قسم الفيزياء **المادة : صلبة ٢**

المرحلة : الرابعة **أ.م.د.احمد حماد الفلاحي**

المحاضرة الثالثة : التوصيلية الفائقة

 # أهم مزايا المواد فائقة التوصيل : هناك عدد من المزايا لاستخدام الموصلات فائقةالتوصيل اكثر من الموصلات العادية :-

الميزة الأولى: والاكثر وضوحاً هو الخسائر ضئيلة الطاقة التي تحدث في الموصلات الفائقة على عكس الموصلات العادية فإنه يصبح أكثر تكلفة وكفاءة في استهلاك الطاقة للغاية إذا يمكن تشغيلها الاجهزة الكهربائية مع عدم وجود مقاومة لتدفق الالكترونات وهو بالتالي قادراً على تحمل تيارات كبيرة لفترة طويلة مع خسائر ضئيلة الطاقة في شكل حرارة في جميع التجارب التي أجريت حتى الان قامت التيارات فائقة لسنوات مع عدم وجود خسائر للتسجيل لديهم ايضا القدرة على السماح للأجهزة الالكترونية لتعمل بشكل اسرع بكثير ومركبات النقل , مثل القطارات لتصل الى سرعات تصل الى ٥٨١ كلم.

الميزة الثانية: هي قدرتها على العمل في درجة حرارة اعلى بكثير من الدرجة الحرارية لموصل جيد التوصيل للكهرباء نتيجة لهذه الميزة وكثير غيرها على تدفق منه وكان وكيل التبريد المستخدمة قبل عام ١٩٨٦ الهيليوم السائل وهي مكلفة ولكن المبرد الخيار الواقعي الوحيد نظراً لدرجات حرارة

منخفضة الحرجة من الموصلات الفائقة من النوع I أصبحت فائقة ومع ذلك عندما تم اكتشاف أول نوع موصل جيد للكهرباء التي كان لها وان درجة الحرارة الحرجة من النيتروجين السائل٧٧ك .

ان النيتروجين السائل هو حوالي عشرين مرة أكثر فعالية كمبرد من الهيليوم السائل وحوالي ١/١٠ ومكلفة مما يجعل الموصلات الفائقة من النوع ٢ اكثر فعالية من حيث التكلفة من الموصلات الفائقة التقليدية انتقاداتهم منها كما تم اكتشاف انه يمكن جعل بعض الموصلات الفائقة من ٢ من العناصر الارضية النادرة هذه الخصائص لا يكون لها عدد من المزايا في المستقبل لشبكات الكهربائية والمحركات والمولدات واجهزة الكومبيوتر التي سيتم التعامل معها.

 # تطبيقات ظاهرة التوصيل الفائق :

تعد المغانيط فائقة التوصيل من أقوى المغانيط الكهربائية المعروفة،وتستخدم ظاهرة التوصيلية الفائقة في مجالات عديدة كما في عجلات الطاقة، في التطبيقات الطبية، في المجالات العسكرية، وفي تطبيقات اخرى كثيرة ، ويمكن ايجاز اهمها في الآتي :-

١- المواصلات (وفي القطارات على وجه الخصوص) :

هل تستطيع تصور قطار يطير في الهواء كما تفعل الطائرة ويسير بسرعة كسرعتها؟ نعم إنه القطار الطافي، إن من شأن الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي أو التعليق أن توفر قطارات معلقة في الهواء. وبالتالي فهي تسير بدون احتكاك مما يعطي توفيراً هائلاً في الطاقة من جهة ويوفر سرعات كثيرة الى جانب التخلص من الضوضاء ثم ان تلك سوف تكون مريحة جداً وخالية من المطبات لأنها تسير على وسادة هوائية حيث يرتفع القطار حوالي عشرة سنتيمترات عن المسار والقطار يحوي المواد فائقة التوصيل في

حين تتوفر المغناطيسات الكبيرة على الطريق وفي داخل القطار يتوفر جهاز تبريد وهذا الجهاز هو كل ما يلزم حيث يستفاد من قوة التنافر مع المغناطيسات نفسها في وضع القطار وتسييره بسرعات تزيد علـــــــــــــــــى ٥٠٠ كيلـــــــــــــــــــومتر / ســـــــــــــــــاعة.

الشكل(٣-١) : قطار يسير بالناقلية الفائقة بدون احتكاك مع السك

٢ – عجلات الطاقة :

عندما يدور قرص ضخم الكتلة حول محوره فإنه يقال إن لديه طاقة حركية ولديه الاستعداد للتخلي عن تلك الطاقة لصالح شيء اخر متى مالزم الامر لقد تمت الاستفادة من هذه الفكرة في تخزين كمية كبيرة من الطاقة في عجلات ضخمة الكتلة تدور بسرعات عالية جداً وتحفظ في داخل كبسولات خاصة استفيد منها لوقت طويل في تحريك القطارات خاصة غير ان المشكلة التي كانت تقابل دائماً هي ان الاحتكاك الداخلي يستمر في استنزاف الطاقة الحركية مع مرور الزمن غير ان الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي يجوز ان تمكننا من صنع عجلات دوارة في جو خال من الاحتكاك تماماً مما يجعلها تحتفظ بطاقتها الى الابد وهكذا جميع المحركات والآلات يمكن ان تستفيد من الظاهرة في ان تكون لا احتكاكية مما يقلل الحاجة الى كثير من الصيانة والأعطال ويجعل عمرها يتضاعف الى عدة مرات .

٣ – التطبيقات الطبية

يمكن الاستفادة من الدروع التي سبق الاشارة اليها في تطبيقات طبية كثيرة وبصورة عامة فأنه عندما يراد دراسة الاشارات الكهربائية والمغناطيسية الصغيرة جداً المتولدة من المخ او القلب او الجهاز العصبي فأنه يفضل توفير جو خال من المجالات المغناطيسية الخارجية التي تكون عادة اكبر كثيراً من تلك الاشارات وقد تم الاستفادة بنجاح في بعض المناطق كما في اليابان خاصية الدروع المغناطيسية مما وفر قدرات فائقة على قراءة الاشارات الصغيرة المشار اليها مما يوفر مزيداً من التشخيص لتلك الاعضاء الحساسة من جسم الكائن الحي .

اذا تمت الاستفادة من قدرة كاشف السكويد الهائلة لقراءة المجالات المغناطيسية المتناهية في الصغر مع استخدام الدروع المغناطيسية نكون بذلك وفرنا جهازاً متكاملاً يمكن ان يحل محل الاجهزة المستخدمة حالياً ويفوقها من حيث الدقه تم بالفعل استخدام الكاشف عندما وضعت مجموعة كبيرة منها بشكل نصف كروي تغلف رأس المريض يصل عدد السكويدات في المجموعة الواحدة الى ٦٤ في بعض التجارب. وتستخدم المغانيط فائقة التوصيل في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي.

٤– التطبيقات العسكرية : ان قدرة الموصلات الفائقة التوصيل على طرد العجلات المغناطيسية جعلت منها مرشحة لاستعمالها في الرادارات العسكرية فمن المعلوم ان دقة الصور التي يوفرها الرادار تعتمد على قدرة التحليل غير ان تلك القدرة تتأثر سلباً بالعجلات المغناطيسية المجاورة سواء الارضية او غيرها وحتى تتصور المشكلة راقب ما يحصل لجهاز التلفاز عندما يتم تشغيل جهاز كهربائي يعتمد على التيار المتردد إن الصورة سوف تصاب بتشوش والسبب هو العجلات المغناطيسية المجاورة والتي أفسدت الجو على حركة الالكترونات المهبطية التي هي المسؤولة عن الصورة وهذا هو ما يحصل مع الرادار بالضبط غير ان الاخيرة أكثر حساسية بشكل كبير وقد تم الاقتراح باستعمال الدروع المغناطيسية لحل

هذه المشكلة والدروع المشار إليها عبارة عن أسطوانات ذات مقاسات مختلفة مصنوعة من المواد فائقة التوصيل يوضع بداخلها مصدر الالكترونات المهبطية فيحميها من العجلات الخارجية ويجعل الصورة الرادارية غاية في الوضوح . وايضاً فمن التطبيقات العسكرية يستخدم كشاف السكويد للكشف عن أدق الاعطال المتمثلة في الشقوق والشروخ في اجسام الطائرات العسكرية والمدنية على حد سواء والطريقة)) وللكاشف القدرة التامة (Nondestructive Testing NDTتسمى بأسلوب الكشف غير الضار (للكشف عن عيوب فنية في داخل اجسام الطائرات ولو كانت متوغلة في عمق يزيد كثيراً عن ١٠ سنتيمترات.

٥- تطبيقات اخرى :

إضافة الى التطبيقات المذكورة أعلاه فأن لظاهرة التوصيل الفائق تطبيقات في مجالات اخرى متعددة، فهي تستخدم في القياس بواسطة مطياف الكتلة ومغانيط توجيه حزم الجسيمات المشحونة مثل معجل LHC التي تديره المنظمة الاوربية للبحث النووي سيرن، كما يمكن استخدامها في الفصل المغناطيسي، حيث يتم استخلاص الجزيئات ضعيفة المغنطة من مخلوط جزيئات أقل مغنطه او عديمة المغنطة حتى في صناعة الدهانات. وتستخدم الموصلات الفائقة في صنع الدوائر الرقمية مثلاً بناء على تقنية الفيض الكمي المفرد السريع ومرشحات ترددات الراديو ومحطات الهواتف المحمولة (المايكروفون). تستخدم الموصلات الفائقة في صنع ملتقيات (Josephson junctions) التي تعتبر لبنات صنع (SQUIDS) وهو أكثر مقاييس المغنطيسية حساسية على الاطلاق .

وتستخدم أجهزة (SQUIDS) في (المجهر الالكتروني) الماسح. كما تستخدم عدد من ملتقيات(junctions Josephson) المتصلة على التوالي لتعريف وحدة قياس الجهد الكهربائي (فولت) وحسب طريقة التشغيل يمكن استخدام ملتقى (Josephson junctions) ككاشف للفوتونات أو كخلاط لها .كما أن التغيير

الكبير في المقاومة الحادث عند الانتقال من الحالة العادية الى حالة التوصيل الفائق يستخدم في صنع موازين الحرارة (الثرمومترات) في كواشف الفوتونات التجميدية .وهناك أسواق أخرى تنشأ تتغلب فيها الكفاءة النسبية وميزة الحجم والوزن التي تتمتع بها الاجهزة القائمة على التوصيل الفائق عالي الحرارة على اعتبارات التكلفة الإضافية . ومن التطبيقات المستقبلية الواعدة ايضاً نقل الطاقة الكهربائية في الشبكات الذكية والمحولات الكهربائية، وأجهزة تخزين الطاقة، المغناطيسي والمحركات الكهربائية (في دفع المركبات كما في قطارات الخلخلة أو قطارات الاسترفاع مثلاً) , وأجهزة الاسترفاع المغناطيسي , والمواد النانو مجهرية مثل (أنابيب النانو), والمواد المركبة , والتبريد المغناطيسي فائق التوصيل . غير أن التوصيل الفائق حساس للحقول المغناطيسية المتحركة، وهكذا فأن التطبيقات التي تستخدم التيار المتردد (مثل المحولات) ستصبح أشد صعوبة في تطويرها عن تلك التي تعتمد التيار المستمر. لكن العثور على موصل فائق في درجة حرارة الغرفة يتمتع بكفاءة التكاليف وهو حلم رواد علماء التوصيل الفائق طوال اجيال فأن أمكن التوصل الى مواد كهذه في المستقبل ستكون النتيجة ثورة في فهمنا واستخدامنا لكل ما هو كهربائي تقريبا.