<u>الدراسة الكلاسيكية للمواد الممغنطة :</u>

بما إن لكل جسيمة تدور حول مدار عزم مغناطيسي $\vec{\mu}_i$ فمن المنطقي ان ندرس البلازما كمادة قابلة للتمغنط نفاذيتها μ_m (لنضع الدليل **m** للنفاذية لنفرق بينهما وبين μ ثابت الوسط المكظوم أو غير المتغير حرارياً). ولبيان سبب عدم دراسة البلازما بهذا الشكل بكيفية دراسة الأوساط القابلة للتمغنط عادة .

تدل الأوساط ذات المغناطيسية الحديدة (وهي الأوساط ذات الحساسية المغناطيسية X_m الكبيرة وكذلك نفاذية نسبة $(\bar{\mu} >> 1$)، انه إذا كان لدينا قطعة من الحديد لها عزم مغناطيسي μ_i فإن تمغنطها **M**(magnetization) (والذي يبين مدى استقطاب العزوم المغناطيسية الجزيئية لحظياً في اتجاه معين ، أو تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي) ، يعطى بالعلاقة :

$$\overrightarrow{M} = \frac{1}{V}\sum_i \overrightarrow{\mu_i} \qquad (11\ \text{-}3)$$

أي أن التمغنط هو عبارة عن العزم المغناطيسي لوحدة الحجوم ويعرف أيضا بأنه <u>كثافة العزم المغناطيسي</u> و هذا يكافئ تأثير كثافة تيار مرافق

(bound current) مساو لـ :

$$\overrightarrow{J_b} = \vec{\nabla} \times \overrightarrow{M} \qquad (\text{mks})(12\ \text{-}3)$$

ويجب إضافة هذا التيار إلى التيار $\vec{J}$ المشار اليه في المعادلة (3- 4) في حالة الفراغ (<u>In vacuum</u>)) والذي يشمل التيارات الموجودة أصلا مع التيارات الناتجة عن المجالات الخارجية والتي يمكن أن نرمز له بـ $\overrightarrow{J_f}$ وبالتالي نستطيع إعادة كتابة المعادلة (3-4) بالشكل :

$$(\text{mks})\ \mu^{-1}\vec{\nabla} \times \vec{B} = \overrightarrow{J_f} + \overrightarrow{J_p} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \qquad (13\ \text{-}3)$$

ويمكن كتابة المعادلة (3-13) بشكل ابسط كما يلي :

$$(\text{في نظام cgs}) \qquad \vec{\nabla} \times \vec{H} = \frac{4\pi}{c}\vec{J}_f + \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \qquad (14\ \text{-}3)$$

$$(\text{في نظام mks}) \qquad \vec{\nabla} \times \vec{H} = \frac{4\pi}{c}\vec{J}_f + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

وذلك بعد إدخال مفهوم الشدة المغناطيسية $\vec{H}$ والتي تساوي :

$$(\text{في نظام mks}) \qquad \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \qquad (15\ \text{-}3)$$

حيث لدينا من العلاقة (3- 11):

في حالة شحنة ما $\overrightarrow{\mu_i}$=A$\overrightarrow{i_b}$ حيث $\overrightarrow{i_b}$ التيار المرافق للجسيمة ذات العزم المغناطيسي $\overrightarrow{\mu_i}$ ، **A**مساحة المقطع المغناطيسي المتشكل واعتبار الحجم **V** مساوياً لـ Al حيث lالمسافة التي تجتازها الجسيمة ضمن الوسط وبالتالي يكون :

$$\vec{M} = \frac{\sum_i A\vec{i_b}}{Al} = \frac{\sum_i \vec{i_b}}{l} = \vec{J_b}\ A/m \qquad (16\ \text{-}3)$$

ويمكن كتابة العلاقة بين $\vec{M}$ و $\vec{H}$ بدلالة الحساسية المغناطيسية X_m بالشكل :

$$\vec{M} = X_m\vec{H} \qquad (17\ \text{-}3)$$

بالاستفادة من العراقة (15-3) نحصل على :

$$\vec{B} = \mu_0(1 + X_m)\vec{H} = \mu_m\vec{H} \quad \text{(في نظام mks)} \qquad (18\text{ -}3)$$

عندما تكون البلازما ممغنطة تكون لكل جسيمة عزم مغناطيسي $\vec{\mu_a}$ ويكون التمغنط $\vec{M}$ هو مجموع هذه العزوم في الـ **$1cm^3$** في الجملة **cbs** والـ **$1m^3$** في الجملة **mks** .

$$\vec{\mu_a} = \frac{mv_{\perp a}^2}{2\vec{B}} a \frac{1}{\vec{B}} \Rightarrow \vec{M} a \frac{1}{\vec{B}} \qquad (19\text{ -}3)$$

وبالتالي لاتكون العلاقة بين $\vec{M}$ و $\vec{H}$ خطية في هذه الحالة ، كما هو الحال في حالة إلكترون يتحرك على سطح ناقل بحيث يمكن اعتبار التيار $\vec{J_b}$ في العلاقة (3- 16) هو تيار سطحي وبالتالي اعتبار العلاقة (17-3) علاقة خطية . وهذا هو السبب في عدم دراسة البلازما على انها مادة ممغنطة كما اشرنا في بداية الفقرة .