ظاهرة التخلف المغناطيسي

Phenomenon of Hysterics Magnetic

الزخم الزاوي والعزم المغناطيسي المداري للإلكترون

The Angular Momentum and the Orbital Magnetic Moment of Electron

اذا فرض ان الكترونا واحدا يدور حول نواة تحتوي على بروتون واحد ونيوترون بسرعة زاوية قدرها ω وعلى بعد قدره r ، كما في حالة ذرة الهيدروجين كما في الشكل، ولكي يبقى الالكترون في مداره لابد ان تكون القوة الطاردة المركزية centrifugal force الناتجة عن الحركة الدائرية تساوي قوة الجذب الاستاتيكي المركزي لكولوم الناتجة من تجاذب الالكترون الذي شحنته e– مع البروتون الذي شحنه e+ . اذن

القوة الطاردة المركزية = قوة الجذب الاستاتيكي

Electrostatic attraction force = centrifugal

$$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = mr\omega^2$$

$$\therefore \omega = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mr^3}} \dots\dots\dots\dots (1)$$

حيث m كتلة الالكترون، ε_0 سماحية الفراغ وبما ان دوران الالكترون ينتج عنه تيار شدته I وهو عبارة عن معدل مرور الشحنة e في الثانية الواحدة:

$$I = \frac{e}{T} = e.f = e.\frac{\omega}{2\pi} \dots\dots\dots\dots (2)$$

حيث f هو التردد ويمثل عدد الدورات في الثانية الواحدة وبالتعويض عن ω من المعادلة السابقة نحصل على:

$$I = \frac{e^2}{2\pi\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r^3}} \dots\dots\dots\dots (3)$$

واذا اعتبرت الحركة الدائرية للالكترون تماثل مرور تيار في لفة دائرية مساحة مقطعها S ونصف قطرها r فإن العزم المغناطيسي الدائري للذرة يساوي:

$$P_m = IS = I\pi r^2 = \frac{e^2}{4}\sqrt{\frac{r}{\pi\varepsilon_0 m}} \dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

وبالتعويض عن m و e و ε_0 بقيمها المعروفة، وعن r بالقيمة $5.28*10^{-11}$m كما في ذرة الهيدروجين في حالتها الطبيعية نحصل على:

$$P_m = 9.27x10^{-24} A.m^2 \dots\dots\dots\dots (5)$$

وهذه القيمة تمثل اقل عزم للالكترون في مداره، ويسمى هذا الثابت بمغنيتون بور (Bohr-magnetic) وهي وحدة العزم المغناطيسي للالكترون. ويرمز له بالرمز μ_B. والعزم الحركي الزاوي المداري للالكترون يعطى بالمعادلة:

$$L = mvr = mr^2\omega \dots\dots\dots\dots (6)$$

ولكن من المعادلتين 2 و 4 السابقتين نحصل على:

$$P_m = IS = \frac{e\omega}{2\pi}\pi r^2 = \frac{1}{2}e\omega r^2 \dots\dots\dots\dots\dots (7)$$

من هذه المعادلة والمعادلة 6 نحصل على:

$$P_m = L\frac{e}{2m} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (8)$$

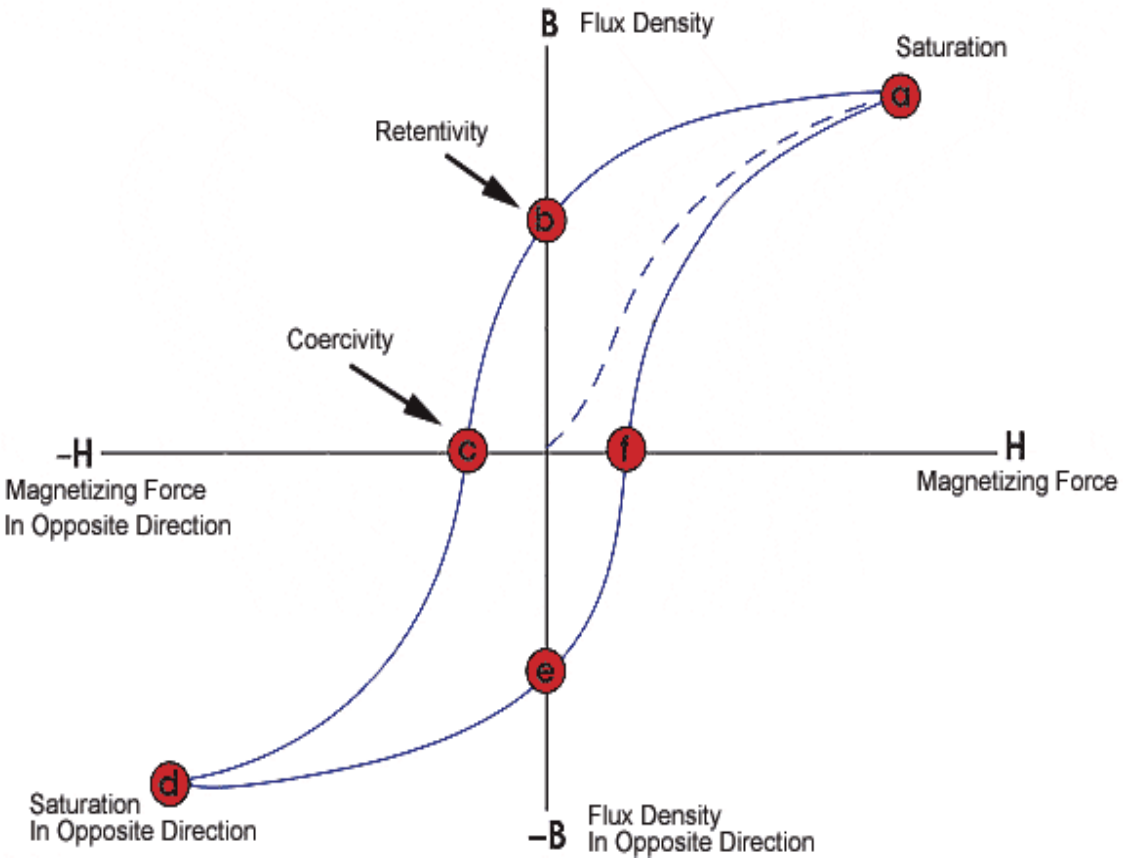
ظاهرة التخلف المغناطيسي Phenomenon of Hysterics Magnetic

من دراسة البنود السابقة يمكن القول إذا وضعت مادة في مجال مغناطيسي خارجي فإن الحث المغناطيسي B تتوقف قيمتها على نوع المادة وشدة المجال المغناطيسي H وكذلك درجة الحرارة. وتنقسم المواد الفيرومغناطيسية من حيث تأثير المجال المغناطيسي الخارجي عليها الى قسمين رئيسين هما:

مواد فيرومغناطيسية صلبة Hard Ferromagnetic Material

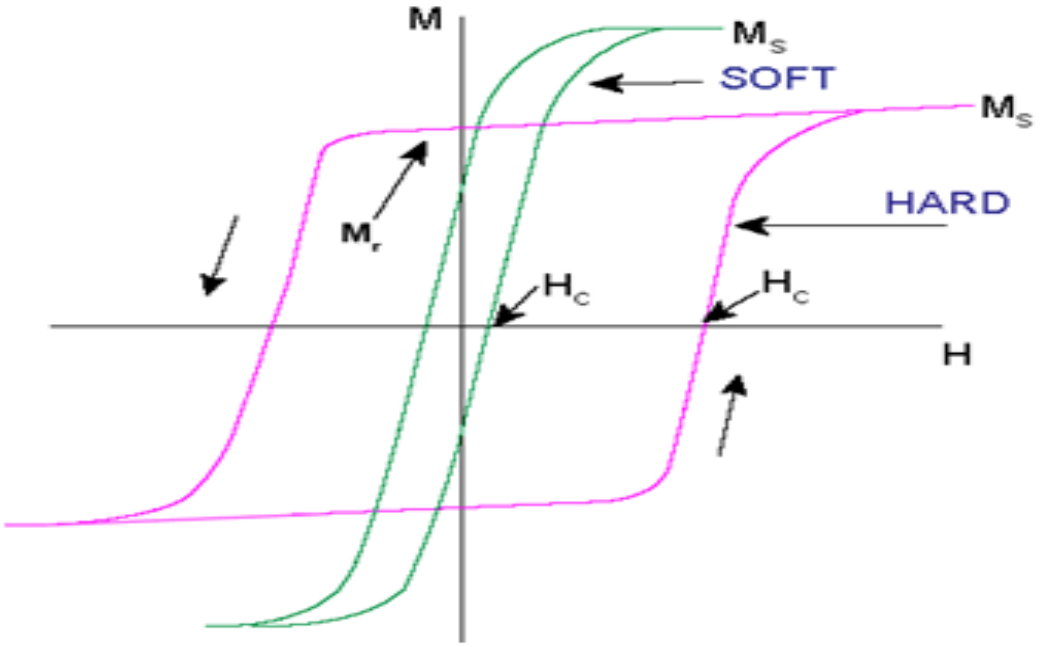
وهي نوع من انواع الفولاذ فإذا سلط عليها مجال مغناطيسي خارجي فانها تحتفظ ببعض مغناطيسيتها حتى بعد زوال المجال الخارجي. فإذا وضعت مادة فيرومغناطيسية صلبة في مجال مغناطيسي H ناتج عن تيار كهربائي مار في ملف حلقي فإن العلاقة بين الحث المغناطيسي للمادة B والمجال المغناطيسي H المسلط عليها يوضحه الشكل ادناه. وبتتبع سلوك التمغنط من البداية حيث تكون B = 0 عندما H = 0 نجد انه اذا زاد المجال المغناطيسي فإن العزوم الذرية ستوجه نفسها مع المجال المغناطيسي وتزداد هذه العزوم مع زيادة H ويزداد لذلك الحث المغناطيسي B حتى يصل الى قيمة معينة عند النقطة a حيث تصبح كل العزوم متجهة مع المجال المغناطيسي ولا يمكن بعدها زيادة B بزيادة H وتسمى هذه الحالة بالتشبع المغناطيسي. فإذا نقصت H فإن B تنقص ولكن على خط عودة آخر. فإذا اصبحت H = 0 نجد ان هناك مغنطة متبقية ممثلة بالنقطة b اي انه رغم زوال المجال المغناطيسي فإن المادة مازالت ممغنطة بمغناطيسيتها وهذا يعني ان بعض العزوم الذرية مازالت باقية على اتجاهها ويتولد ما نسميه بالمغانط الدائمة (المغنطة المتخلفة) ولإزالته يجب تسليط مجال مغناطيسي معاكس حتى تصل الى النقطة c وعندما تنعدم المغنطة B رغم وجود مجال مغناطيسي يسمى المجال في هذه الحالة بالمجال القاهر الذي يزيل المغنطة. وبزيادة المجال المغناطيسي الخارجي في الاتجاه المعاكس يمكن الوصول الى حالة التشبع d واذا عكس المجال المغناطيسي مرة اخرى فإنه يمكن الحصول على النقطتين e و f المناظرتين لـ b و c ثم الى النقطة a مرة اخرى. وتسمى هذه الظاهرة بالتخلف المغناطيسي وتسمى الدورة الكاملة المغلقة

بدورة التخلف المغناطيسي ويعتمد حجمها على نوع المادة وشكلها والقيمة العظمى للمجال المغناطيسي.



مواد فيرومغناطيسية رخوة (مطاوع) Soft Ferromagnetic Material

مثل الحديد المطاوع، وهذه المواد تتمغنط بسهولة في المجال المغناطيسي الخارجي ولكنها تفقده بسهولة عند زواله أي لا تبقى أي اثر للمغناطيسية بعد زوال المسبب. أما المواد الفيرومغناطيسية الرخوة (مطاوعة) فإن السلوك المثالي للدورة المغناطيسية يمثلها الشكل ادناه، ولكن لا يمكن الحصول على ذلك بصورة عملية ولكن يمكن القول ان دورة التخلف المغناطيسية للمواد الفيرومغناطيسية الرخوة تكون ضيقة جدا.



الطاقة اللازمة لمغنطة المواد الفيرومغناطيسية

لحساب الطاقة اللازمة لمغنطة المواد الفيرومغناطيسية نفرض أن طول الملف l ومساحة مقطعة S وأن التيار المار به i وعدد لفاته N وتكون شدة المجال المغناطيسي كما سبق هو:

$$H = \frac{Ni}{l}$$

فإذا زاد التيار زيادة مقدارها di في زمن مقداره dt فإن المجال المغناطيسي يزداد مقدارا قدره dH وكذلك الحث المغناطيسي dB وبذلك تكون الزيادة في الفيض المغناطيسي هي:

$$d\emptyset = S.dB$$

وحيث ان التغير في الفيض يصحبه قوة دافعة كهربائية محتثة تكون قيمتها حسب المعادلة:

$$\varepsilon = -N\frac{d\emptyset}{dt}$$

وبالتعويض عن dϕ في المعادلة الاخيرة نحصل على:

$$\varepsilon = -N.S\frac{dB}{dt}$$

وتكون الطاقة المغناطيسية المبددة (المستهلكة) في زمن قدره dt تبعا لقانون حفظ الطاقة هي:

$$dU + \varepsilon\, i\, dt = 0$$

ومنها يكون شكل المعادله هو:

$$dU = -\varepsilon\, i\, dt$$

وبالتعويض عن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة Ɛ نحصل على:

$$dU = N.S\frac{dB}{dt}.i.dt = N.S.i.dB$$

ثم بالتعويض عن N و i نحصل على المعادلة:

$$dU = S.l.H.dB$$

وحيث ان حجم الملف هو V = S.L وعليه تكون العلاقة:

$$dU = V\, H\, dB$$

وتكون التغير في الطاقة المغناطيسية لوحدة الحجوم داخل المادة الممغنطة الناتج عن تغير في مغناطيسيتها:

$$\frac{U}{V} = \int H.dB$$

ويكون التكامل يمثل المساحة الموجوده داخل نطاق دورة التخلف المغناطيسية بين H و B وهذه الطاقة تختزن جزئيا كطاقة وضع والجزء الاخر يتبدد طاقة حرارية تتولد داخل المادة الممغنطة.

اي أن (الحرارة لوحدة الحجوم لدورة كاملة = المساحة الكلية داخل دورة التمغنط).