عنوان المحاضرة :

المقاومة المغناطيسية

Magnetic resistance

Dr. Ghassan Adnan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المقاومة المغناطيسية

عند دراسة تأثير هول وجد أن كثافة التيار الكهربائي تعطى بالمعادلة:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} = \vec{J} + \mu(\vec{J} x \vec{B}) \text{.....(45)}$$

حيث تمثل (μ) تحركية هول Hall Mobility لحاملات الشحنة وتقاس بوحدات متر مربع لكل (فولت.ثانية). التفسير الفيزيائي للحد الأول في الطرف الأيمن من المعادلة (45) التي تمثل حل معادلة النقل لبولتزمان باستخدام نظرية لورنتز وللمرتبة الأولى للمجال المغناطيسي هو أن التوصيل لغاز الكتروني على طول معدن يجب ان لا يضعف في حالة وجود مجال مغناطيسي له مركبة عمودية على كثافة التيار(J)،وهذا يشير الى انم المقاومة الكهربائية لمعدن لا تعتمد على تأثيرات المجال المغناطيسي.

اما من الناحية التجريبية فقد وجد أن المواصلة Conductance (قدرة المادة على توصيل التيار الكهربائي) تتناقص عند وجود المعدن في مجال مغناطيسي وتعرف هذه الظاهرة بتأثير المقاومة المغناطيسية وهذا يدل على نشوء مقاومة كهربائية اضافية في موصل نتيجة وجوده في مجال مغناطيسي خارجي.

اما نظريا وبموجب نظرية لورنتز فأن حل معادلة النقل لبولتزمان لرتبة أعلى من الرتبة الأولى للمجال المغناطيسي يظهر تناقصا في القدرة على توصيل التيار الكهربائي ويعتمد ذلك على مربع المجال المغناطيسي وهذا ما يتطابق مع القياسات العملية.

ان تفسير ذلك هو ان بعض الالكترونات قد تتحرك أسرع أو أبطأ من متوسط سرعة الالكترونات ولذلك فهي تسلك مسالك منحنية من احدى نهايتي الموصل الى النهاية الأخرى ،ان الانحناء أو التقوس لكثير من المسارات الالكترونية يقلل من القدرة على توصيل التيار الكهربائي حيث يعبر عن التوصيلية الكهربائية المغناطيسية بالصيغة الرياضية التالية:

$$\sigma_B = \frac{J^2\sigma}{J^2+(\sigma R_H)^2|\vec{J} x \vec{B}|^2} \text{.....(46)}$$

تكون المقاومة الكهربائية المغناطيسية أعظم ما يمكن عندما يكون المجال المغناطيسي$(\vec{B})$ بكامله عموديا على اتجاه سريان التيار $(\vec{J})$،وتتلاشى المقاومة عندما يكون المجال المغناطيسي$(\vec{B})$ موازيا لكثافة التيار $(\vec{J})$ أي أن :

$$\sigma_B = \sigma \text{.....(47)}$$

اخفاقات النظريات الكلاسيكية للإلكترون الحر

أولا : تفترض النماذج الكلاسيكية ان للمعادن طاقة حركية للالكترونات الحرة $\left(\frac{3}{2}nK_BT\right)$ وهذا يعني امتلاك المعدن حرارة نوعية الكترونية عالية ، إلا أن التجارب تشير الى أن الحرارة النوعية المرافقة للغاز الالكتروني تكون صغيرة جدا ، وهكذا الحال ينطبق على القابلية البارامغناطيسية العالية المتوقعة لحاملات شحنة حرة تماما .

ثانيا : ان متوسط المسار الحر المستنتج عمليا من تأثير هول والتوصيلية الكهربائية كبير جدا بالمقارنة مع الفسح بين ذرات المعدن ، وهذا يعني ضمنا عدم تصادم بعضها مع بعض أو عدم تصادمها مع لباب الأيونات

Dr.Ghassan Adnan
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الموجبة وكأن الكترونات التوصيل غازا ذا دقائق عديمة التفاعل المتبادل ، وهذه الظاهرة لم تستطع تفسيرها النظرية الكلاسيكية.

ثالثا : لم تستطع النظريات الكلاسيكية تفسير الاشارات الشاذة لمعامل هول الذي اشارته سالبة دائما لكن بعض من المعادن مثل الكادميوم (Cd) والزنك (Zn)معامل هول لها ذو اشارة موجبة.

رابعا : تتنبأ النظريات الكلاسيكية بأن معامل هول له كمية ثابتة $\left(R_H = \frac{-1}{n\,e}\right)$ لا تعتمد على درجة الحرارة (T) وزمن الاسترخاء (τ_r) وشدة المجال المغناطيسي المسلط $(\vec{B})$ ،ولكن من الناحية العملية وجد أن معامل هول يعتمد على درجة الحرارة وشدة المجال المغناطيسي ومن المحتمل أيضا على زمن الاسترخاء غير المسيطر عليه عمليا.

خامسا : لم تستطع النظريات الكلاسيكية اعطاء تفسير للتصرف المعقد الذي تسلكه مقاومة المعدن تحت تأثير مجال مغناطيسي ، حيث تزداد مقاومة العناصر النادرة مثل النحاس والفضة والذهب بصورة واضحة بزيادة المجال المسلط.

سادسا : لم تفلح النظريات الكلاسيكية في تفسير اعتماد التوصيلية الكهربائية على درجات الحرارة ، حيث تتناسب التوصيلية الكهربائية مع (T^{-1}) عند درجات الحرارة العالية ومع (T^{-5}) عند درجات الحرارة الواطئة .

Dr. Ghassan Adnan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com