تأثير مجال مغناطيسي على دارة يمر فيها تيار كهربائي

I ـ قانون لابلاص Loi de Laplace

1 ـ قانون لبلاص

تبن التجربة أنه إذا كان يمر في موصل تيار كهربائي وهو يوجد في مجال مغناطيسي ، فإن الموصل يخضع لقوة طبيعتها كهرمغناطيسية .

نعلم أن الموصل الفلزي يمكن اعتباره مكونا من أيونات موجبة ثابتة (تكون الشبكة البلورية) توجد وسط عددا من الإلكترونات وهي التي تكون حملة الشحن الكهربائية عندما يمر فيها تيار كهربائي . وفي حالة ما إذا كان التيار الكهربائي مستمرا فإن هذه الإلكترونات تتحرك إجماليا بسرعة ثابتة $\vec{v} = Cte\vec{e}$.

بما أن الموصل الفلزي يوجد في مجال مغناطيسي $\vec{B}$ فإن كل إلكترون يخضع إلة قوة مغناطيسية $\vec{f}$ حيث :

$\vec{f} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ وبما أن $q = -e$ إذن $\vec{f} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$

وتخضع كذلك إلى قوة مطبقة من طرف الشبكة البلورية نقرنه ب $\vec{f}'$ منحاها عكس منحى القوة $\vec{f}$.

حركة الإلكترون حركة مستقيمية منتظمة فحسب مبدأ القصور $\vec{f} + \vec{f}' = \vec{0}$ أي أن $\vec{f}' = -q\vec{v} \wedge \vec{B}$

واعتمادا على التأثيرات المتبادلة فإن كل إلكترون يطبق قوة $\vec{f}_r$ على الشبكة البلورية معاكسة للقوة $\vec{f}'$ أي أن

$$\vec{f}_r = \vec{f} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

بالنسبة للشبكة البلورية فهي تخضع إلى تأثير موزع مقرون بقوة $\vec{F} = \sum \vec{f}_r$ تسمى بقوة لبلاص :

$$\vec{F} = \sum (q\vec{v}) \wedge \vec{B}$$

تعبير قوة لبلاص :

حساب شدة القوة المطبقة من طرف الإلكترونات على جزء من موصل مستقيمي طوله ℓ ومقطعه S يمر فيه تيار كهربائي I ويوجد في مجال مغناطيسي منتظم $\vec{B}$

يكون عدد الإلكترونات الموجود في هذا الجزء : $N' = n.V$ بحيث أن n هي كتافة حملة الشحنة الكهربائية (عدد حملة الشحنة في وحدة الحجم) .

نعتبر v هي السرعة الإجمالية لحملة الشحنة الكهربائية .

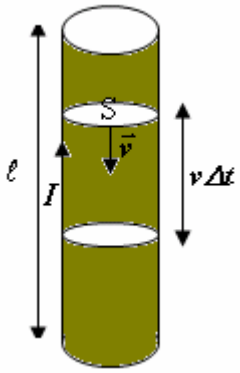
إذن $V = S.\ell$ $N' = n.S.\ell$

نوجه الموصل باختيار متجهة واحدية $\vec{u}$ متوازية مع $\vec{\ell}$ ومنحاها مطابق

لمنحى التيار الكهربائي فقوة لبلاص تكون على الشكل التالي :

$$\vec{F} = \sum (q\vec{v}) \wedge \vec{B} = N'(-e\vec{v} \wedge \vec{B})$$

$$\vec{F} = nS\ell(-e\vec{v} \wedge \vec{B}) = enSv(\vec{\ell} \wedge \vec{B})$$



* نعلم أن شدة التيار الكهربائي التي تمر عبر مقطع S خلال مدة زمنية Δt هي :

$I = \frac{Q}{\Delta t}$ بحيث أن $Q = Ne = enSv\Delta t$ بحيث أن N هو عدد حملة الشحنة الكهربائية التي تجتاز المقطع خلال المدة الزمنية Δt أي أن $I = enSv$

وفي العلاقة السابقة $\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$ (1)

وتمثل هذه العلاقة تعبير قوة لبلاص .

قانون لبلاص : عندما يجد جزء مستقيمي من دارة كهربائية ، طوله ℓ ويمر فيه تيار كهربائي شدته I في مجال مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ ، فإنه يخضع لقوة $\vec{F}$ كهرمغناطيسية نسميها قوة لبلاص ونعبر عنها بالعلاقة التالية : $\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$

2 ـ مميزات قوة لبلاص

* نقطة التاثير : أصطلح على أن نقطة التأثير تكزن في منتصف جزء الموصل الذي يوجد في المجال المغناطيسي لكون أن قوة لبلاص قوة موزعة .

* الاتجاه : متعامد مع المستوى الذي تحدده المتجهتان $I\vec{\ell}$ و $\vec{B}$ والمار من نقطة التأثير .

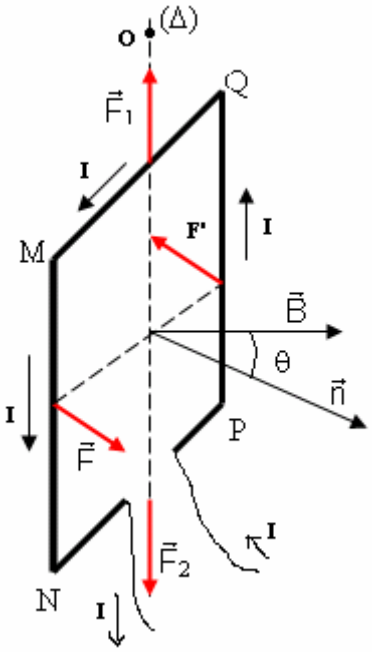
* المنحى : نطبق قاعدة ملاحظ أمبير أو قاعدة الأصابع الثلاث لليد اليمنى .

* الشدة : $F = I.\ell.B|\sin\alpha|$ حيث $\alpha = (\vec{\ell}, \vec{B})$ زاوية غير موجهة .

3ـ تأثير مجال مغناطيسي على إطار مستطيل

نعتبر إطارا مستطيلا MNPO طوله L و عرضه ℓ ، يتكون من N لفة من سلك موصل . نعلق الإطار بواسطة خيط بدون لي ، بين وشيعتي هولموتز ، حيث يوجد مجال مغناطيسي منتظم أفقي . ويجسد الخيط محور تماثل الإطار الذي هو محور الدوران (Δ) . نمرر تيارا كهربائيا في السلك الموصل الذي يتكون منه الإطار ، ونعتبر وضعا أيا كان حيث تكون المتجهة $\vec{B}$ للمجال المغناطيسي زاوية θ مع المنظمي $\vec{n}$ على مستوى الإطار .

1 ـ تعيين قوى لبلاص المطبقة على كل ضلع من أضلاع الإطار :



* على الضلع MQ يوجد تحت تأثير قوة لبلاص ممثلة بالمتجهة $\vec{F}_1$.
خط تأثيرها المحور (Δ)
منحاها : نحو الأعلى

شدتها : $$F_1 = NI\ell\left|\sin\left(\theta+\frac{\pi}{2}\right)\right|$$

عزم هذه القوة بالنسبة للمحور (Δ) منعدم .

* الضلع NP نمثل قوة لبلاص بالمتجهة $\vec{F}_2$
خط تأثيرها المحور (Δ)
منحاها نحو الأسفل

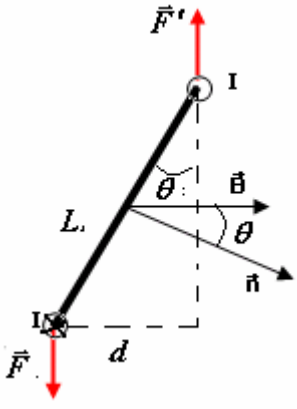
شدتها : $$F_2 = NI\ell\left|\sin\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)\right|$$

كذلك عزم هذه القوة منعدم .

* الضلع MN نمثل القوة بالمتجهة $\vec{F}$
خط تأثيرها عمودي على MN وعلى متجهة المجال المغناطيسي $\vec{B}$.
منحاها باستعمال قاعدة اليد اليمنى أي نحو الأمام .
الشدة : $F = NI\ell B$ لكون أن $\theta = 0$ وبالتالي $\sin\theta = 1$

* على الضلع PQ نمثل القوة بالمتجهة $\vec{F}'$
خط تأثيرها عمودي على الضلع MN وعلى $\vec{B}$
منحاها : يعين باستعمال قاعدة اليد اليمنى وهو نحو الخلف
شدتها : $F' = NI\ell B$

من خلال الشكل يلاحظ أن $\vec{F}$ و $\vec{F}'$ يكونان مزدوجة قوتين (نفس الشدة ، منحاهما متعاكسان ، لهما نفس خط التأثير)
عزمها بالنسبة للمحور (Δ) : $\mathcal{M}_\Delta = F.d$



بحيث أن $d = \ell\sin\theta$ إذن $\mathcal{M}_\Delta = N.I.S.B.\sin\theta$ و
$S = L.\ell$

من خلال هذه النتيجة يتبين أن $\sum\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_i) = N.I.S.B.\sin\theta$

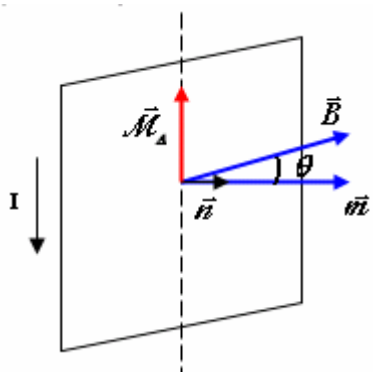
أي أن الإطار يدور حول المحور (Δ)

2 ـ أوضاع توازن الإطار :

نحصل على توازن الإطار عندما $\mathcal{M}_\Delta = 0 \Leftrightarrow \sin\theta = 0$
يحدث هذا بالنسبة لحالتين : $\theta = 0$ و $\theta = \pi$
ـ $\theta = 0$ فهو وضع التوازن المستقر للإطار
(عند إزاحة الإطار عن موضع توازنه في هذه الحالة بزاوية صغيرة جدا فإن المزدوجة $(\vec{F},\vec{F}')$ تعيده إلى موضع التوازن المستقر)
ـ وضع توازن غير مستقر لأنه عند إزاحة الإطار عن موضع توازنه بزاوية صغيرة جدا فإن المزدوجة $(\vec{F},\vec{F}')$ تزيد في إدارة الإطار نحو موضع توازنه المستقر .

3 ـ العزم المغناطيسي Le moment magnétique

تعريف : نسمي الجداء N.I.S والذي يعبر عنه ب $A.m^2$ بالعزم المغناطيسي للإطار ونكتبه m



$\mathcal{M}_\Delta = m.B.\sin\theta$ فهذا الحاصل هو نتيجة لجداء متجهي بين $\vec{m}$ و $\vec{B}$ بحيث أن

$\vec{\mathcal{M}}_\Delta = \vec{m} \wedge \vec{B}$

$\vec{m}$ تسمة متجهة العزم المغناطيسي للإطار ويحملها المنظمي على الإطار

$\vec{m} = m.\vec{n}$

$\vec{\mathcal{M}}_\Delta$ متجهة عزم القوى المغناطيسية وهي عمودية على $\vec{m}$ و $\vec{B}$ وموجهة بحيث يكون ثلاثي الأوجه $\left(\vec{m}, \vec{B}, \vec{\mathcal{M}}\right)$ مباشرا

II – تأثير مجال مغناطيسي منتظم على دارة كهربائية

1 – التدفق المغناطيسي

تعريف : إذا كانت دارة مغلقة في مجال مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ ، فإن التدفق المغناطيسي Φ للمجال المغناطيسي $\vec{B}$ عبر الدارة هو الجداء السلمي بين متجهة المجال $\vec{B}$ ومتجهة المساحة $\vec{S}$.

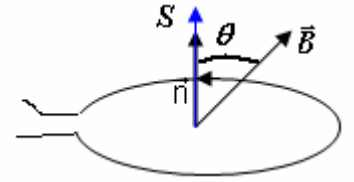
$$\Phi = \vec{B}.\vec{S}$$

$$\Phi = \vec{B}.\vec{n}S$$

$$\Phi = B.S.\cos\theta$$

مع أن $\theta = \left(\vec{S}, \vec{B}\right)$ وحدة التدفق المغناطيسي في النظام العالمي للوحدات هي : الويبر Wb

نوجه الوشيعة بتحديد منحى مختار في الدارة ونحدد منحى المتجهة الواحدية $\vec{n}$ باستعمال قاعدة اليد اليمنى . ويتعلق منحى متجهة المساحة بمنحى المتجهة الواحدية $\vec{n}$



ملحوظة : التدفق المغناطيسي مقدار جبري ترتبط إشارته بإشارة $\cos\theta$

* يكون التدفق قصويا في حالة $\theta = 0$ ، $\vec{B}$ و $\vec{S}$ لهما نفس الاتجاه ونفس المنحى $\Phi_{max} = B.S$

* يكون منعدما في حالة $\theta = \frac{\pi}{2}$ أي أن $\vec{B}$ و $\vec{S}$ متعامدان فيما بينهما $\Phi = 0$

* يكون دنويا في حالة $\theta = \pi$ أي أن $\vec{B}$ و $\vec{S}$ لهما نفس الاتجاه ومنحيان متعاكسان $\Phi_{min} = -B.S$

2 – قاعدة التدفق المغناطيسي القصوى

إذا كانت وشيعة يمر فيها تيار كهربائي مستمر قابلة للدوران في مجال مغناطيسي ، فإنها تتوجه في هذا المجال بحيث يكون التدفق المغنلطيسي عبرها قصويا عند موضع توازنها المستقر .