بسم الله الرحمن الرحيم

جامعــة السـودان للعلـوم و التكنولوجـيا

كلـية العلــوم – قسـم الفيزيـــاء

الموصلية الفائقة

Superconductivity

بحث تكميلي لنيل درجة البكالاريوس في الفيزياء

إعداد:

- **أحمد عمر العبد الأمين**
- **إيمان حامد علي محمد**
- **محمد ياسر مهدي عبد الله**

إشراف :

أ.د/ مبارك درار عبد الله

ذو الحجة 1437هـ /سبتمبر2016

بسم الله الرحمن الرحيم

الاستهلال

قال تعالى:

"قَالَ الَّذِي عِندَهُ عِلْمٌ مِّنَ الْكِتَابِ أَنَا آتِيكَ بِهِ قَبْلَ أَن يَرْتَدَّ إِلَيْكَ طَرْفُكَ
فَلَمَّا رَآهُ مُسْتَقِرًّا عِندَهُ قَالَ هَٰذَا مِن فَضْلِ رَبِّي لِيَبْلُوَنِي أَأَشْكُرُ أَمْ أَكْفُرُ وَ
مَن شَكَرَ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ وَ مَن كَفَرَ فَإِنَّ رَبِّي غَنِيٌّ كَرِيمٌ"

النمل (40)

الفهرست

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الاستهلال	i.
	الإهداء	ii.
	الشكر	iii.
	الخلاصة	iv.
	Abstract	v.
	الفهرست	vi.
الباب الأول مقدمة البحث		
(1.1)	المقدمة	

(2.1)	**مشكلة البحث**	2
(3.1)	**الغرض من البحث**	3
(4.1)	**محتوى البحث**	3
الباب الثاني **مفهوم التوصيل الفائق**		
(1.2)	**مقدمة**	4
(2.2)	**تعريف الموصل الفائق**	4
(3.2)	**آلية التوصيل**	4
(4.2)	**أنواع الموصل الفائق حسب خاصية المجال المغنطيسي**	4
(5.2)	**معادلات لندن الأولى و الثانية**	5
(6.2)	**تكميم المجال المغنطيسي**	8
الباب الثالث		

تطبيقات التوصيل الفائق		
(1.3)	**مقدمة**	10
(2.3)	**القطار المغناطيسي**	10
(3.3)	**التصوير بالرنين المغنطيسي**	13
(4.3)	**جهاز التداخل الكمي الفائق (الاسكويد)**	17
الباب الرابع **عملي للموصلية الفائقة**		
(1.4)	**مقدمة**	19
(2.4)	**الاجهزة والادوات**	19
(3.4)	**الطريقة**	19
(4.4)	**النتائج**	19
(5.4)	**الحسابات**	21

(6.4)	**المناقشة**	22
(7.4)	**الخلاصة**	22
(8.4)	**التوصيات**	22
	المراجع	23

البـــاب الأول

المقــدمة

(1.1) . التوصيل الفائق:

هي ظاهرة تحدث في بعض المواد (SUPERCONDUCTIVITY) الموصلية الفائقة في الفيزياء عند تبريدها إلى درجات حرارة منخفضة جدا تقترب من الصفر المطلق)صفر كلفن (، حيث تسمح الموصلات الفائقة بمرور الكهرباء خلالها دون أي مقاومة كهربية تقريباً .

عادة تنخفض المقاومة الكهربية للموصلات المعدنية تدريجيا مع انخفاض درجة الحرارة، وفي حالة الموصلات العادية كالنحاس أو الفضة فإن الشوائب الموجودة في المادة تمنع الوصول إلى

حد أدنى من المقاومة في درجات الحرارة المنخفضة .ولذلك فعند الاقتراب إلى درجة حرارة تقارب

درجة الصفر المطلق فإن عينة من النحاس مثلا لا يمكن أن توصل لدرجة ممانعة) مقاومة (تساوي

الصفر .أما في حالة الموصلات الفائقة فإن الممانعة تنخفض على نحو مفاجئ إلى الصفر عندما يتم

تبريد المادة إلى درجة حرارة أقل من الدرجة الحرجة لهذه المادة، غالبا 20 كلفن أو أقل.

ففي حالة التوصيل الفائق يمكن لتيار كهربائي يمر في حلقة من مادة فائقة التوصيل أن يستمر في السريان إلى وقت غير محدود وبدون وجود مصدر للطاقة بعد إعطاء الدفعة الأولى.

ظاهرة التوصيل الفائق ظاهرة تفسرها ميكانيكا الكم، ولا يمكن فهمها على أساس أنها تجسيد لظاهرة

الموصل المثالي ضمن إطار الميكانيكا الكلاسيكية.

وتحدث حالة التوصيل الفائق في تشكيلة واسعة من المواد مثل :المعادن الخفيفة كالقصدير والألمنيوم، والسيراميك والسبائك الثقيلة، وبعض أشباه الموصلات، ولكن لا يمكن صنع موصلات

فائقة من المعادن النبيلة كالذهب والفضة، ولا من المعادن ذات مغناطيسية حديدية.

قبل عام 1911 كان الاعتقاد السائد أن جميع المواد تصبح فائقة التوصيل للكهرباء فقط عند درجة حرارة الصفر المطلق 273 - م .ولكن في تلك السنة لوحظ أن الزئبق النقي تصبح مقاومته مساوية للصفر عند درجة حرارة 4 مطلق 269 . درجةمئوية ويمكن الحصول على هذه الدرجات
المنخفضة بتسييل غاز الهيليوم .لقد كان هذا الاكتشاف مثيرا لاهتمام الكثير من العلماء لإيجاد تفسير
علمي لهذه الظاهرة وخاصة بعد أن وجد أن هناك مواد أخرى لها نفس الخاصية عندما تبرد وهذا ما
كان مخالفا للاعتقاد السائد آنذاك .ولكن تسييل غاز الهيليوم مكلف جدا من ناحية مادية ،
ولذلك كان البحث في هذا المجالمحدوداً جداً إلى أن تم التوصل في عام 1986 إلى مركب فائق عند درجة حرارة 180 درجة مئوية ، ويمكن YBA2CU3O التوصيل للكهرباء، رمزه الكيميائي هو7
الحصول على هذه الدرجة بتسييل غاز النيتروجين و هذا غير مكلف و من هنا بدأت البحوث و التجارب العلمية تنشط لمحاولة فهم هذه الظاهرة وكيفية استغلالها في تطبيقات صناعية و تكنولوجية،
و كذلك في البحث عن مواد تكون مقاومتها صفر عند درجات حرارة الغرفة أي 25 درجة مئوية.

بداية تاريخ وولادة فكرة الرنين المغناطيسي كانت عام (1945-1946)عندما حصل العالم (فليكس بلوخ) و(ادوار بورسيل) على جائزة نوبل لاكتشافة الرنين المغناطيسي. تطورت على يد العالم (آرون هان) عام (1950) للاستخدام الطبي عام (1973) على العالمين البريطاني (بيتر مانسنيلد) والأمريكي (بول لاوتربر). وفي عام (1976) نشرت أول صورة لمقطع اصبع للرنين المغناطيسي . وفي عام (1977م) نشر أول تصوير كامل للجسم . يجدر الإشارة إلى أن الرنين المغناطيسي استخدم في البداية في المعامل الكيميائية فقط وبعد ذلك تم تحديثه في البداية ليدخل إلى الحقل الطبي . سمي في البداية الرنين المغناطيسي النووي . ولكن غيرالإسم لاحقاً لخوف وحساسية العامة من كلمة نووي وقد قصد بها نواة الذرة لا الأشعة النووية ذاتها.

ويمتاز التوصيل الفائق بقدرته على توليد مجال مغناطيسي هائل حوله بسبب خاصية الطرد التى يتمتع بها حيث يعمل الموصل الفائق على طرد المجال المغناطيسي خارجه ويستفاد

من هذه الخاصية في القطارات المغناطيسية والتى تعتمد على خواص مغنطيسية الموصلية لرفع القطار قليلا فوق القضبان مما يقلل في الإحتكاك وبالتالي تزيد سرعة القطار وتتجاوز km/h 300 .

ويستفاد من ظاهرة الموصلية الفائقة في توليد طاقة كهربائية كبيرة في تيار أو طاقة حركية قليلة وتستخدم أيضا هذه الظاهرة في التشخيص بالرنين المغنطيسي حيث تتطلب مغنطة جسم الإنسان بتسليط مجال مغناطيسي هائل عليه.

(2.1) مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في عدم وجود دراسات كافية عن الموصلية الفائقة و عدم وجود بحوث كافية و مكتملة الجوانب في هذا المجال توضح لنا كيفية التعامل مع هذه المواد فائقة التوصيل.

(3.1) الغرض من البحث:

نهدف في بحثنا هذا لدراسة الموصلية الفائقة وتسليط الضوء عليها وعلي تطبيقاتها ككل .

(4.1) محتوى البحث:

نتناول في هذا البحث عن الموصلية الفائقة وعن المواد فائقة التوصيل واجملناها في اربعة ابواب يحتوي الاول علي مقدمة عن الموصلية الفائقة وفكرة عامة عنها . والثاني علي تعريفها وآلية عملها والمعادلات الرياضية الخاصة بها . والثالث علي عدة تطبيقات في الموصلية الفائقة وطرق الإستفادة منها .والرابع علي تجربة عملية في دراسة مقاومة وموصلية العظام .

الباب الثاني

التوصيـــل الفــائق

(1.2) مقدمـــة :

التوصيل الفائق أو التوصيل المفرط هي ظاهرة تحدث في بعض المواد عند تبريدها إلى درجات حرارة منخفضة جدا تقترب من الصفر المطلق(0k) ، حيث تسمح الموصلات الفائقة بمرور الكهرباء خلالها دون أي مقاومة كهربية تقريباً .

(2.2) تعريف الموصل الفائق :

هو موصل كهربي قيمة مقاومته صفر فلا تملك مادته التي صنع منها أي مقاومة و إنما في المقابل تتمتع بموصلية فائقة و هو مبدأ مثالي في الهندسة الكهربائية لا يمكن الوصول إليه في الوقت الراهن و لكنه يستعمل حينما تكون مقاومة الموصل صغيرة فيستحسن إهمالها كما في مقاومة أسلاك التوصيل في دائرة كهربية ، حيث يتم إهمالها تماما أثناء تمثيل الدوائر حيث يستخلص من رؤية الرسم أن قيمة الأسلاك صغيرة لدرجة لا يمكنها خلالها أن تؤثر بقيمة معتبرة على شدة التيار الكهربي المار في الموصل .

كما يؤثر الموصل الفائق أو الموصل المثالي حيث يوصل في دائرة مغناطيسية على انسياب التدفق المغنطيسي كما في تأثير هيسنر.

(3.2) آلية التوصيل :

فهمنا لآلية التوصيل الفائق يعود إلى نظرية ابتكرها جون باردين و ليون كوبر و روبرت شريفر و التي عرفت بإسم نظرية (BCS) و التي تفسر كيف أن الالكترونات تشكل أزواجاً تسمى بأزواج كوبر و التي تقوم مقام كتالات البناء لحالة الناقلية الفائقة و يحدث هذا التزاوج عبر وسط يسمى الاهتزاز الشبكي و الذي يعرف باسم الفونون و كمثال مجهري على ما سبق ذكره الكترون يتحرك عبر شبكة بلورية مجتذباً إليه أيونات ذات شحنة موجبة و هذا التشوه سوف يجذب إليه بشحنته الموجبة التي تعززت بعض الشي الكتروناً ثانيا و هذا إلى حد ما يعتبر صورة سكونية لما يمثل في واقع الحال عملية ديناميكية لكنه يعطي الصورة الأساسية.

(4.2) أنواع الموصل الفائق حسب خاصية المجال المغناطيسي:

يمكن التمييز بين نوعين من المواد ذات الناقلية الفائقة و ذلك حسب سلوكها عند تعرضها لحقل مغنطيسي :

1-النوع الأول Type 1 super conductor:-

يتميز بأنه عند تعرضه لحقل مغنطيسي يطرده إلى الخارج إلى أن تبلغ شدة هذا الحقل قيمة تدعى الحقل الحرج HC يسمح عندها بدخول الحقل إلى داخل المادة بدفعة واحدة.

2-النوع الثاني Type 11 super conductor :-

يتميز بأنه يطرد الحقل المغناطيسي حتى تبلغ شدته قيمة تدعى الحقل الحرج السفلي HC1 ،يبدأ عندها الحقل بولوج المادة جزئيا ،وذلك على شكل كمات من التدفق تدعى الدوامات المغنطيسية vortex و يزداد عدد هذه الكمات ضمن المادة كلما ارتفعت شدة الحقل إلى أن تبلغ قيمة الحقل الحرج العلوي HC2 التي تفقد المادة عنده حالة الناقلية الفائقة لتعود إلى الحالة الطبيعية.

عند مرور تيار ضمن ناقل فائق من النوع الثاني فإن هذه الدوامات تتحرك بإتجاه معامد لإتجاه التيار ،وتولد هذه الحركة حقلا كهربائيا بإتجاه التيار المار يشعر بوجود مقاومة كهربائية ضعيفة .في الحالة العملية تكون الدوامات ملتصقة بعيوب ضمن المادة ،و من المعروف في علم المواد أنه يمكن تقليل كمية العيوب ضمن مادة معينة و لكن لا يمكن تحضير مادة من دون عيوب ،و منه فإن الدوامات تجد دائما ما تلتصق به.

(5.2) معادلات لندن :-

تعتمد معادلة لندن على معادلة حركية الالكترون في مجال كهربي و من معادلات ماكسويل و حسب قانون نيوتن نجد أن :

$$m\frac{dv}{dt} = eE$$
(2.5.1)

و هي تمثل معادلة حركة الالكترون الذي يسير في مجال كهربي شدته E نجد أن:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{e}{m}E \qquad \textbf{(2.5.2)}$$

و حسب تعريف كثافة التيار نجد أن:

$$J = neV \qquad \textbf{(2.5.3)}$$

$$V = \frac{1}{ne}V$$
(2.5.4)

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{ne}\frac{dJ}{dt}$$
(2.5.5)

و بتعويض (1) في (2) نجد أن:ـــ

$$E = \frac{m}{e}\frac{dv}{dt} = \frac{m}{ne^2}\frac{dJ}{dt}$$
(2.5.6)

$$E = A\frac{dJ}{dt}$$
(2.5.7)

$$A = \frac{m}{ne^2}$$
(2.5.8)

و حسب معادلات ماكسويل :ـــ

جهد المجال المغنطيسي المتجهي A يعرف بدلالة الاندفاع P عبر العلاقة :

$$P = mv + \frac{q}{c}A$$
(2.5.9)

$$v = \frac{1}{m}\left(P - \frac{q}{c}A\right)$$
(2.5.10)

و بما أن :

$$J = neV$$
(2.5.11)

و نسبة لأن الاندفاع ينعدم في حالة الموصلية الفائقة إلى أن :

$$P = 0$$
(2.5.12)

و لأن:

$$q = e$$
(2.5.13)

$$V = -\frac{eA}{mc}$$
(2.5.14)

$$J = neV = -\frac{n(e^2)A}{mc}$$
(2.5.15)

$$J = -\frac{c}{4\pi\lambda^2}A$$
(2.5.16)

حيث أن :

$$ƛ^2 = \frac{mc^2}{4\pi ne^2} \qquad \textbf{(2.5.17)}$$

و بأخذ إلتواء الطرفين نجد أن :

$$\nabla * J = -\frac{c}{4\pi ƛ^2}(\nabla * A) = -\frac{c}{4\pi ƛ^2}B$$

(2.5.18)

حيث :

$$B = -cA\nabla * J \qquad \textbf{(2.5.19)}$$

و هذه المعادلة تسمى معادلة لندن الثانية و هذه المعادلة $E = A\frac{dJ}{dt}$ تسمى بمعادلة لندن الأولى . و بالعودة إلى معادلة ماكسويل نجد أن:-

$$\nabla * B = \frac{4}{c}\pi J = m_0 J$$

(2.5.20)

و بأخذ الإلتواء للطرفين نجد أن :-

$$\nabla X \nabla XB = \frac{4\pi}{c}\nabla XJ \qquad \textbf{(2.5.21)}$$

و حسب مبادئ المتجهات نجد أن :-

$$\nabla X \nabla XB = \nabla(\nabla . B) - \nabla^2 B \qquad \textbf{(2.5.22)}$$

$$\nabla X \nabla XB = -\nabla^2 B = \frac{4\pi}{c}\nabla XJ$$

و حسب معادلات ماكسويل تكون :

$$\nabla . B = zero \qquad \textbf{(2.5.23)}$$

و بتعويض (10)في (8) نجد أن:-

$$B = -cA\nabla XJ \qquad \textbf{(2.5.24)}$$

$$-\nabla^2 B = \frac{1}{ƛ^2}B \qquad \textbf{(2.5.25)}$$

و هي معادلة يمكن إيجاد حلها العام و هو :

$$B(x) = ce^{-\frac{x}{ƛ}} \qquad \textbf{(2.5.26)}$$

و عند قيمة $x=0$ خارج الموصل :-

$$B(x = 0) = B_0 \quad , \quad B_{0=}c$$

عندها تصبح قيمة المجال الخارج من الموصل الفائق $=B_0$

$$B = B_0 e^{-\frac{x}{\lambda}} \qquad \textbf{(2.5.27)}$$

حيث λ تمثل عمق توغل لندن

(6.2) تكميم المجال المغنطيسي:

فكرة ظاهرة التكميم المغناطيسي أنه إذا تم صنع موصل فائق على صورة حلقة (مهما كانت متناهية الصغر) فإن مقدار المجال المغنطيسي الذي يمر من خلال تلك الحلقة يجب أن يكون مساوياً تماماً لعدد صحيح من الكمات المغناطيسية و يطلق على كل منها الرمز fo و تسمى أيضاً بالفلاكسويد و بمعنى التكميم أنه لو تعرض الموصل إلى مجال يزيد قليلاً عن عدد من الكمات (بزيادة أقل من نصف كمة)فإنه يتكيف بحيث يكمل النقص من تلقاء نفسه من أجل أن يحافظ على العدد الصحيح من الكمات . أي لو مر مجال يساوي إلى مائة كمة مضافا إليه ربع كمة فإن ذلك الربع يرفض و لا يمر من خلاله في حين لو كان بدل الربع نصف أو أكثر و لكن أقل من واحد صحيح فإن الموصل يكمله إلى واحد صحيح و هذا بالضرورة يقتضي أن التيار الذي يلف يزيد و ينقص بمقدار ضئيل متجاوبا مع المجال الخارجي .

$$n = \Psi^* \Psi$$
(2.6.1)

$$\Psi = n^{1/2} e^{i\theta(r)}$$
(2.6.2)

$$\bar{\Psi} = n^{1/2} \mathrm{e}^{-\mathrm{i}\theta(\mathrm{r})}$$
(2.6.3)

و من معادلات ماكسويل:

$$v = \frac{1}{m}\left(p - \frac{q}{c}A\right) \qquad \textbf{(2.6.4)}$$

و بما أن:

$$p = -i\hbar\nabla \qquad \textbf{(2.6.5)}$$

إذاً تصبح المعادلة:

$$v = \frac{1}{m}(-i\hbar\nabla - \frac{q}{c}A) \quad \textbf{(2.6.6)}$$

$$nv = \Psi v \quad \textbf{(2.6.7)}$$

$$nv = \Psi^* v\Psi = \frac{\Psi^*}{m}(-i\hbar\nabla - \frac{q}{c}A) \quad \textbf{(2.6.7)}$$

$$\nabla\Psi = ie^{i\theta}\nabla\theta\frac{1}{n^2} \quad \textbf{(2.6.8)}$$

$$\nabla\Psi = i\Psi\nabla\theta \quad \textbf{(2.6.9)}$$

$$\nabla\Psi = in^{\frac{1}{2}}e^{i\theta}\nabla\theta \quad \textbf{(2.6.10)}$$

$$nv = \frac{n}{m}\left(\hbar\nabla\theta - \frac{q}{c}A\right) \quad \textbf{(2.6.11)}$$

$$J = nev = 0 \quad \textbf{(2.6.12)}$$

$$J = \frac{n}{m}e\left(\hbar\nabla\theta - \frac{q}{c}A\right) = 0 \quad \textbf{(2.6.13)}$$

$$\hbar\nabla\theta = \frac{q}{c}A \quad \textbf{(2.6.14)}$$

$$h\int_1^2 \nabla\theta.dl = \frac{q}{c}\int \overrightarrow{A}.dl \quad \textbf{(2.6.15)}$$

$$\hbar(\theta_{2-}\theta_1) = \frac{q}{c}\int(\nabla \times A).\underline{ds} \quad \textbf{(2.6.16)}$$

$$\emptyset = \frac{\hbar c}{q}(2\pi s) \quad \textbf{(2.6.17)}$$

$$\frac{q}{c}\emptyset = \hbar(2\pi s), \qquad s=1, 2, 3...$$

$$\hbar(2\pi s) = \frac{q}{c}\int B.ds$$

الباب الثالث

تطبيقات الموصلية الفائقة

(1.3)مقدمـــــة:

تعتبر الموصلية الفائقة من أحدث الظواهر الكهربية للمادة و قد وضعت نظريات عديدة لتفسيرها وهناك تطبيقات عديدة للموصلية الفائقة سيتعرض هذا البحث لجزء منها:

(2.3)القطار المغنــاطيسي:

يعمل بقوة الدفع المغناطيسية أي يعتمد في عمله على المغناطيس حيث انه لا يحتوي على محركات ميكانيكية و لا يسير على قطبات حديدية فهو يطفو في الهواء معتمدا على وسادة مغناطيسية يعمل على تكوينها مجالات كهروضوئية و تمتاز هذه االقطارات بسرعتها العالية التي تصل الى 550 كلم/ساعة.

و يعتبر اول ابتكار جوهري في تقنية بناء السكك االحديدية منذ صناعة القطارات الأولى و هو اول نظام للسكك يتحرك دون الحاجة الى عجلات و محاور و بالتالي دون احتكاك .و بمعنى آخر تخلي التقنية الميكانيكية عن مكانها لصالح التقنية الالكترونية.

و يعتمد مبدأ عمله على حقيقة ان تقريب مغناطيسيان من بعضهما يؤدي لتجاذبهما و تنافرهما و التفسير هو ان كل مغناطيس يولد مجال مغناطيسي فيؤثر به على الآخر و بهذا تستطيع تعليق الأشياء ثم تطوير و يصنع هذا القطار بشكل اساسي في ألمانيا و اليابان .

شكل رقم (1.2.3) القطار المغناطيسي

و أي قطار مغناطيسي مصمم وفق احدى التقنيتين:

- نظام التعليق الكهرو ديناميكي .

- نظام التعليق الكرومغناطيسي.

و يعتمد نظام التعليق الكهروديناميكي على قوة التنافر المتولدة بين مجالين مغناطيسيين يملكان نفس الشحنة لدفع القطار فوق سكة الحديد حيث انه تكون هناك مغناطيسيات قوة مثبتة في اسفل القطار تعمل على توليد أحد المجالات المغناطيسية و المجال الثاني يعمل على توليده مجموعة لفائق اسلاك في موصلات فائقة التوصيل تكون مثبتة على جدران سكة الحديد الخاصة به.و لارتفاع درجة حرارة الموصلات تأثرا بالتيار فانه يتم وضعها في اوعية في النتروجين السائل . و بالنسبة لهذه التقنية حينما يكون القطار يسير بسرعة منخفضة فان التيار الناتج لتدفق الشحنات الكهربائية في الفائق لا يكون كافيا لجعل القطار يسير في ارتفاع ثابت و لهذا السبب عمل مصممو القطار على تدعيمها بعجلات في الأسفل تساعده في الحفاظ على ثباته حتى يصل الى السرعة التي تضمن سيره و لكي يتحرك القطار فانه يتم تدعيم اللفائق المعدنية المثيتة على جدران السكة بقوة تولده في مجال مغناطيسي نفصل تؤثر على المغناطيسيات المثبتة اسفل القطار و تعمل على تحريكه و التحكم في سرعته .

أما نظام التعليق الكرومغناطيسي يعتمد على قوة التجاذب المغناطيسي حيث تم لف الجزء السفلي في القطار و المحتوي على مغناطيسيات تحت طرفي سكة الجديد فتقوم المجالات المغناطيسية المتولدة لدفع القطار عن السكة مسافة مما يساعده على الحركة بسهولة و ثم دعم القطارات التي تستخدم هذه التقنية ببطاريات ذات قوة عالية تساعدها على البقاء في الهواء في حال فقدت الطاقة على سكة الحديد حتى يتوقف بسلام .

و هناك عدة نماذج للقطارات و هي :

سلسلة قطارات (MLXOL)

هي قطارات يابانية الصنع تعمل بنظام التعليق الكهرو ديناميكي و هي مكونة من خمس عربات تسير على خط اختبار ياناماشي و قد سجل اعلى سرعة للقطارات المغناطيسية بلغت 581 كلم/ساعة.

و له تصميمين :

1- وتر الهواء
2- الطرق المسترق

سلسلة قطارات (MLXOL-901)

و تم تصميمها بهذا الشكل حتى يتم التقليل من مقاومة الهواء اثناء السير بسرعات عالية و لكي يتوقف هذا القطار فقد تم تزويده بمكابح هوائية و هي عبارة عن قطعة متحركة في اعلى القطار يمكن تحريكها للاعلى لتكوين معرضة لمقاومة الهواء التي تساعد على تقليل سرعة القطار و من ثم التوقف.

بالرغم من ان القطار المغناطيسي يعتبر من افضل وسائل النقل من حيث السرعة والهدوء والأمان إلا انه لم ينتشر في مدن العالم ويرجع السبب في ذلك لثمنه الباهظ حيث تصل تكاليفه الإجمالية لعمل مثل هذا القطار.

و يرجع السبب في ذلك للثمن الباهظ حيث تصل التكلفة الاجمالية لعمل مثل هذا القطار الى اكثر من مليار دولار امريكي بالاضافة الى كون القطارات الكهربائية المتطورة قد تفي بالغرض حيث انها ذات سرعات متقاربة لسرعة القطار المغناطيسي و لكن بتكلفة اقل بكثير جدا من القطار المغناطيسي.

(3.3)التصوير بالرنين المغناطيسي:

و يسمى التصوير بالطنين المغناطيسي او التصوير المقطعي بالرنين المغناطيسي. و هي وسيلة طبية لتوضيح التغيرات الباثولوجية في الانسجة الحية و للرنين المغناطيسي استخدامات غير طبية و من الناحية الفيزيائية فهي تعتمد على الحقول المغناطيسية(المجال المغناطيسي) و الموجات الراديوية.

يعتبر التصوير بالرنين المغناطيسي من الفحوص المكلفة و غير متوفرة بشكل دائم في المستشفيات ، و هناك صعوبات عند عمل هذا النوع من التصوير عند المرضى الذين يخافون من الاماكن المغلقة او المرضى الذين يعانون من سمنة مفرطة.

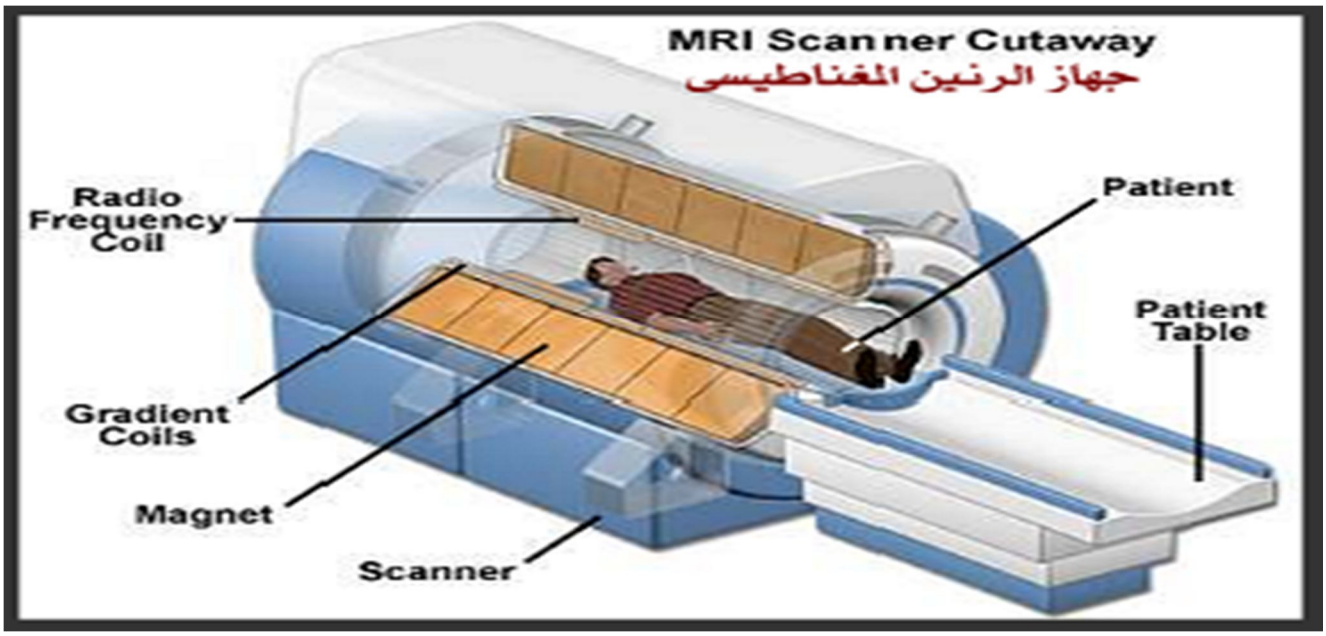
و تعتمد فكرة الرنين المغناطيسي على تحفيز البروتونات في ذرات العناصر الموجودة في الجسم على اطلاق اشارة ، و من ثم التقاطها و تحديد موقعها في الجسم و عرضها على تدرج من الالوان الرمادية يشير الى قوة الاشارة ، و التدرج يكون باختلاف الانسجة الموجودة بالجسم.

اكثر هذه العناصر تحفيزا هو الهيدروجين و ذلك لتواجده بكثرة في الاجسام الحية و وجود بروتون واحد في النواة الذرية ، مما يعطيه قوة اكثر من بقية العناصر على اصدار الاشارات المستخدمة في الرنين المغناطيسي ،

(1.3.3)جهاز الرنين المغناطيسي:

يوجد انواع مختلفه ومتعددة اليوم بافكار كثيره لاجهزه الرنين المغنطيسي بشكل عام يوجد ثلاثه انواع رئيسيه لاجهزه الرنين المغنطيسي :

1. دائم
2. مقاوم
3. ممانع للمقاومة.



شكل (1.3.3) جهاز التصوير الرنين المغناطيسي

يحتوي الجهاز بشكل عام علي جزء يعطي الحقل المغنطيسي القوي وجزء يصدر موجات الفراديو لتحفيز البروتونات ويلتقط الاشارات القادمة منها وجزء النظام المتدرج .

المسح الذي يستخدم في المجالات الطبية يكلف مليون ةدولار لكل تسلا وعدة مئات الآلاف من الدولارات تنفق سنويا في الصيانة . يستخدم اجهزة الحاسب الآلي بشكل اساسي في فحوصات الرنين المغناطيسي وبرامجها المتقدمة تساعد بشكل فعال علي افضل النتائج .

يتكون الجهاز من مغنطيس كهربائي لولبي ضخم للقيام بتشكيل مجال مغنطيسي حول المريض ينتج مجال مغنطيسي 2 تسلا.

هذا المجال يجعل ذرات الهيدروجين تتمغنط و تتجه جمعيها الى جزئها المغنطيسي الشمالي فتتوحد باتجاه واحد.بعد ذلك يعرض الجسم لاشعه تؤدي الى زياده طاقه هذه الذرات و لذلك سوف تغير اتجاهها لدرجة معينة ليتبقى لنا ذرة من مليون زرة ليتم بها عملية التصوير بالرنين المغناطيسي وهو عدد كبير من الزرات يكفي لظهور صورة مضادة للجزء المراد تصويره وتبعث بمقدار من الطاقة عكسي . هذه الطاقة العكسية تستقبل من الجهاز وتحسب وتتكون علي شكل صورة من هذه الصور توضح شدة الهيدروجين في كل منطقة في مناطق الجسم عن طريق هذه الصورة يتمكن الاطباء من اكتشاف الكثير من الامراض .

عند االستثارة الذرات في الجسم تقوم البروتونات بالحركة مع او ضد اتجاه الحقل المغناطيسي الرئيسي عن البروتونات المضادة بكمية قليلة لكنها مهمة جدا في الحصول علي الصورة لاحقا وتستثار هذه البروتونات خصوصا بموجات الراديو فيتغير من وضعها العمودي الي الافقي ولكنها ما تلبث ان تعود لوضع الاتزان ولكن لعودتها لوضع الاتزان يوجد توقيتان :

التوقيت الافقي :

هو التوقيت الاسرع وهو لدي تشتت البروتونات علي المحور الافقي ويرمز له T2 علي المحور الافقي لذلك سمي التوقيت الافقي وهو رمز للزمن اي الوقت وكذلك التوقيت الرأسي عكس ذلك.

التوقيت الرأسي:

وهو التوقيت لدي عودة البروتونات الي وضع الإتزان ويرمز له بالرمز T1 وتشير الإشارة الي ان التوقيتين يحدثان متلازمين لبعضهما .

تقاس طاقة المغناطيس المستخدم في الرنين المغناطيسي بوحدة التسلا ، بقياس متوسط مغناطيسية الارض وجد انها تساوي نصف غاوس.

كثافة البروتون :

عدد البروتونات النشطة في وحدة الحجم من النسيج ، وتختلف الكثافة من نسيج لآخر .

دورة الصدى:

بعد تأثير البروتونات بموجة الراديو يتم بث الموجات مرة اخرى فتعود 180 درجة وتقاس المدة الزمنية بين التأثير الأول 90 درجة والتأثير الثاني 180 درجة بتوقيت الصدى.

(2.3.3) استخدامات الرنين المغناطيسي:

استخدام الرنين المغناطيسي هو لغرض تشخيصي مثل تصوير الأوردة والشرايين ، او تصوير التغيرات العصبية في الدماغ والرنين المغناطيسي يعتبر افضل انواع التصوير في

توضيح لانسجة وسوائل الجسم وكذلك يستخدم لتخطيط الخطط العلاجية القائمة علي العلاج الاشعاعي .

قبل الفحص بالرنين المغناطيسي يجب مراعاة التاريخ المرضي والتأكد بشكل تام من عدم وجود جراحات سابقة او حوادث أدت الي تواجد معادن في الجسم مثل الشظايا ويتم التأكد من ذلك عبر الفحص بالاشعة العامة الروتينية ومرض المريض من خلال كاشف المعادن . يعطي المريض في الغالب صبغة خاصة تحقن في الجسم وذلك لزيادة التباين وتوضيح الاجزاء المتقاربة.

صورة الرنين المغناطيسي :

تتكون من عدة اعمدة وصفوف تدعي Matrix كل عمود وصف يحتوي علي مربعات (pixel) توزع الاشارات الملتقطة من الجسم علي هذه المربعات بحيث ترتب حسب ترتيبها في الجسم وهذه الآلية تعتمد علي جهاز متدرج يعطي كل شريحة من شرائح الجسم قوة اشارة معينة وقوة الاشارة الملتقطة تعطي لون علي التدرج الرمادي فتكون لنا صورة الرنين المغناطيسي صورة بتدرج رمادي.

معادلة الوضوح الخاص هي:

عدد المربعات = 1/حجم المربع

التباين في الصورة يعتمد علي التوقيتات الافقية والعمودية وكثافة البروتون وتدعى (المؤثرات الداخلية). اما وقت الصدي ووقت الإعادة تعتبر (مؤثرات خارجية).

الوضوح(image resolution) :

اكثر صور الرنين المغناطيسي تتكون من بعدين كل بعد ينتمي الي شبكة تتكون من عناصر صورية مستطيلة تدعي .(pixels)

شدة الصورة في كل بكسل تعتمد علي قوة موجة الرنين المغناطيسي التي تنبعث من المنطقة التي تحتويه.

حجم الصورة يعتمد علي عدد البكسلات ومظم الصور تتكون من 265 بكسل عمودي.

تعريف الوضوح:

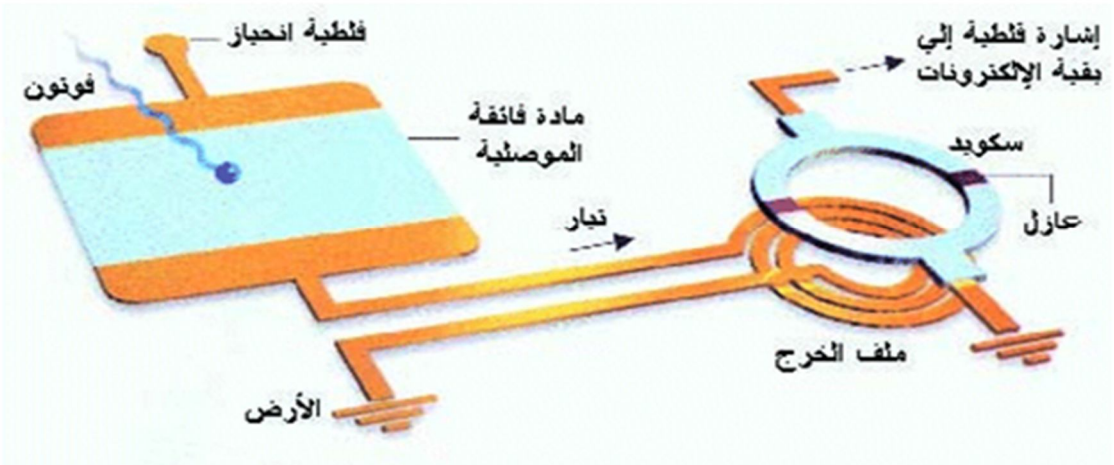
هو مقدرة النظام علي التفرقة بين نقطتين منفصلتين تتحكم احجام الفوكسلات (عناصر الصورة الحجمية)"voxels" في جلاء الصورة (image resolution) حيث ان الصور ذات الفوكسلات الصغيرة تكون جيدة الجلاء وبذلك يسهل علي النظام التفريق بين مكونات الجسم الصغيرة<

(4.3) جهاز اسكويد:(The SQUID)

و اسم جهاز اسكويد يأتي من الاختصار الانجليزي لإسم جهاز التداخل الكمي الفائق

(Superconducting Quantum Interference device).

و الاسكويد يتركب من وصلتي جوزيفسن يكونان حلقة شدة التيار في حلقة السكويد تساوي مجموع تياري وصلتي جوزيفسن عندما تؤثر على السكويد بمجال مغناطيسي فانه يحدث تيارا دواما في الحلقة يكفي لطرد الفيض المغناطيسي من الحلقة (ظاهرة ميرنز) طالما استمرت الحلقة في موصليتها الفائقة اما اذا ازدادت شدة التيار عن التيار الحرج تحركت الحلقة لحظيا الى مادة عادية التوصيل تسمح للفيض المغناطيسي لاختراقها و يمكن لدائرة الكترونية تسجيل التغيرات في شدة التيار المصاحبة للتغيرات في شدة المجال .



شكل رقم (1.3.4) محس الاسكويد

عندما تتعرض وصلة جوزيفسن لمجال مغناطيسي تتوقف شدة التيار الحرج على عدد كمات الفيض المغناطيسي المؤثر عليها فالتيار يتغير دوريا مع الفيض و تستخدم هذه الظاهرة في

القياس المتناهي في الدقة للمجالات المغناطيسية الصغيرة جدا كتلك المصاحبة للتيارات الحتمية في جسم الانسان في حدود 10^-14 T.

و يكثر استخدام السكويد حاليا لدراسة المجالات المغناطيسية الحيوية كتلك المصاحبة لتيارات القلب و المخ للكشف عن مصادر الصرع و السكتات القلبية عند الانسان.

مجس الاسكويد:

وينقسم الي نوعين اساسين : حيث يعتمد الاول منهما علي التيار المستمر في حين يعتمد الاخر علي التيار زي النردد الراديوي في حين ينتشر استخدام الاول علي نطاق واسع بصور افلام رقيقة في المادة الفائقة بوضع بينها مواد عازلة بوضع بينها مواد عازلة من اجل توفير التملص الإلكتروني . فإن النوع الثاني يعمل ايضا من الافلام الرقيقة او بالاعتماد علي فكرة عمل فرق او اكثر من مادة موصلة فائقة تعمل علي صورة قرص مثل حبة الإسبرين . والفكرة الاخيرة جعلت من المجس اهمية تطبيقية عالية ، فهو لايقيس المجال العام المتوفر ، بل يقيس التغير مهما كان صغيرا ز والاجهزة المعتمدة علي مجس الاسكويد صارت متوفرة تجاريا وبأسعار منافسة ويقدمها عدد من الشركات العالمية.

الباب الرابع

عملى الموصلية الفائقة

(1.4)مقـــــدمة:

تناول هذا الباب تجربة عملية بسيطة لقياس المقاومة النوعية والموصلية لبودرة عظام . اجريت في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا لغرض معرفة مقاومة بزدرة العظام وقياس درجة موصليتها .

(2.4) الاجهزة والادوات :

مصدر جهد كهربي – اميتر – فولتميتر – اسلاك توصيل – بودرة عظام .

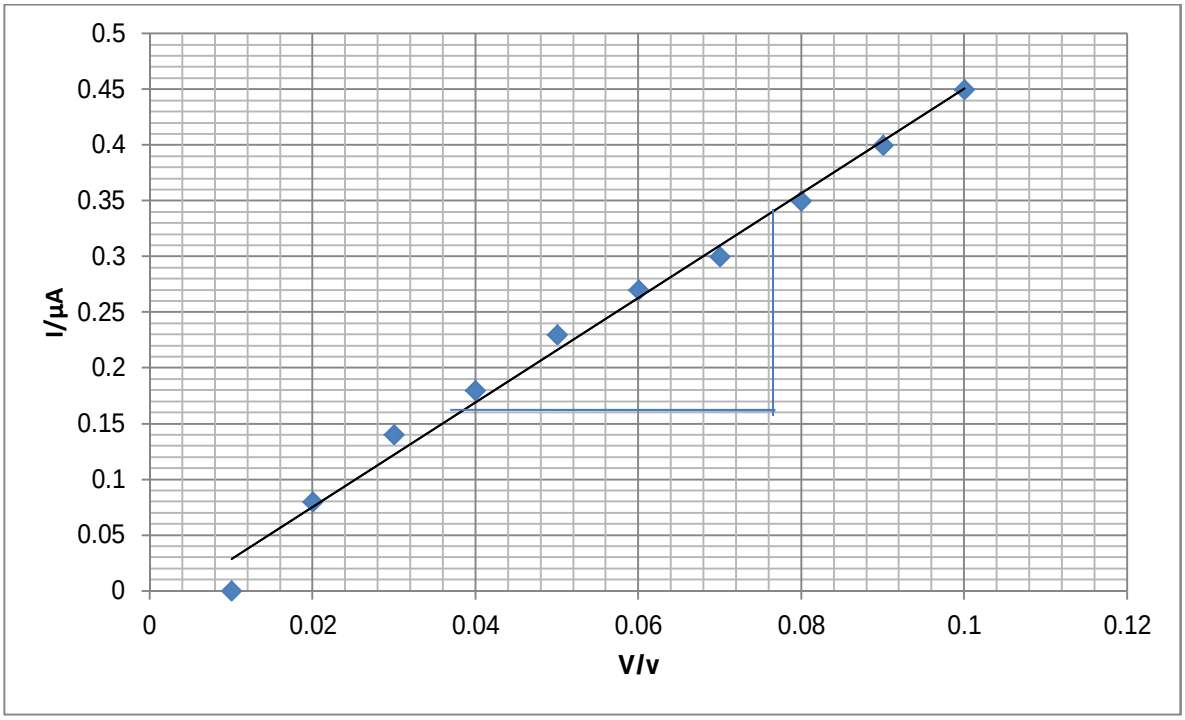
(3.4) الطريقة:

طحنت العظام حتى صارت بودرة ثم لصقت مرة أخرى في شكل كتلة بواسطة الصمغ و أدخلت في دائرة كهربية (دائرة أوم) و وصلت الدائرة الكهربية على التوالي و ثبت الجهد و حسب التيار الصادر و وجدت المقاومة النوعية لبودرة العظام المطحونة و قيمة الموصلية فيها . و وضعت النتائج التي تحصلنا عليها في فروق الجهد و التيارات في جدول النتائج و بالرسم البياني وجدت قيمة المقاومة.

(4.4) النتائج

V/v	I/μA
0.01	0.0
0.02	0.08
0.03	0.14
0.04	0.18

0.05	0.23
0.06	0.27
0.07	0.3
0.08	0.35
0.09	0.4
0.1	0.45



رسم بياني يوضح العلاقة بين التيار والفولتية

(5.4) الحسابات:

$$R = \frac{v}{I}$$

$$R = \frac{0.04}{0.175 * 10^{-6}}$$

$$R = 0.235 * 10^{6}\Omega$$

$$\sigma = \frac{1}{R}$$

$$\sigma = \frac{1}{0.235 * 10^{6}}$$

$$\sigma = 4.255 * 10^{6}$$

(6.4)مناقشـــــة:

عند توصيل بودرة العظام مع الدائرة الكهربية في حالة التوالي فإننا نلاحظ ان قيمة التيار تتزايد كلما زادت قيمة فرق الجهد. و بإيجاد الميل بينهما نجد ان المقاومة للعظام كبيرة جدا و بذلك تكون الموصلية عند العظام اصغر ما يمكن وتكاد تكون معدومة .

(7.4)الخلاصـــة:

وجدت المقاومة لبودرة العظام و هي عبارة عن مقاومة كبيرة جدا و هي $0.235\Omega * 10^6$. وان الموصلية للعظام تكون صغيرة او معدومة .

(8.4) التوصيات:

ان مقاومة العظام كبيرة جدا وصغيرة في درجة الموصلية و يستفاد منه كثيرا من الناحية العملية . وايضا في عدم وجود اجهزة كافية ومساعدة في هذا المجال لايجاد مقدار الموصلية الفائقة .

المراجع:

[1]مبارك درار عبد الله، 2009، محاضرات في فيزياء الجوامد، جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا.

[2] رشا عبد الحي محمد طه، 2010، تصميم انموذج نظري للمواد فائقة التوصيل عند درجة الحرارة المرتفعة، جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا.