \frac{1}{4} I_g = \frac{1}{4} \times 0.001 = 0.25 \times 10^{-3} A \quad (ب)$$

$$I = \frac{V_B}{R_g + R_X}$$

$$0.25 \times 10^{-3} = \frac{6}{6000 + R_X}$$

$$6000 + R_X = \frac{6}{0.25 \times 10^{-3}}$$

$$R_X = \frac{6}{0.25 \times 10^{-3}} - 6000 = 18000\Omega$$

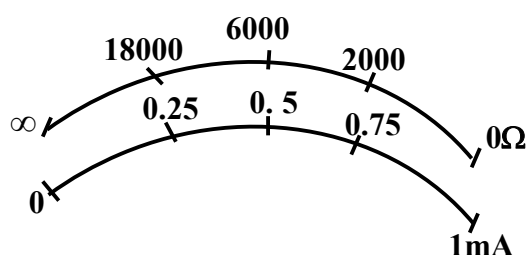
$$I = \frac{3}{4} I_g = \frac{3}{4} \times 0.001 = 0.75 \times 10^{-3} A \quad (ج)$$

$$I = \frac{V_B}{R_g + R_X}$$

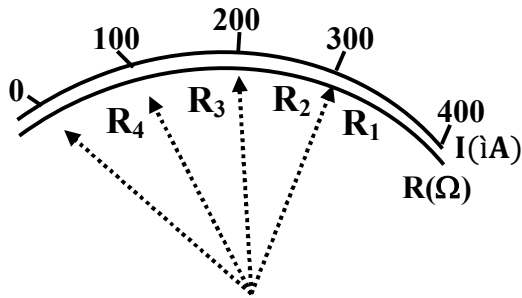
$$0.75 \times 10^{-3} = \frac{6}{6000 + R_X}$$

$$6000 + R_X = \frac{6}{0.75 \times 10^{-3}}$$

$$R_X = \frac{6}{0.75 \times 10^{-3}} - 6000 = 2000\Omega$$



مثال (٣)



فى الشكل المقابل :

أضيف تدريج الاومات الى تدريج الاميتر فإذا كانت المقاومة الداخلية الكلية للاوميتر 3750Ω وأقصى قيمة لشدة التيار $400\mu A$

(أ) احسب قيمة المقاومات R_1 ، R_2 ، R_3 ؟
(ب) ماذا تتوقع أن تصبح عليا قيمة المقاومة R_4 ؟ ولماذا ؟

$$R_{eq} = 3750$$

$$V_B = I_g \times R_{eq}$$

$$V_B = 400 \times 10^{-6} \times 3750 = 1.5V$$

$$I_g = 400 \times 10^{-6} \quad (\text{الحل ٣٧})$$

نحسب اولاً

$$I = \frac{V_B}{R_{eq} + R_1}$$

احسب R_1

$$300 \times 10^{-6} = \frac{1.5}{3750 + R_1}$$

$$R_1 = \frac{1.5}{300 \times 10^{-6}} - 3750 = 1250\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_{eq} + R_2}$$

احسب R_2

$$200 \times 10^{-6} = \frac{1.5}{3750 + R_2}$$

$$R_2 = \frac{1.5}{200 \times 10^{-6}} - 3750 = 3750\Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_{eq} + R_3}$$

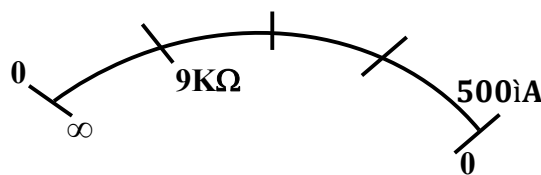
احسب R_3

$$100 \times 10^{-6} = \frac{1.5}{3750 + R_3}$$

$$R_3 = \frac{1.5}{100 \times 10^{-6}} - 3750 = 11250\Omega$$

R_4 تصبح مالانهاية

مثال (٤)



يبين الشكل المقابل :

أقسام متساوية على التدريج جهاز الاوميتر ،
استخدم البيانات المدونة لايجاد :

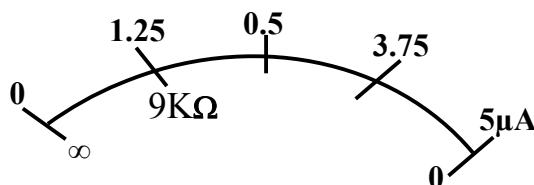
(أ) مقاومة الاوميتر
(ب) القوة الدافعة للعمود الكهربى فى الاوميتر

الحل

من الرسم نجد ان التدريج

$$\text{مقسم الى اربعة اقسام كل قسم} = \frac{5}{4} = 1.25 \text{ امبير}$$

ويصبح شكل التدريج كالتالى



$$I_g = 5 \times 10^{-6}$$

$$I = 1.25 \times 10^{-6}$$

$$R_X = 9 \times 10^3$$

ويصبح

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_{eq} + R_X}{R_{eq}}$$

$$\frac{5 \times 10^{-6}}{1.25 \times 10^{-6}} = \frac{R_{eq} + 9 \times 10^3}{R_{eq}}$$

$$4 = \frac{R_{eq} + 9000}{R_{eq}}$$

$$4R_{eq} = R_{eq} + 9000$$

$$3R_{eq} = 9000$$

$$R_{eq} = 3000\Omega$$

$$V_B = I_g R_{eq}$$

$$V_B = 500 \times 10^{-6} \times 300 = 1.5V$$

(ب)

مثال (٥)

أوميتر ينحرف مؤشره الى $\frac{1}{4}$ تدريجة عندما توصل معه مقاومة 300Ω ، احسب المقاومة التي تجعل مؤشر ينحرف الى $\frac{1}{6}$ تدريجه

الحل

$$R_X = 300\Omega$$

$$I = \frac{1}{4} I_g$$

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_{eq} + R_X}{R_{eq}}$$

$$\frac{I_g}{\frac{1}{4} I_g} = \frac{R_{eq} + 300}{R_{eq}}$$

$$4 = \frac{R_{eq} + 300}{R_{eq}}$$

$$4R_{eq} = R_{eq} + 300$$

$$3R_{eq} = 300$$

$$R_{eq} = 100$$

$$R_X = \dots\dots$$

فإن

$$I = \frac{1}{6} I_g$$

عندما يكون

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_{eq} + R_X}{R_{eq}}$$

$$\frac{I_g}{\frac{1}{6} I_g} = \frac{100 + R_X}{100}$$

$$6 = \frac{100 + R_X}{100}$$

$$600 = 100 + R_X$$

$$R_X = 50\Omega$$