جمهورية العراق
وزارة الكهرباء

بحث حول

المواد فائقة التوصيل

Super conductor materials

المهندسة
زهراء محمد هاشم

2017

مقدمـــــــــة :

يمكننـــــا تقسيـــــــم المواد إلى فئات على أساس قدرتها على توصيل الكهرباء، فمعادن مثل النحاس والالمنيـوم والفضة تسمح للالكترونـات الحرة أن تنقل الشحنة الكهربائية ، أما المواد العازلة كالخشب أو المطاط ، فتتمسـك باستمرار بالالكترونـات بشكل محكم، مانعةً تدفق التيار الكهربائي .

طـــوّر علمـــاء الفيزياء في أوائل القرن العشرين تقنياتٍ مختبرية حديثة لتبريد المواد حتى تصل إلى درجـات حرارة قريبة من الصفر المطلق ، أي ـ ٢٧٣ درجة مئوية، وبدأ البحث في كيفية تغيّر القدرة على نقل الكهرباء عند هذه الظروف المتطرّفة.

لاحـظ علماء الفيزياء شيئاً رائعاً لدى بعض العناصر البسيطة ، مثل الزئبق والرصاص، فهذه المعادن قـــادرة على نقل الكهرباء بمقاومة معدومة، عند درجة حرارة أقل من قيمة معينة، وبعد مرور عقود على هذا الاكتشاف، اكتشف العلماء سلوكاً مطابقاً في آلاف المركّبات، انطلاقاً من السيراميك ووصولاً إلى الأنابيب الكاربونية النانوية. (carbon nanotubes)

لا نصنـف المـــادة بهذه الحالـــة الآن على أنها معدن أو عازل ، بل نضعها في فئة ثالثة غريبة تُسمى بالمـواد فائقـة الموصليـــة (superconductor) ، التي تنقل الكهرباء بشكلٍ مثالي ، مما يعني أن التيار الكهربائي المتدفق في سلكٍ فائـــق التوصيـــل سيستمـــر في تدفقـــه بعد مليارات السنين فـــي الدوائر الكهربائية دون أن يحدث أي تشتت أو ضعف. [1]

١ ـ تاريخ الموصلات الفائقة

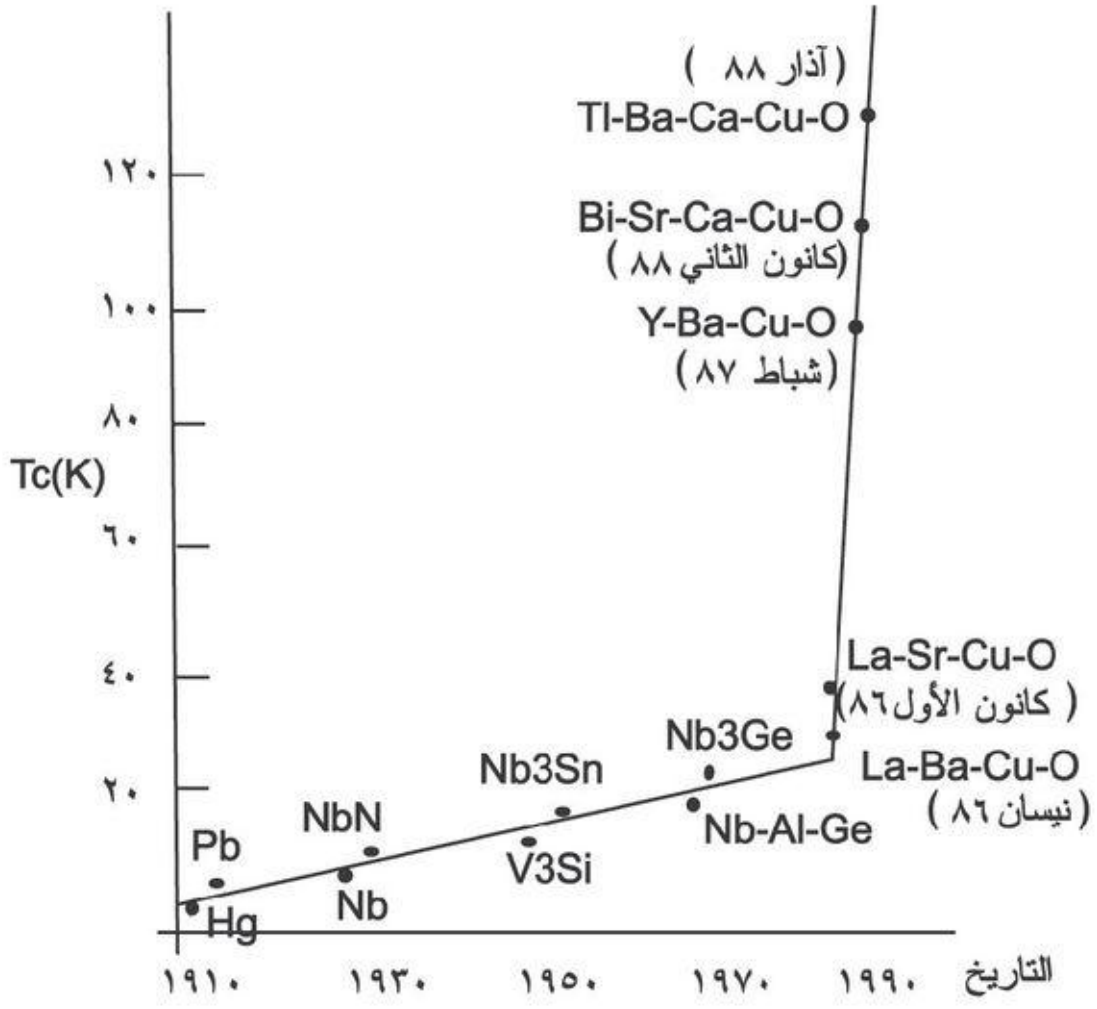
في عام ١٩٠٨ نجح العالم الهولندي الشهير هيك كامرلين أونيس في ضغط ثم إسالة غاز الهليوم الذي يتحول من الحالة الغازية إلى السائلة عند درجة ٤,٢ كالفن (-٢٦٨ درجة مئوية) وبعدها بثلاث سنوات وأثناء دراساته على مقاومية بعض العناصر، لاحظ انعدام المقاومة لمادة الزئبق النقي عندما تقترب درجة حرارته من الصفر المطلق . وقد استحق هذا العالم جائزة نوبل في الفيزياء بسبب هذين الاكتشافين . واصطلح بعد ذلك على تسمية درجة الحرارة التي تفقد المادة عندها مقاومتها وتتحول من مادة عادية إلى موصل فائق بدرجة حرارة التحول (Critical Temperature) ، أو اختصاراً بدرجة التحول ويرمز لها بالرمز(TC) وأطلق على تلك المواد بالمواد فائقة التوصيل . وبعد هذا الاكتشاف استمر العلماء بالبحث عن مواد ذات درجات تحول أعلى . غير أن هذا البحث استمر لفترة طويلة دون كسر حاجز العشر درجات كالفن حتى اكتشف مركب النايوبيوم NbN في أول الأربعينيات حيث وصلت درجة التحول إلى حوالي ١٥ درجة كالفن واستمرت كذلك ولمدة ثلاثين سنة وبالتحديد حتى عام ١٩٧٣ حيث أضيف مركب جديد ذو درجة تحول تصل إلى ٢٣ كالفن . والمركب المقصود هو Nb3Ge .

وحصلت بعد ذلك قفزة متميزة في سجل المواد فائقة التوصيل عندما قام كل من جورج بدنورز وكارل ميولار (J. George Bednorz and Kark Alex Muller) في عام ١٩٨٦ بنشر تقرير حول نجاحهما في تحضير مركب سيراميكي هو La-Ba-Cu-O درجة تحوله في حدود ٣٠ كالفن تم تحضيره في معامل شركة IBM في سويسرا وقد استحق العالمان جائزة نوبل بالمشاركة ليس للقفزة في حرارة التحول ولكن لأنهما فتحا المجال لتحضير مواد سيراميكية لأول مرة . وسرعان ما قاد ذلك الاكتشاف مجموعة البحث في جامعة هيوستن بالتعاون مع مجموعة مماثلة في جامعة ألاباما الأمريكيتين إلى استبدال عنصر اللانثانيوم بعنصر اليتريوم للحصول على السيراميك Y-Ba-Cu-O والذي فاقت حرارة تحوله ولأول مرة في التاريخ درجة الغليان لغاز النيتروجين والبالغة ٧٧ كالفن . لقد وصلت حرارة التحول إلى أكثر من ٩٠ كالفن لذلك المركب الذي اكتشف في يناير من عام ١٩٨٧

والـــذي سرعـــان ما اصبح أساساً لعدة مركبات تلته على الفور عندما التفت عدد ضخم من الباحثين وعلى طـــول العالم وعرضـــه إلى دراسة ذلك الجيل الجديد من المركبات يحدوهم أمل كبير بالحصول على مركبات تتحول عند حرارة الغرفة .

وبعـــــــد سنة تقريباً تم اكتشاف مركب Bi-Sr-Ca-Cu-O ذي درجة التحول البالغة ١١٠ درجات كالفن وبعده بقليل اكتشف مركب الثاليوم Tl-Ba-Ca-Cu-O والذي يفقد مقاومته الكهربائية نهائياً عنـد ١٢٥ كالفن وازدادت بذلك القوة الحثية التي كانت قوية من الأصل والتي حولت الأنظار إلى تلك المركبات غير العادية . غير أن إضافة مركبات جديدة لم يتحقق إلا بعد عـــدة سنوات في حوالي عام ١٩٩٣ عندما أضيف مركب الزئبق Hg-Ba-Ca-Cu-O والذي يتحـول عند ١٣٥ درجة كالفن ولم تتم أية إضافة تذكر حتى يومنا هذا .

وباكتشـــــــاف المركبات التي تفوق حرارتها ٧٧ درجة كالفن وهي درجة غليان النيتروجين؛ دخلنا عصراً جديداً من الموصلات وهو مـــا اصطلح على تسميته بالموصلات فائقة التوصيل عالية الحرارة High Temperature Superconductorsواختصاراً بـ HTS في حين حملت الفئات السابقة لذلك التاريـــخ اسم الموصلات فائقة التوصيل التقليدية Low Temperature Superconductors واختصـــاراً بـ LTS . إن لاكتشاف الموصلات الجديدة أهمية خاصة حيـث أن استخـدام النيتروجين المسال رخيص وغير مكلف في نقله وحفظه مما يبشر بتطبيقات كثيرة . لقـد كانت فكـــرة الحصول على موصلات فائقة عند حرارة الغرفة فكرة سخيفة تنال الضحك من سائر العاملين في مجـال المواد حتى عام ١٩٨٧ عندما صار الحلم أقرب ما يكون إلى الحقيقة. [2]



اهم المركبات الفائقة التوصيل المكتشفة حتى اليوم ودرجات حرارتها الحرجة وكذلك تاريخ اكتشافها.

٢ـ المواد فائقة التوصيل super conductors

عادة تنخفض المقاومة الكهربائية للموصلات المعدنية تدريجياً مع انخفاض درجة الحرارة ، وفي حالة الموصلات العاديـــة كالنحاس او الفضة فإن الشوائب الموجودة في المــادة تمنع الوصول الى حد ادنى من المقاومة في درجـــات الحرارة المنخفضة لذلك عند الاقتراب الى درجة حرارة تقارب درجة حرارة الصفر المطلق فإن عينة من النحاس مثلاً لا يمكن ان تصل لدرجة مقاومة تساوي الصفر ، امـــــا في

حالة الموصلات الفائقة فـإن المقاومة تنخفض على نحو مفاجئ الى الصفر عندما يتم تبريد المادة الى درجة حرارة اقل من الدرجة الحرجة لهذه المادة غالباً ٢٠ كلفن او اقل .

وتحـدث حالة التوصيل الفائق في تشكيلة واسعة من المواد مثل المعادن الخفيفة كالقصدير والالمنيوم والسيراميـك والسبائك الثقيلة وبعض اشباه الموصلات لكن لا يمكن صنع موصلات فائقة من المعادن النبيلة كالذهب والفضة .

ليـس للموصل الفائق اي مقاومة كهربائية على الاطلاق لذلك اذا ادخلنا تياراً كهربائياً في دائرة تتكون من سلك فائق التوصيل فإن التيار الكهربائي يستمر بالسريان طالما استمرت للسلك موصليته الفائقـة ويسمى التيار حينها بالتيار المداوم persistent current . [3]

٢-١ ظاهرة الموصلية الفائقة : Phenomena of superconductivity

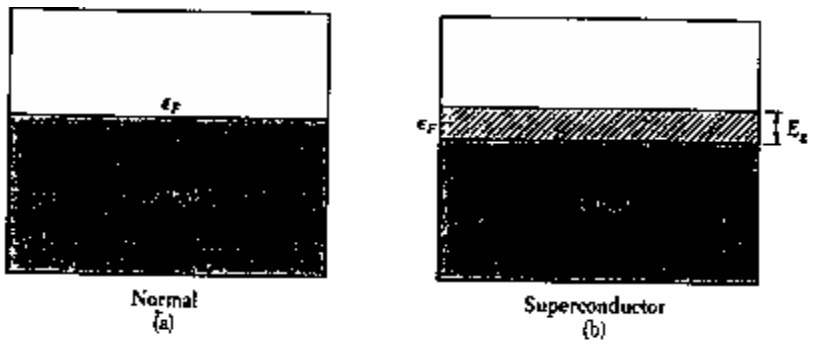
هـــــي ظاهرة تحدث في بعض المواد عن تبريدها الى درجة حرارة منخفضة جداً تقترب من الصفر المطلقة (صفـــر كلفـــن) حيث تسمح الموصلات الفائقة بمرور الكهرباء خلالها دون اي مقاومة كهربائيـة تقريبـــاً ، وهي ظاهرة غريبة فسلوكها الكهربائي من حيث عدم المقاومة للتيار الكهربائي وسلوكها المغناطيسي هما السمتان البارزتان لها ، مـا جعل بعض المواد ذات تطبيقات غير محدودة . ويحدث التوصيل الفائق في الفلزات والسبائك في درجات حرارة قريبة من الصفر المطلـق ويصبح كل من الرصاص والزئبق فائق التوصيل في هذه الدرجة .

٢-٢ ظاهرة الطفو : Floating phenomena

من المعلوم أن الموصل الفائق هو موصل تام التوصيل و تنعدم مقاومته الكهربائية عند درجة الحرارة الحرجة. ولذا فإننا إذا أدخلنا تياراً كهربائياً في حلقة من سلك فائق التوصيل فإن هذا التيار سوف يستمر في السريان طالما أن السلك يظل محتفظاً بموصلتيه الفائقة . في احدى التجارب استمر سريان التيار بدون انقطاع في حلقة من سلك فائق التوصيل لمدة عامين ونصف دون أي نقص في شدته و دون تغذية الحلقة بأي مصدر كهربائي خارجي . و لقد تم تسمية التيارات التي لا تجد أية مقاومة لسريانه في موصل فائق بالتيارات الدائمة والتي تحدث عند مجالات مغناطيسية متغيرة مما ينشأ ظاهرة الطفو المثيرة . عند وضع مغناطيس صغير فوق موصل فائق فإن المجال المغناطيسي على سطح الموصل الفائق يسبب تيارات دائمة تُنشئ قوي تنافر مع المغناطيس بحيث تقوى وتشتد كثيراً باقتراب المغناطيس من الموصل الفائق حتى يتم رفع المغناطيس في الهواء فيظهر وكأنه عائم في الهواء .

٢-٣ طاقة الفجوة : Energy gap

في الموصلات تنعدم تقريبا طاقة الفجوة ويكون شريط التكافؤ ملاصق لشريط التوصيل . ولقد كان المعتقد عدم وجود طاقة فجوة في المواد فائقة التوصيل كما هو الحال في الموصلات . ولكن تبين العكس ووجد أن هناك طاقة فجوة تنشأ من خلال التفاعل بين الإلكترونات لتكوين ما يسمي بأزواج كوبر مما يتسبب في وضع الإلكترون في مستوى فارغ بالنسبة لموضعه في مستوى فيرمي للغازات كما يتضح في شكل .



٢-٤ أزواج كوبر : Cooper Pair

في 1957 حدث تقدم ملحوظ في علم الموصلية الفائقة بواسطة الفيزيائيين الأمريكان Bardeen, Cooper and Schrieffer Theory (BCS) . هؤلاء العلماء الثلاثة أرسوا نظرية BCS للموصلية الفائقة للمواد عند درجات الحرارة القريبة من الصفر المطلق . لقد وجدت النظرية حلاً يفسر ميكانيكية التوصيل الكهربائي في المواد الفائقة والتي تبنى على فكرة أزواج كوبر نسبة إلى العالم كوبر أحد مؤسسي النظرية .

لقد أشارت النظرية إلي أن هناك قوي ترابط تنشأ بين الإلكترونات في المواد فائقة التوصيل بخلاف ما تمليه النظرية الكلاسيكية من وجود قوي التنافر لكولوم بين الإلكترونات سالبة الشحنة بحيث يحدث تجاذب بين الإلكترون ونظيره لتكوين ما يسمي بأزواج كوبر . هذه العملية تحدث نتيجة تفاعل الإلكترون مع الشبكة البلورية والتي تعمل على جعل أحد الإلكترونات كما لو كان محاط بحاجز من الشحنات الموجبة بحيث تكون أكبر بكثير من الشحنات السالبة التي يمتلكها الإلكترون الثاني . وبذلك تطغى قوي التجاذب على قوي التنافر مما يؤدي إلي تقارب الإلكترونين من بعضهما مكونين أزواج كوبر .

٢-٥ المواد الفائقة ذات الحرارة العالية : High T_c superconductors

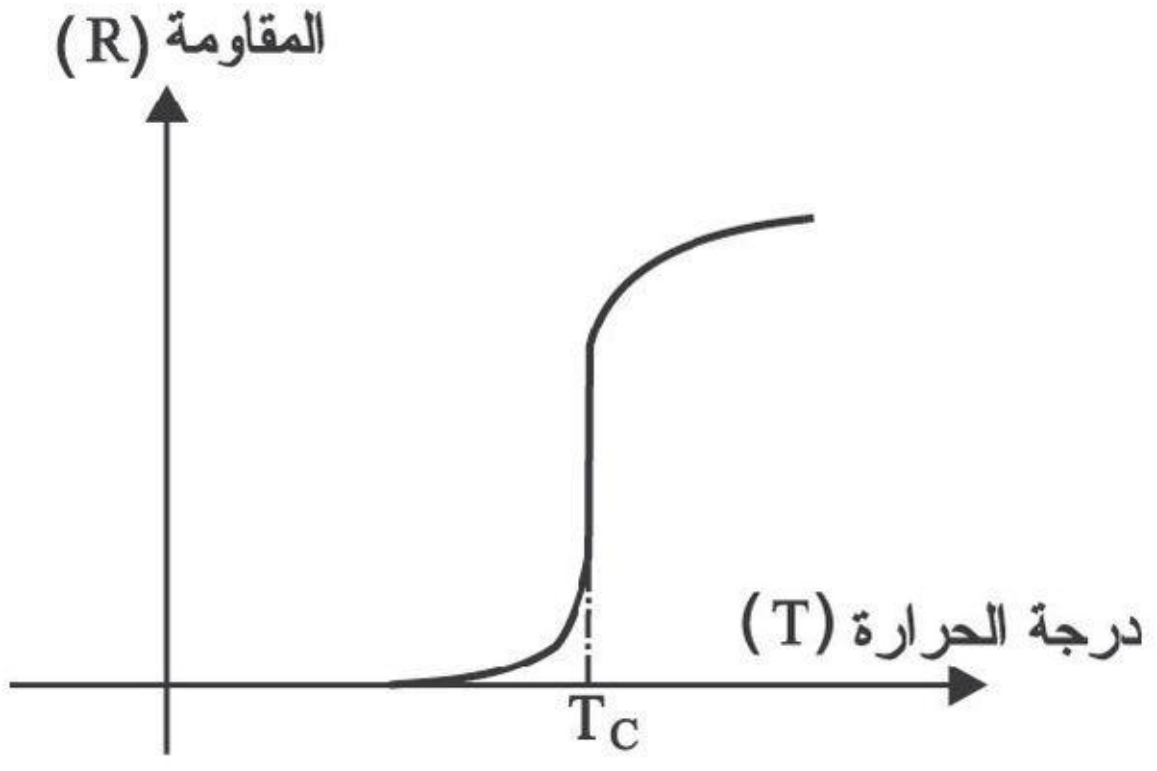
جدول (١) يوضح أهم أنظمة المواد فائقة التوصيل التي تم التوصل إليها منذ اكتشافها حتى الآن وكذلك درجة الحرارة الحرجة لكل نظام . [4]

سنة الاكتشاف	أسم المكتشف	التركيب الكيميائي للمركبات	الدرجة الحرجة بالكلفن
1986 1987	Bednorz and Muller M.Tarascon et.al.	$La_{2-x}Ba_xCuO_4$ $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ (La: 214)	35 38
1987	M.K.Wu et.al.	$YBa_2Cu_3O_7$ (Y: 123)	90
1988	M.Maeda et.al.	$Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$ (Bi: 2223)	110
1989	Z.Z. Sheng et.al.	$TI_2Ba_2Ca_2Cu_3O_8$ (TI: 2223)	127
1993	A. Shilling et.al.	$HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$ (Hg: 1223)	134
1994	B.A. Hunter et.al.	(Hg:1223) under pressure	164
2001	J.Akimitsu et.al.	$Mg\ B_2$	39

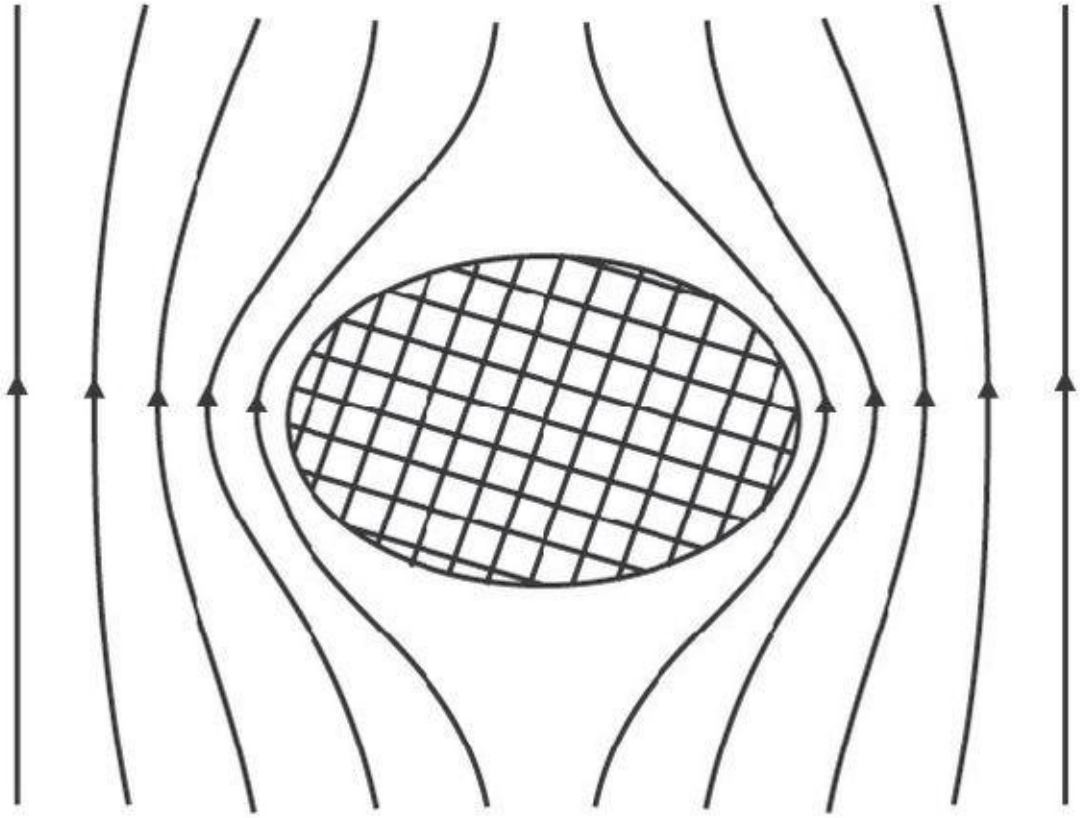
٣- خصائص المواد فائقة التوصيل:

عنـــد درجـــة حـــرارة معينة تعرف بدرجة حرارة التحول تصبح مقاومة هذه المواد للتيار الكهربائي مساوية للصفر . اكتشـــف كذلك أن هذه المـــواد عند درجـــة حـــرارة التحـــول حساسة جداً للمجال المغناطيسي ، حيث تنفر المجال المغناطيسي الخارجي أي أنها تعكس المجال المغناطيسي مهما ضعفت شدته .

هاتـــان الخاصيتـــان فتحت الأبواب أمام العلماء لاستغلالها في ابتكارات واختراعات ذات كفاءة عالية تدخل في معظم مجالات العلوم والتكنولوجيا، حيث أن هذه المواد (Superconductors) سوف تحل محـــل اشبـــاه الموصلات (Semiconductors) التي تدخل الآن في صناعة الترانزيستور والدوائر الالكترونية المتكاملة . [5]



انعدام المقاومة الكهربائية لمادة ذات توصيلية فائقة عند انخفاض درجة حرارتها تحت درجة الحرارة الحرجة.Tc



طرد الحقل المغنطيسي كلياً من جسم ذي توصيلية فائقة تم تبريده تحت درجة الحرارة الحرجة.

٤- انواع الموصلات الفائقة

تقسم الموصلات الفائقة حسب درجة حرارتها الحرجة إلى

١_ المـــــواد الفائقـــة التوصيل منخفضة الحرارة وتسمى ايضا فائقة التوصيل التقليدية مثل الزئبق وتمتاز بانخفاض درجة حرارتها الحرجة .

٢_ المـــــواد فائقـــة التوصيل عالية الحرارة وتمتاز بإرتفاع درجة حرارتها الحرجة .

[6]

٥- بعض التطبيقات الهامة للمواد فائقة التوصيل

إن اكتشـــاف مـواد فائقة التوصيل للكهرباء عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً سوف يجعلها تدخل في تركيب كل جهاز ممكن تصوره . أول هذه التطبيقات هو الحصول على وسيلة غير مكلفة لنقـــل التيار الكهربائي ، لأن التكاليف المادية لنقل التيار عبر أسلاك النحاس مرتفعة نظراً للفقـد الكبيـر في الطاقة على شكل حرارة متبـددة نتيجة مقاومة السلك كذلك إذا ما قارنا قيمة التيار الذي يمكن نقله عبر السلك النحاســي حيــث تبلـغ شدتــه (١٠٠) أمبير لكل سنتيمتر مربع بينما في السلك المصنوع من مركب الـ (YBa2Cu3O7) تبلغ (١٠٠,٠٠٠) أمبير لكل سنتيمتر مربع .

كـــذلك فـإن هذه المواد لها تطبيقات عديدة في مجال الالكترونيات لما تمتاز به من قدرة عالية في فتح وإغلاق الدائرة الكهربائية لتمرير التيار ومنعه ، وهذا يشكل عنصر أساسي في بني الكمبيوتر والبحث جار الآن لإدخال هذه المواد في صناعة السوبر كمبيوتر، وإذا مـا توصل إلى ذلك فإن هذا سوف يؤدى إلى تطور كبير في مجال الكمبيوتر . أمـا في مجال الطب فقد تم صناعة أجهزة ذات حساسية عالية جداً للمجـالات المغناطيسيــة المنخفضـة الشـدة ، وتستخـدم الآن كبديـل للمواد المشعـة المستخدمــة في تشخيص الأمراض التي قد تصيب الدماغ، حيث يتم الكشف عن التغير في المجال المغناطيسي المنبعث مــن الدمــاغ والتي تبلغ شدته (١٠ -١٣) تسلا ، وهذا مقدار صغير جداً لكن تلك الأجهزة قــادرة على قياسه كذلك يمكن بدقة تحديد مصدر الإشارات العصبية الصادرة من الدماغ وأيضــا يمكـن أن تستخدم في البحث عن المعادن الدفينة في باطن الأرض وعن مصادر المياه والنفط لأنها تحدث تغيراً طفيفاً في المجال المغناطيسي للأرض وهذا التغير يمكن التقاطه بواسطة هذه الأجهزة .

لقــد فتحت التجارب في السنوات الأخيرة مجالاً واسعاً للتعرف على أكثر من (٣٠) عنصـراً ومئـــات المركبــات تصلح أن تكـون فائقة التوصيـل عند درجات حرارة حرجة. وتشهد ظاهرة التوصيل الفائق هذه الأيام ضجة إعلامية وتنافساً دولياً عجيباً إذ إن تطبيقاتهــا ستشكـل ثورة حقيقيـة في نهاية القرن العشرين حيث إنها ستفتح افاقاً في المجالات وأهمها :

* صنع قطارات تسير بسرعة هائلة على وسادة من المغناطيس .

* صناعة الأجهزة الالكترونية المختلفة وخاصة صناعة أجهزة حاسوب صغيرة الحجم و سريعة الأداء .

* صناعة أسلاك ضخمة فائقة التوصيل لنقل الكهرباء لإنارة المدن مثلاً .

* عمل ملفات عملاقة لكي تخزن الكهربائية .

* صناعة الأجهزة ذات التوصيل الفائق والتي تستخدم في مجال البحوث بدلاً من المغانيط التقليدية .

* صناعة أجهزة خاصة لتوليد الطاقة الكهربائية.

بعض التطبيقات في المواصلات وفي القطارات على وجه الخصوص :

وهنالك أيضاً تطبيقات على مجال أوسع ، فهل تستطيع تصور قطار يطير في الهواء كما تفعل الطائرة ويسير بسرعة كسرعتها ؟ نعم إنه القطار الطافي . ففي اليابان تم تصميم عام (١٩٧٩) قطار يعمل على قضبان مصنوعة من هذه المواد فائقة التوصيل ، وعندما تبرد هذه القضبان إلى درجة الحرارة المطلوبة فإن القطار بكامله يرتفع عن سطح القضبان نتيجة التنافر المغناطيسي ويصبح وكأنه يسير على الهواء وهذا يمنع الاحتكاك مما يقلل من استهلاك الوقود . حيث شيد في خط تجريبي يعرف بخط ياما ناشي ماقليف في اليابان .

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 كبيرة إلى جانب التخلص من الضوضاء . ثم إن تلك القطارات سوف تكون مريحة جداً وخالية من المطبات لأنها تسير على وسادة هوائية . في اليابان تم تجريب هذه الفكرة عملياً ، 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 كل ما يلزم حيث يستفاد من قوة التنافر مع المغناطيسات نفسها في دفع القطار وتسييره بسرعات تزيد على ٥٠٠ كم في الساعة . وتم في عام (١٩٩٩) تجربة قطار يسير بسرعة (٥٤٩) ك /س ويعتزم اليابانيون تشييد خط آخر يعتمد على الموصلات فائقة التوصيل .

تستعمل الموصلات الفائقة في صنع مغناطيسات كهربائية قوية جداً كتلك المستخدمة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي وتلك المستخدمة في مسرعات الجزيئات ، كما تستخدم الموصلات

الفائقة في صنع الدوائر الكهربائية الرقمية وفلاتر المايكروويف في محطات الإرسال للهواتف الخلوية وفي الكثير من التطبيقات الكهربائية والعلمية .

ان تقنيات الموصلات الفائقة تحمل آمال كبيرة لخفض استثمارات تصنيع المولدات، ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية ، وتوزيعها و بعد تطويرها ستحقق خفضاً هائلاً في الطاقة الضائعة على شكل حرارة ، التي قد تصل أحياناً إلى ما يعادل (٢٠%) من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة .

وقد اقتربت نفقات الموصلات الفائقة من الحدود الاقتصادية المقبولة في عدد من التطبيقات في مجالات القوى الكهربائية مثل :

أ. التوليد .
ب. نقل القوى الكهربائية .
ج. تخزين الطاقة .

وأول تطبيق على المستوى الكبير للتوصيل الفائق سوف يكون خطوط نقل القوى الكهربائية . وهناك احتمال لتطبيقات التوصيل الفائق ، وهي منظومة تخزين الطاقة المغناطيسية ، وسوف تمكن هذه المنظومة مؤسسات الكهرباء من تخزين الطاقة الكهربائية للاستخدام المستقبلي ، وبكفاءة تزيد على (90%) مقارنة بالبدائل المتاحة حالياً، التي تتراوح كفاءتها من (٧٠%) إلى (٧٥%) وتقوم وزارة الدفاع الأمريكية بدراسة تصميم وتكاليف بناء محطة تجريبية بطاقة تخزين من (٢٠-٣٠) ميكاواط/ساعة أساسها الموصلات الفائقة ذات الحرارة المنخفضة. ومن أهم الدول التي عملت في هذا المجال ، بجانب الولايات المتحدة الأمريكية ، ألمانيا الاتحادية ـ اليابان ـ المملكة المتحدة ، وقد أظهرت النتائج الأولية إمكانية إنتاج مولدات كهربائية بسعة (٥٠) مكياواط/ساعة .

إن الانتقال الكامل لمرحلة تصنيع جميع مكونات ، أي نظام كهربائي من المواد فائقة التوصيل ، لن يكون قريباً ، بل المتوقع في المستقبل القريب أن يؤدي التقدم في تقنية المواد الفائقة التوصيل إلى

استخـــدام نظم توليفية من كل من المواد التقليدية والمواد فائقة التوصيل ، في صناعة معـدات توليـد الطاقة الكهربائية وتوزيعها ونقلها.

٥-١ عجلات الطاقة :

عندمـا يـدور قـرص ضخم الكتلة حول محوره فإنه يقال إن لديه طاقة حركية . ولديه الاستعداد للتخلي عن تلك الطاقة لصالح شيء آخر متى ما لزم الأمر . لقد تمت الاستفادة من هذه الفكرة في تخزين كمية كبيـرة مـن الطاقـة فـي عجـلات ضخمـة الكتلـة تـدور بسرعـات عالية جداً وتحفظ فـي داخل كبسـولات خاصة ، استفيد منها ولوقت طويل في تحريك القطارات خاصة. غير أن المشكلة التي كانت تقابل دائماً هي أن الاحتاك الداخلي يستمـر في استنزاف الطاقـة الحركيـة مع مرور الزمن . غير أن الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي يجوز أن تمكننا من صنع عجلات دوارة في جو خال من الاحتكاك تماماً ممـا يجعلهـا تحتفـظ بطاقتهـا إلـى الأبد . وهكذا جميـع الحركات والآلات يمكن أن تستفيد من الظاهرة في أن تكـون لا احتكاكيـة مـا يقلل الحاجـة إلـى كثيـر من الصيانـة والأعطال ويجعل عمرها يتضاعف إلى عـدة مرات .

٥-٢ التطبيقات العسكريـــة :

إن قـدرة الموصــلات الفائقــة على طـرد المجالات المغناطيسيـة جعلـت منهـا مرشحـة لاستعمالها في الرادارات العسكرية . فمـن المعلـوم أن دقة الصور التي يوفرها الرادار تعتمد على قدرتـه على التحليل غيـر أن تـلك القـدرة تتأثر سلبـاً بالمجـالات المغناطيسيــة المجــاورة سـواء الأرضيـة أو غيرها . وقـد تـم الاقتـراح باستعمـال الـدروع المغناطيسيـة لحـل هذه المشكلـة ، والـدروع المشــار إليهـا عبـارة عـن اسطوانـات ذات مقاسات مختلفة مصنوعـة مـن المـواد فائقـة التوصيـل ، يوضـع بداخلها مصدر الإلكترونـات المهبطيـة فيحميهـا مـن المجالات الخارجية ويجعل الصورة الرادارية غاية في الوضوح .

وأيضاً فمن التطبيقات العسكرية استخدام كاشف السكويد للكشف عن أدق الأعطال المتمثلة في الشقوق والشروخ في أجسام الطائرات العسكرية والمدنية على حد سواء . والطريقة تسمى بأسلوب الكشف غير التدميري . [(Non Destructive Testing NDT)] وللكاشف القدرة التامة للكشف عن عيوب فنية أو شروخ في داخل أجسام الطائرات ولو كانت متوغلة في عمق يزيد كثيراً عن عشرة سنتيمترات .

٥-٣ التطبيقات الطبية:

يمكن الاستفادة من نفس الدروع التي سبقت الإشارة إليها في تطبيقات طبية كثيرة . و بصورة عامة فإنه عندما يراد دراسة الإشارات الكهربائية والمغناطيسية الصغيرة جداً المتولدة من المخ أو القلب أو الجهاز العصبي ، فإنه يفضل توفير جو خال من المجالات المغناطيسية الخارجية التي تكون عادة أكبر كثيراً من تلك الإشارات . وقد تم الاستفادة بنجاح في بعض المناطق كما في اليابان من خاصية الدروع المغناطيسية مما وفر قدرات فائقة على قراءة الإشارات الصغيرة المشار إليها مما يوفر مزيداً من التشخيص لتلك الأعضاء الحساسة من جسم الكائن الحي .

إذا تمت الاستفادة من قدرة كاشف السكويد الهائلة لقراءة المجالات المغناطيسية المتناهية في الصغر مع استخدام الدروع المغناطيسية ، نكون بذلك وفرنا جهازاً متكاملاً يمكن أن يحل محل الأجهزة المستخدمة حالياً ويفوقها من حيث الدقة . وقد تم بالفعل استخدام الكاشف عندما وضعت مجوعة كبيرة منها بشكل نصف كروي تغلف رأس المريض . وصل عددها السكويدات في المجوعة الواحدة إلى (٦٤) في بعض التجارب .

٤-٥ تطبيقات أخرى

عدد آخر من التطبيقات لم نتعرض له مثل الاستفادة من قدرات كواشف السكويد في الدراسات الجيولوجية والدراسات المتعلقة بالنفط والكشف عنه ، وكذلك في دراسات تتعلق بقياس مغناطيسية المواد (القابلية المغناطيسية) . وأما تطبيقات وصلات جوزيف صن في الإلكترونيات فلو لم يكن منها إلا التغلب على التشتت والفقد التي تشكو منها تلك الأجهزة عندما يتم تصغيرها بشدة. إن من شأن تلك المشكلة في الموصلات وأشباه الموصلات العادية أن تحد في نهاية المطاف من التردد الأعلى المسموح به في شرائح الحاسبات الآلية على سبيل المثال . ونحن نسمع كل يوم عن زيادة هائلة في سرعات تلك الحاسبات التي يتوقع لها أن تقف في يوم من الأيام بسبب المشاكل التي أشرنا إليها .

إن استخدام وصلات جوزيف صن من شأنه أن يوفر سرعات مضاعفة دون التورط في مشاكل كتلك وبالتالي فمن الممكن أن تطلق للإنسان الحرية من جديد لكي ينطلق في تطوير أجهزته لتحقق مزيداً من السرعات . على سبيل المثال فقد نجحت شركة فوجستو اليابانية في عام (١٩٩٠) في تصنيع شريحة تحتوي على (٢٠,٠٠٠) وصلة جوزيف صن وكانت سرعتها (١) جيجا هيرتز (١ GHz) وهي تفوق السرعات العادية المتوفرة آنذاك بعشرات المرات ولاتستهلك إلا (١٢) مللي واط ، أي أقل استهلاكاً للكهرباء من شرائح السليكون المشابهة بأكثر من سبعة آلاف مرة ، وقد تم حديثاً الحصول على شرائح تعتمد على تقنية التكميم الفردي السريع للمجال المغناطسي [Rapid Single Flux Quantum (RSFQ)] للحصول على سرعات وصلت إلى (١٠٠) جيجاهيرتز (GHz100) وهي سرعات يستحيل نظرياً الحصول عليه باستخدام التقنية القديمة ، تقنية شرائح السيليكون أو الجرمانيوم .

أيضاً تستخدم المواد فائقة التوصيل كمغناطيسات قوية جداً. والسبب في ذلك أن النوع الثاني منها Type II له قابلية على الاحتفاظ بكمية كبيرة من المجالات المغناطيسية حيث يشكل ما يشبه المصيدة عندما تمر من خلاله ثم تبريده بعد ذلك . وهي فكرة على بساطتها يمكن استخدامها للاحتفاظ بسجلات الكترونية لشدات المجال المغناطيسي الأرضي في أماكن متعددة. حيث تؤخذ الموصلات إلى المكان المعين وعندما تتعرض للمجال يتم تبريدها بعد ذلك وتحتفظ بالمجال المسجل أثناء عملية

التبريد إلى الأبد . كذلك يمكن استخدام الموصلات لصنع ملفات ذات تيار عال جداً مما يوفر مجالات مغناطيسية كبيرة (ربما عشرات التسلا) بسبب شدة التيار الهائل الذي يمر دون مقاومة والذي قد يزيد على ثلاثة آلاف أمبير للمليمتر المربع في المواد الجيدة . [7]

المصـــادر :-

[1] ناسا بالعربي

[2] ملتقى الفيزيائيين العرب

[3] ارابوست

[4] جامعة الملك فيصل

[5] موسوعة المعرفة

[6] ويكيبيديا

[7] جامعة بابل

الفهرست :

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	١
تاريخ الموصلات الفائقة	٢
المواد فائقة التوصيل	٤
ظاهرة الموصلية الفائقة	٥
ظاهرة الطفو	٦
طاقة الفجوة	٦
أزواج كوبر	٧
المواد الفائقة ذات الحرارة العالية	٧
خصائص المواد فائقة التوصيل	٨
انواع الموصلات الفائقة	١٠
بعض التطبيقات الهامة للمواد فائقة التوصيل	١١
عجلات الطاقة	١٤
التطبيقات العسكريــة	١٤
التطبيقات الطبيــة	١٥
تطبيــقات أخــرى	١٦