الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم والتكنولوجيا

رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ليسانس أكاديمي

مجال : علوم المادة **فرع :** الفيزياء

تخصص : فيزياء الإشعاع

من إعداد: 1- خطراوي نورس

2 - رقيعة الزاهية

الموضوع :

النواقل الفائقة وتطبيقاتها

نوقشت يوم: 2015/06/01

ميموني مراد **مؤطرا**

رحية غاني **مناقشا**

الموسم الجامعي: 2015/2014

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

أحمد الله العظيم القائل في كتابه المبين

﴿وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ ﴿٧٦﴾﴾ يوسف: 76

وأشكره شكراً يليق بجلاله على توفيقه لي بأن منَّ عليّ بإتمام هذا العمل،

وصل اللّهم وسلم على رسولنا الأمين خاتم الأنبياء والمرسلين.

نهدي بحثنا هذا إلى:

الذين قال فيهما المولى عزّ وجل:

﴿وَٱخْفِضْ لَهُمَا جَنَاحَ ٱلذُّلِّ مِنَ ٱلرَّحْمَةِ وَقُل رَّبِّ ٱرْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا ﴿٢٤﴾﴾ الإسراء: 24

الوالدين العزيزين . . نبع العطاء الذين زرعا الأخلاق بداخلنا وعلمانا طرق الارتقاء والكفاح.

إلى كل من عائلتيْ خطراوي و مصطفاوي وعائلةِ رقيعه.

إلى رفاق الدرب بناة المستقبل . .إلى أروع وأنبل البشر إلى الصديقات.

إلى الذين ساهموا في تطوير فكرنا وتشجيع طموحاتنا . .إلى أساتذتي الأفاضل وأخص بالذكر الأستاذ

ميموني مراد والأستاذ المناقش ريحية غاني والأستاذة عسكري سهيلة على مساندتها لنا .

سائلاً المولى عزَ وجل أنْ يوفقنا إلى ما يحب ويرضى ،شاكرين ، داعينَ له بدوام التقدم والنجاح.

نورس والزاهية

الفهرس

الفهرس

مقدمة عامة

الفصل الأول النواقل الفائقة

1.مقدمة..... 01

2.I تاريخ النواقل الفائقة..... 02-01

3.I عموميات على النواقل الفائقة..... 03

1.3.I ظاهرة الناقلية الفائقة..... 03

2.1.3.I خصائص الظاهرة..... 04

1.2.1.3.I المقاومة المعدومة..... 04

2.2.2.3.I ظاهرة الطفو(فعل مايسنر)..... 05

2.3.I أنواع النواقل الفائقة..... 05

1.2.3.I النواقل الفائقة من النوع I 06-05

2.2.3.I النواقل الفائقة من النوع II..... 07-06

4.I أهم نظريات الناقلية الفائقة..... 07

1.4.I نظرية لندن..... 07

2.4.I نظرية BCS..... 08

3.4.I نظرية غانزبورغ- لندو..... 08

الفصل الثاني: بعض طرق تحضير النواقل الفائقة

1.II طريقة التفاعل في الحالة الصلبة..... 09

2.II طريقة الرش الانحلال الحراري..... 10

3.II طريقة محلول- هلام (sol-gel)..... 10

الفصل الثالث: تطبيقات النواقل الفائقة

1.III تطبيقات النواقل الفائقة..... 11- 12

الخاتمة

الملخص علم

المراجع

فهرس الأشكال

الفصل الأول

الشكل (I-1) سلوك المقاومة الكهربية مع درجة الحرارة للزئبق فائق التوصيل..... 02

الشكل (I-2) شكل الازواج الالكترونية..... 03

الشكل(I-3) منحنى يوضح تغيرات المقاومة R بدلالة درجة الحرارة المطلقة.T.... 04

الشكل(I-4) فعل مايسنر..... 05

الشكل(I-5) منحنى H بدلالة T للنواقل الفائقة من النوع I..... 06

الشكل(I-6) منحنى H بدلالة T للنواقل الفائقة من النوع II..... 07

الفصل الثاني

الشكل (II-7): التركيب التجريبي لطريقة محلول - هلام..... 10

مقدمة عامة

مقدمة عامة:

إن ظاهرة الناقلية الفائقة مثيرة من جميع جوانبها سواء ما يتعلق بدراستها أو ما يتعلق بتطبيقاتها. فسلوكها الكهربي (عدم المقاومة للتيار) وسلوكها المغناطيسي (رفض المجال المغناطيسي) وهما السمتان البارزتان لها؛ جعلا منها مواد ذات تطبيقات غير محصورة. فمن المعلوم أن مقاومة التيار الكهربي في جميع المواد العادية هي السبب في ضياع وفقد الكثير من الطاقة الكهربائية وهي السبب أيضاً في عطل كثير من الأجهزة الكهربائية وارتفاع حرارتها. ومن جهة ثانية فالمجال المغناطيسي اعتاد على التغلغل في جميع المواد العادية بدون استثناء. **وأما المواد الفائقة** فمقاومتها للتيار الكهربائي تصل إلى الصفر، و صفر غير مبالغ فيه من الناحية العملية، ومن ناحية أخرى فالمجالات المغناطيسية لا تستطيع الدخول إلى جسم الموصل الفائق مادام بصورته الفائقة مما يبشر بتطبيقات كثيرة تعتمد على تلك الخاصية على وجه التحديد. **ومن** التطبيقات ما يتعلق بالنواحي العسكرية ومنها ما يتعلق بالنواحي المدنية والصحية والمواصلات وغير ذلك مما سوف نتطرق إليه في حينه.

الفصل الأول

عموميات على النواقل الفائقة

1- تمهيد :

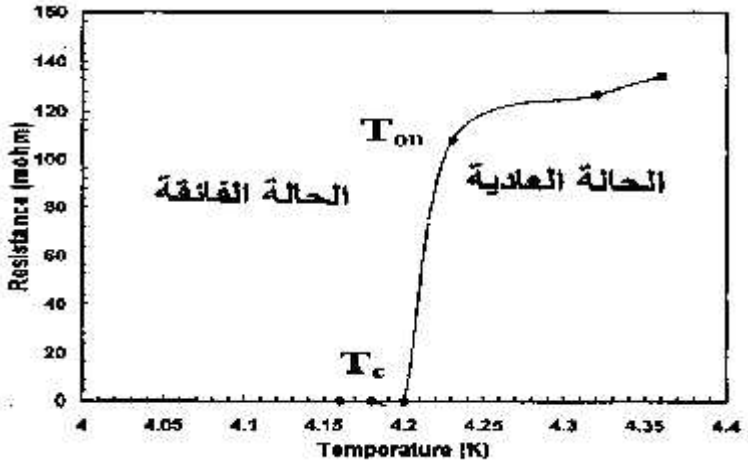
تقسم المواد من حيث قدرتها على توصيل الكهرباء إلى عوازل (Insulators) **مثل الخشب،** **وأنصاف الموصلات** (Semiconductors) مثل السيليكون، وموصلات (Conductors) **مثل النحاس،** ولكن هناك نوعاً اخراً وهو ما يعرف باسم الموصلات فائقة التوصيل (Superconductors). سميت الموصلات فائقة التوصيل بهذا الاسم نظرا لأنها عند درجة حرارة معينة منخفضة نسبيا تصبح مقاومتها للكهرباء مساوية للصفر، وتصبح قدرتها على التوصيل فائقة جداً، حيث أنه إذا ما وجد تيار كهربي في حلقة متصلة من هذه المادة فإنه سوف يسرى داخل الحلقة بدون وجود مصدر للجهد الكهربي. **قبل عام** 1911 **كان** الاعتقاد السائد أن جميع المواد تصبح فائقة التوصيل للكهرباء فقط **عند درجة حرارة الصفر المطلق أي**273- درجة مئوية.

لكن في تلك السنة لوحظ أن الزئبق النقي تصبح مقاومته مساوية للصفر عند درجة حرارة 4 K **أي** 269- درجة مئوية 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 الهليوم مكلف جدا من ناحية مادية، ولذلك كان البحث في هذا المجال محدوداً جداً إلى أن تم التوصل في عام 1986 إلى مركب فائق التوصيل للكهرباء، رمزه الكيميائي $YBa_2Cu_3O_7$ **عند درجة حرارة** 180- درجة مئوية، ويمكن الحصول على هذه الدرجة بتسييل غار النيتروجين وهذا غير مكلف ومن هنا بدأت البحوث والتجارب العلمية تنشط لمحاولة فهم هذه الظاهرة وكيفية استغلالها في تطبيقات صناعية وتكنولوجية، وكذلك في البحث عن مواد تكون مقاومتها صفر عند درجات حرارة الغرفة أي 25 درجة مئوية.

في ظل اكتشاف النواقل الفائقة تطرح التساؤلات حول ماهيتها ،كيفية اكتشافها ومدى استخدامها **في** التكنولوجيا الحديثة .

I-2 تاريخ الموصلات الفائقة:

في عام 1908 م نجح العالم الهولندي الشهير هيك كامرلينأونيس في ضغط ثم إسالة غاز الهليوم الذي يتحول من الحالة الغازية إلى السائلة عند درجة 4.2 **كالفن** (-268 درجة مئوية) وبعدها بثلاث سنوات وأثناء دراساته على مقاومية بعض العناصر، لاحظ انعدام المقاومة لمادة الزئبق النقي عندما تقترب درجة حرارته من الصفر المطلق(**الشكل** I-1). واصطلح بعد ذلك على تسمية درجة الحرارة التي تفقد المادة عندها مقاومتها وتتحول من مادة عادية إلى موصل فائق بدرجة **الحرارة الحرجة** (Critical Temperature)، ويرمز لها بالرمز . T_C وأطلق على تلك المواد بالمواد فائقة التوصيل.



شكل(I-1):سلوك المقاومة الكهربية مع درجة الحرارة للزئبق فائق 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 النايوبيومNbN**في أول** الأربعينيات حيث وصلت درجة التحول إلى حوالي 15 درجة كالفن واستمرت كذلك ولمدة ثلاثين سنة وبالتحديد حتى عام 1973 حيث أضيف مركب جديد ذو درجة تحول تصل إلى 23 **كالفن. والمركب** المقصود هوNb_3Ge. وحصلت بعد ذلك قفزة متميزة في سجل المواد فائقة التوصيل عندما قام كل من جورج بدنورز وكارل ميولار(J. George Bednorz and Karl Alex Muller)**في عام** 1986 **بنشر** تقرير حول نجاحهما في تحضير مركب سيراميكي هو La-Ba-Cu-O درجة تحوله في حدود 30 **كالفن** . 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 77 **كالفن. لقد وصلت حرارة التحول إلى أكثر من** 90 كالفن لذلك المركب الذي اكتشف في يناير من عام 1987.
وباكتشاف المركبات التي تفوق حرارتها 77 درجة كالفن وهي درجة غليان النيتروجين؛ دخلنا عصراً جديداً من الموصلات وهو ما اصطلح على تسميته بالموصلات فائقة التوصيل عالية الحرارة High Temperature Superconductors**واختصاراً بـ** HTS في حين حملت الفئات السابقة لذلك التاريخ اسم: الموصلات فائقة التوصيل التقليدية Low Temperature Superconductors **واختصاراً بـ**LTS .

I-3عموميات على النواقل الفائقة

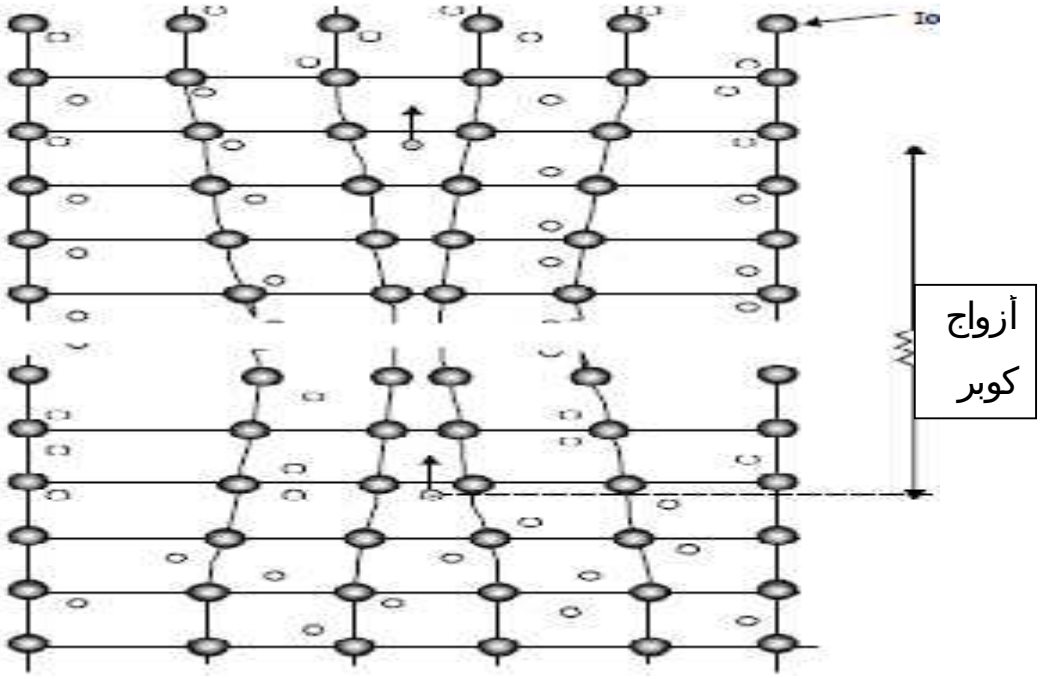
I.3.1 ظاهرة الناقلية الفائقة:

I-3-1-1 تفسير الظاهرة:

إن مصدر المقاومة الكهربائية في المعادن هو تصادم الإلكترونات الحرةسواء مع الشبكة البلورية أم مع العيوب و الشوائب (إذ يؤدي ذلك إلى استقرار المقاومة النوعية على قيمة دنيا لا تتعلق بدرجة الحرارة)، و إن ما يشعر بوجود المقاومة هو تغير متجه اندفاع الإلكترون بعد **كل تصادم**، أما في حالة الناقلية الفائقة فإن الإلكترونات تترابط فيما بينها لتشكل أزواجا من الإلكترونات تدعى: **أزواج كوبر**(**للشكل** I-2)، **إذ أن تشكل** هذه الأزواج يخفض من طاقة هذه الإلكترونات.

قد يبدو غريبا أن ترابط إلكترونان يحملان شحنة كهربائية من النوع نفسه، **ولكن بما أن الإلكترونات** تسبح ضمن شبكة بلورية فيمكن فهم هذا التزاوج كما يأتي: عند مرور الإلكترون ضمن الشبكة البلورية يولد اضطرابا ضمن هذه الأخيرة و بالتالي يؤدي إلى توليد فونون يمتصه **إلكترون آخر**.

وضعت هذه النظرية من قبل جون باردين John Bardeen و ليون كوبر Leon Cooper **وجون** شريفرJohn Schrieffer**في عام** 1957، وهي تفسر جزءا كبيرا من خواص المواد في حالة الناقلية الفائقة، ولكنها لم تنجح في تفسير وجود درجة حرارة حرجة أعلى من درجة حرارة الآزوت السائل.



الشكل (I-2): شكل الازواج الالكترونية

I-3-1-2خصائص الظاهرة:

إن الكترونات التوصيل تقوم بمهمة نقل التيار الكهربائي ، وان المقاومة الكهربائية هي مقلوب الموصلة حيث تنبع من هذه الحقيقة أن البلورات الحقيقية تحتد عن سلوك الشبكة المثالية ،**وذلك لوجود الفونونات** ، والعيوب الشائعة لشبكة LatticeDefects ، **و**على هذا فلا يمكن تصور وجود موصلة كهربائية لانهائية في المواد ،**وذلك** كمايلي:

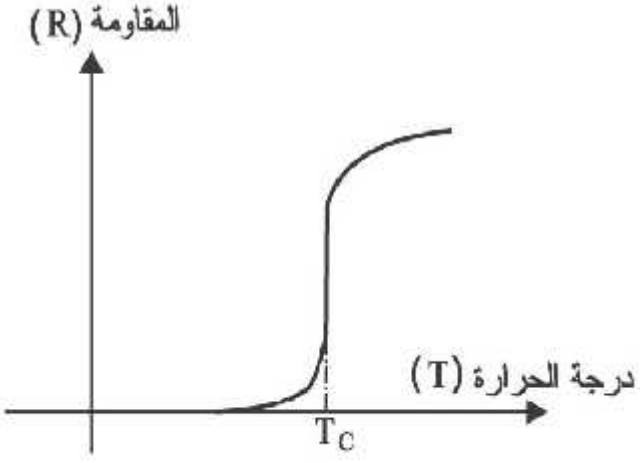
1ـ **لستحالة** وجود بلورات مثالية لاحتوي على قدر محدد من العيوب، **وذلك طبقا للقانون الثاني** للديناميكا الحرارية.

2ـ حتى في غياب تشتت الالكترونات على **الفونونات** وعيوب الشبكية ،فان تشتت الالكترونات عن بعضها البعض ينشئ هذا الأخير قدرا من المقاومة.

I-3-1-2-1 المقاومة المعدومة:

يوضح الشكل (I-3) نتائج التجربة التاريخية التي أجرها (أونيس) Onnes **على الزئبق**,حيث تنهار المقاومة الكهربائية **للزئبق** عند تبريده إلى ما دون 4.2K وقدرت المقاومة وقتها بأقل من$10^{-5}\Omega$، **ففي** حالة عدم وجود مجال مغناطيس **خارجي**، تكون المقاومة الكهربائية للمواد فائقة الناقلية معدومة تحت درجة حرارة **تسمى حرجة** Tc،وتكون المرحلة فائقة الناقلية مستقرة تحت Tc أما المرحلة العادية تكون فوق درجة حرارة الحرجة Tc.

فالمقاومة في الناقل الفائق تكون قريبة جدا من الصفر(شبه معدومة) عند تبريد العينة إلى درجة حرارة **أخفض من الدرجة الحرجة**، وهي خاصية فيزيائية مميزة للمادة الفائقة و هناك درجة حرارة عندها تبدأ المقاومة في الانخفاض المفاجئ إلى أن تكون قريبة من الصفر تسمى بدرجة **حرارة التحول من الحالة** العادية(**وجود مقاومة**) إلى الحالة فائقة الناقلية (**عدم وجود مقاومة**).



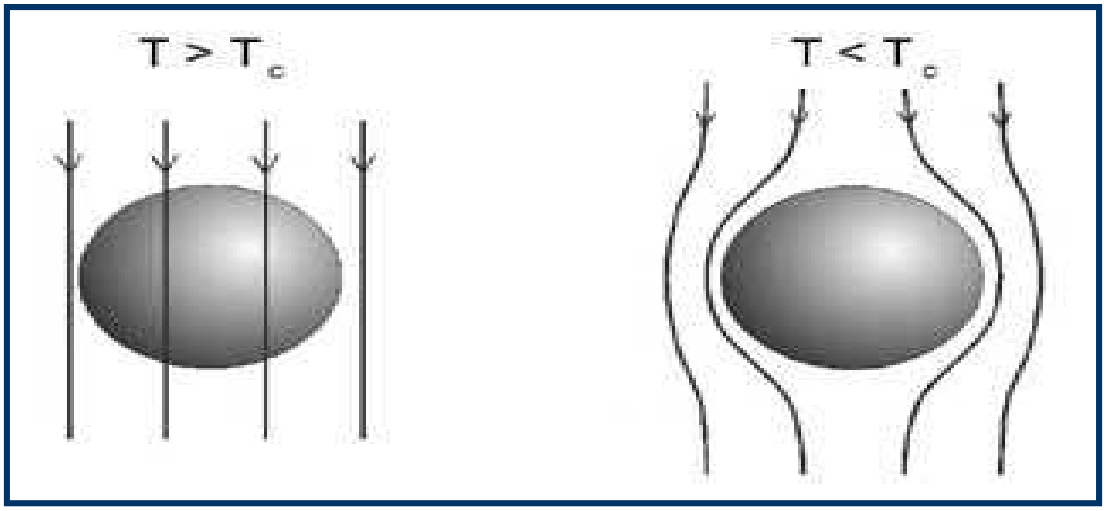
الشكل (I-3):منحنى يوضح تغيرات المقاومةRبدلالة درجة الحرارة المطلقةTلناقل فائق

I-3-1-2-ظاهرة الطفو(فعل مايسنر):

من المعلوم أن الموصل الفائق هو موصل تام التوصيل و تنعدم مقاومته الكهربية عند درجة الحرارة الحرجة. ولذا فإننا إذا أدخلنا تياراً كهربياً في حلقة من سلك فائق التوصيل فإن هذا التيار سوف يستمر في السريان طالما أن السلك يظل محتفظاً بموصلتيه الفائقة. في احدي 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 كهربي خارجي [3].

ولقد 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 علي سطح الموصل الفائق يسبب تيارات دائمة تُنشئ قوي تنافر مع المغناطيس بحيث تقوي وتشتد كثيراً باقتراب المغناطيس من الموصل الفائق حتى يتم رفع المغناطيس في الهواء فيظهر وكأنه عائم في الهواء .(الشكل I-4)



الشكل(I-4): فعل مايسنر

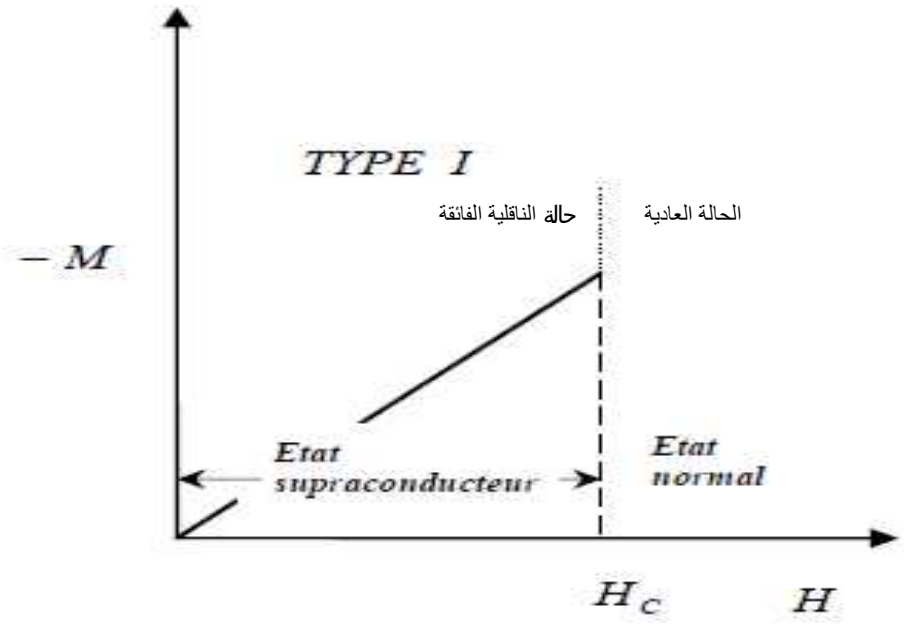
I-3-2 أنواع النواقل الفائقة:

هناك نوعان من السلوك يمثل كل منهما نمطا محددا من الموصلات الفائقة

I-3-2-1النواقل الفائقة من النوع I:

عند تطبيق مجال مغناطيسي له قيمة حرجة $H_c(T)$ تزداد بانخفاض درجة الحرارة تحت T_c, فانه لا يحدث اختراق للفيض داخل العينة فإذا زادت شدة المجال عن H_c , فان العينة بأسرها ترتد إلى الحالة العادية حيث يتم اختراقها بالكامل بواسطة خطوط الفيض المغناطيسي .وتتمثل هذه العملية في الشكل (I -5)في المستوي T-H.

وعادة ما يوصف هذا النمط من الاختراق عن طريق رسم قيمة كثافة المغنطة الديامغناطيسيةMمع شدة المجال المغناطيسي [2]. Hمن خصائص هذا النوع أنه عندما تتجاوز قيمة المجال المسلط المجال الحرج فإن الموصل يتحول كليا إلى الحالة الاعتيادية وتصبح قيمة العزم المغناطيسي صفراً وبهذا يتمكن المجال الخارجي من اختراق الموصل بصورة كلية[4].

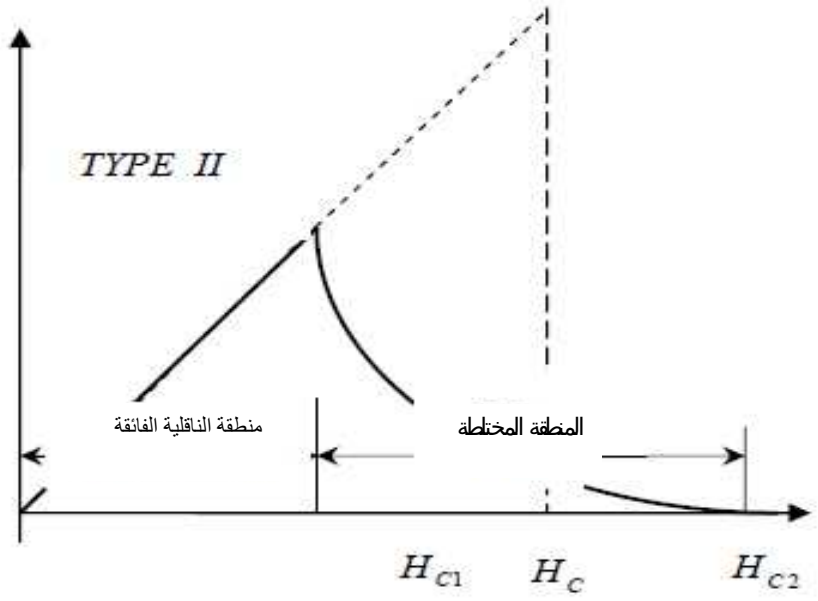


الشكل(I-5):منحنى H بدلالة T للنواقل الفائقة من النوع I

I-2-2-3النواقل الفائقة من النوع II:

عند تطبيق مجال مغناطيسي ذي شدة اقل من قيمة سفلى للمجال الحرج $H_{c1}(T)$ فانه لايكون هناك اختراق لخطوط الفيض ,فإذا زاد المجال الخارجي عن قيمة عليا للمجال الحرج H_{c2} بحيث إن $H_{c2}(T)>H_{c1}(T)$ فان العينة بأسرها ترتد إلى الحالة العادية و يخترقها المجال بشكل كامل .

أما إذا وقعت شدة المجال المغناطيسي بين $H_{c1}(T)$ و $H_{c2}(T)$ فإذا اختراق الفيض المغناطيسي للعينة يكون جزئيا و يكون التركيب ألمجهري للعينة عندئذ أكثر تعقيدا سواء في المناطق العادية أو المناطق فائقة التوصيل ، ونواجه ما يعرف بالحالة المختلطة [2].



الشكل(I-6): منحنى H بدلالة T للنواقل الفائقة من النوع II

I-4 أهم نظريات الناقلية الفائقة

I-4-1نظرية لندن:

كانت الحقيقة الأساسية في حالة التوصيل الفائق للفلز ما لا يسمح لخطوط أي مجال مغناطيسي أن تتواجد بداخله، وعندما تكون Tc>T ،فانه لا يتمكن من مشاركة في التيار الفائق سوى كسر المقدار Ns(T)/N من العدد الكلي لالكترونات التوصيل والكمية Ns(T) هي كثافة الالكترونات وهي تقترب من الكثافة الكلية للالكترونات(N) مع انخفاض درجة الحرارة تحت Tc.

أما الكسر المتبقي من الالكترونات فيفترض انه مائعا Fluide عاديا ذا كثافة مقدارها "N-Ns" ولا يمكنه حمل تيار كهربائي دون أحداث تبديد عادي للطاقة، وقد افترضنا إن التيار العادي والتيار الفائق يسيران متوازيين.وحيث أن الثاني يسير دون مقاومة تذكر، فانه قادر على حمل التيار الكهربائي كله، في حين أن الالكترونات العادية تبقى خاملة بحيث يمكن تجاهل دورها تماما.

I-4-2 نظرية BCS :

في 1957 حدث تقدم ملحوظ في علم الموصلية الفائقة بواسطة الفيزيائيين الأمريكان [4]Bardeen, Cooper and Schrieffer Theory (BCS) . هؤلاء العلماء الثلاثة أسسوا نظرية BCS للموصلية الفائقة للمواد عند درجات الحرارة القريبة من الصفر المطلق . لقد وجدت النظرية حلاً يفسر ميكانيكية التوصيل الكهربي في المواد الفائقة والتي تبنى على فكرة أزواج كوبر نسبة إلى العالم كوبر أحد مؤسسي النظرية.

باردين-كوبر- شريفر

I-4-2-1أزواج كوبر cooper pair:

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

I-4-3 نظرية غانزبورغ-لندو:

أكد كل من غانزبورغ و لندو إن حالة التوصيل الفائق يمكن وصفها من خلال بار متر الترتيب$\phi(r)$ الذي يتلاشى ليصبح صفرا فوق Tc.ويعبر مقداره عن درجة ترتيب حالة التوصيل الفائق في نقطة ما (r)تحت Tc، ويمكننا النظر إلى هذا البار متر في ضوء نظرية BCS على انه دالة موجة تصاحب جسيما واحدا وتصف موضع مركز ثقل زوج كوبر ، وحيث ان جميع أزواج كوبر موجودة في نفس الحالة ذات إلكترونين ، لذا فان دالة واحدة تكفي .

ولما كان البار متر غير مرتبط بالإحداثيات النسبية للإلكترونين داخل زوج كوبر لذا لا يكون وصف الموصلة الفائقة بدلالة Φ صالحا إلا للظواهر التي تتغير ببطء في حدود أبعاد ذلك الزوج .

و في ظروف الحالة الأرضية للموصلات الفائقة ، فان كل زوج يكون في حالة لا تتغير بتغير المواقع ، إي إنها لا تعتمد على مركز ثقل الاحداثيات ،أو أن بار متر الترتيب يكون ثابتا[2] .

الفصل الثاني

طرق تحضير النواقل الفائقة

II- بعض طرق لتحضير النواقل الفائقة

II-1التفاعل في الحالة الصلبة :

وتستعمل في تحضير العينات لعملية الحصول على مادة السيراميك وذلك بمزج عدّة عناصر: (الأكسيدات ،الملح ،النيترات،كربونات،هيدروأكسيدات). هذه الطريقة لها جانب إيجابي يتمثل في البساطة والتي تسمح بمراقبة جيدة لتراكيز العناصر المختلفة المكونة للخليط.

طريقة التفاعل في الحالة الصلبة تتبع المراحل التالية:

- **الخلط و السحق:**

هي مرحلة مهمة في دورة تشكيل الخزفيات(السراميك)وتهدف إلى الحصول على تجانس الخليط عن طريق السحق في الهاون يدويا **أو** آليا .

- **الكلسنة:**

هذه العملية تهدف لتحويل الخليط إلى طبيعة مبلورة وقوية، حيث يتم فيها نزع الكربون من المزيج في درجة حرارة ملائمة.

إن درجة حرارة التفكك و الزمن اللازم لذلك مرتبط بعدة عوامل منها الوسط المحيط بالمادة المعالجة حيث كلما قل ضغط co_2 في جو المحيط بها كلما كانت درجة التفككاللازمة لذلك أقل.

ومن بين العوامل المؤثرة على الكلسنة الكثافة الابتدائية و أبعاد الجسيمات الأولية.

- **التشكيل:**

الهدف منه اعطاء المادة الأولية التشكيل النهائي للقطعة الخزفية، وهي مرحلة مهمة يجب اعطاؤها عناية خاصة لتحسين بعض العيوب التي لا يمكن إزالتها بواسطة التلبيد، و من بين الجوانب الواجب مراعاتها درجة نعومة السطح و انتظامه المطلوب في بعض العينات ،كما يجب مراقبة أبعاد و كثافة العينة لمعرفة مدى القلص الحاصل. توجد عدة طرق لوضع القطعة الخزفية على شكلها النهائي منها طريقة الصب أو طريقة الكبس الجاف أو طريقة الاستخراج. فطريقة الكبس الجاف أحادي المحور تعد التقنية الاكثر اقتصادية و الأكثر شيوعا وهذا راجع لتنوع الأشكال التي يمكن تحضيرها و مردود الطاقة ،وتتم بالكبس الهيدروستاتيكي في قوالب كتومة للحصول على أشكال معقدة في بعدين أو ثلاثة أبعاد[9] .

- **التلبيد:**

وهي آخر مرحلة من مراحل تحضير قطعة خزفية وتتغير أبعاد المادة أثناء عملية التلبيد حيث يكون هذا التغير مرتبط بعوامل أساسية منها ما هو متعلق بطبيعة المادة في حد ذاتها و أبعاد و شكل حبيباتها و وجود الطور السائل....إلخ، و منها ما هو متعلق كذلك بشروط التلبيد من ضغط و درجة الحرارة و زمن المعالجة، و يمكن تعريف التلبيد على أنه عملية معالجة حرارية تسمح لمجموعة من الحبيبات بالتكثيف[10].

II-2 طريقة الرش بالانحلال الحراري:

هي طريقة كيميائية مبدؤها هو تحضير محلول يحوي المواد الاولية مثل النترات للعناصر المكونة للمركب النهائي ويتم ترسيبه عن طريق الاهتزاز لخزفية بيزوكهربائية (الكوارتز عادة) على مسند ترسيب يكون مسخن لدرجة معينة.

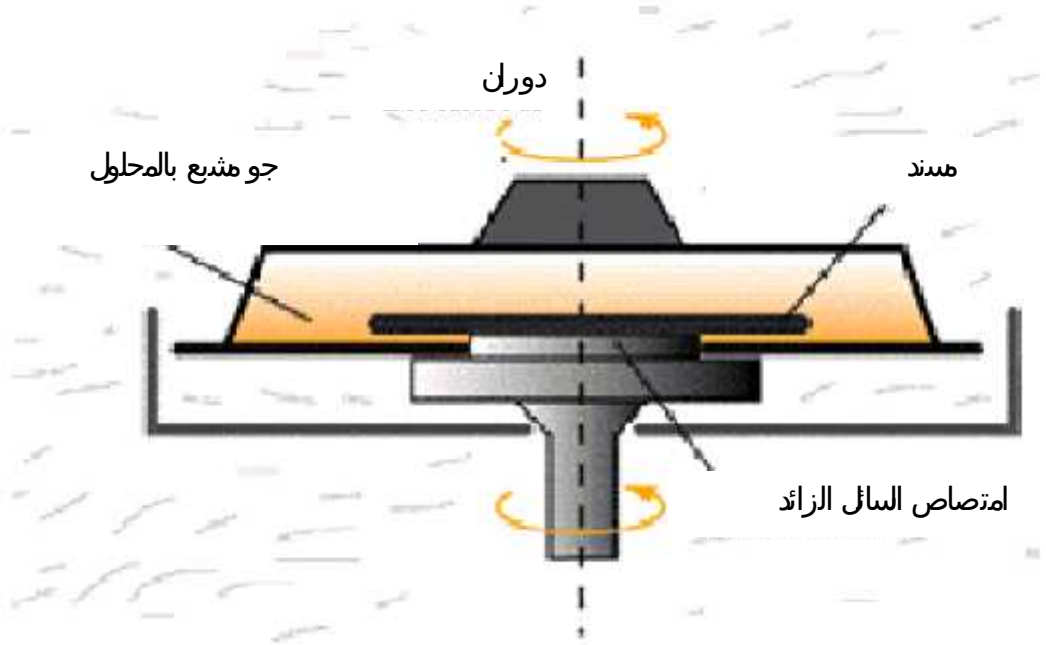
عملية نقل المحلول على المسند تتم عن طريق غاز لتحقيق التصاقه بالمسند المسخن إلى درجة معتبرة.

II-3 طريقة محلول –هلام:Sol-gel

تقنية محلول– هلام هي واحدة من الطرق الكيميائية لإعداد المواد من النوع الأكاسيد المعدنية مثل السيراميك والزجاج. مبدؤها هو تحضير محلول ابتدائي (sol) ثم تحويله بإضافة مركبات عضوية إلى هلام (gel) الذي بدورها يتم تحويلها باستعمال معالجات حرارية ملائمة إلى مساحيق أو شرائح رقيقة بأحد تقنيات التحضير الأخرى فيزيائية كانت أو كيميائية.

ومن بين هذه الطرق طريقة الترسيب الدوراني والتي تعتمد على صب المحلول او الهلام على مسند يدور . السائل الزائد يخرج من أطراف المسند تحت تأثير القوة المركزية ويكون سمك الشريحة متعلقا بسرعة دوران المسند (الشكلII-7).

بعدها يتم تجفيف ما ترسب للحصول على التبلور [11].



الشكل (II-7): التركيب التجريبي لطريقة محلول ـ هلام

الفصل الثالث

تطبيقات النواقل الفائقة

III-1 تطبيقات المواد فائقة التوصيل Superconducting application

للمواد فائقة التوصيل تطبيقات عديدة سوف نذكر البعض منها كالتالي :

- **جهاز سكويد :**

يتميز جهاز سكويد بحساسية عالية جدا لقياس الفيض المغناطيسي تصل إلى حوالي 10^{-14} تسلا . هذه المجالات تعتبر أقل من المجال المغناطيسي للأرض بمقدار 10^{11} مرة علي الأقل . وبالتالي فقد أستطاع الباحثين من استخدام جهاز سكويد في رصد المجالات المغناطيسية الناتجة عن أعضاء جسم الإنسان مثل القلب والمخ والجهاز العصبي والتي كان من الصعب رصدها بالأجهزة المعتادة حيث أنها كانت تتطلب حساسية عالية جدا في القياس نظرا لأن المجال المغناطيسي الناتج عن هذه الأعضاء يكون محدود جدا ويحتاج لدقة وحساسية عالية في القياس . على سبيل المثال المجال المغناطيسي للقلب يكون في حدود 10^{-10} تسلا و عن المخ يكون في حدود 10^{-13} تسلا [5] .

- **أجهزة الميكروويف : Microwaves**

تتميز المواد الفائقة بصغر قيم المقاومة الكهربية عند درجات حرارة الغرفة . من المعلوم أيضا أنة يحدث فقد في شدة الميكروويف بالقرب من سطوح المواد نظرا للمقاومة الكهربية والتي تضعف من شدة الميكروويف بالقرب من سطوح تلك المواد . بمقارنة المقاومة النوعية للمواد الفائقة مع نظيرتها في المعادن عند الترددات العالية للميكروويف وجد أن مقاومة المواد الفائقة تكون أقل بكثير من المعادن مثل النحاس . وبالتالي فإنه يمكن طلاء أسطح أجهزة الميكروويف بمواد فائقة التوصيل لتلاشي الفقد في شدة الميكروويف عند الترددات العالية [6].

- **كابلات القدرة : Power cables**

لقد وجد أن المواد الفائقة تتحمل تيارات كهربية عالية مما أدي إلي تصنيع كابلات من المواد الفائقة بحيث تتمكن هذه الكابلات من حمل تيارات كهربية تصل إلي خمسة أضعاف ما يتحمله كابل من النحاس بنفس الأبعاد والمواصفات . وبالتالي تتمكن هذه الكابلات من نقل الطاقة من مكان لأخر بدون أي فقد يذكر مما سوف يساهم في نقل خطوط الطاقة بين الدول المختلفة إذا ما توفر الدعم اللازم لذلك .

- **المغناطيس الفائق :Superconducting magnets**

تستخدم المواد فائقة التوصيل في تصميم المغناطيس الفائق بحيث يتم تبريد المغناطيس الفائق في الهليوم السائل بحيث تكون المقاومة الكهربية للملفات مساوية للصفر مما يجعل الطاقة المفقودة مساوية للصفر حتى عن تسخين الأسلاك . ومن هنا فإن مصدر تيار منخفض يكون مناسب لمرور التيار بشرط المحافظة على درجة حرارة الهليوم السائل . وبالتالي فإنه يمكن الحصول علي مجالات مغناطيسية تفوق المغناطيس المصنوع من الموصلات بعشرات المرات [7].

- **أجهزة الرادار : Radar apparatus**

لتصور هذه المشكلة يمكنك مراقبة ما يحدث لجهاز التلفاز عندما يتم تشغيل جهاز كهربائي بالقرب منة . إن الصورة سوف تصاب بالتشويش نتيجة المجالات المغناطيسية المجاورة والتي تؤثر على حركة الإلكترونات المسؤولة عن تكوين الصورة . وهذا بالفعل ما يحدث مع أجهزة الرادار بالضبط ولكنها تكون

أكثر حساسية حيث تتأثر بالمجالات الخارجية . وللتغلب علي ذلك تم استعمال الدروع المغناطيسية والتي هي عبارة عن اسطوانات ذات مقاسات مختلفة مصنوعة من المواد الفائقة يوضع بداخلها مصدر الإلكترونات فيحميها من المجالات الخارجية ويجعل صورة الرادار غاية في الوضوح .

- **القطار الفائق :Superconducting train**

بنيت فكرة تصميم هذه القطارات علي ظاهرة الطرد المغناطيسي بحيث تطفو أو تعوم عجلات القطارات المصنوعة من المواد فائقة التوصيل علي مغناطيس فائق شديد . وبالتالي ينعدم الاحتكاك بين عجلات القطارات والقضبان مما يساعد في زيادة سرعة القطارات ولذا سميت **بالقطارات العائمة أو الفائقة** وقد كان الاختبار الحقيقي عام 1986 حيث تم اختبار قطار فائق مكون من ثلاث عربات حيث وصلت سرعته إلي (Km/h) 352.4 . ولقد تمكنت وزارة النقل من تبني الفكرة وتم افتتاح أول خط سكة حديد من المواد الفائقة واختبارها في إبريل 1997 . **في نفس العام** ديسمبر 1997 تم تنفيذ عجلات قطار من المغناطيس الفائق أطلقوا عليها MLX01 حيث يتكون القطار من ثلاث عربات سجلت سرعة قدرها (Km/h) 531 . وفي شهر مارس من عام 1999 تم تصنيع قطار فائق مكون من خمس عربات حيث وصلت سرعته (Km/h) 548 وفي ديسمبر 2003 **وصلت سرعة القطار الفائق إلي** (Km/h) 581 . في سول بكوريا الجنوبية هناك قطار فائق سرعته (Km/h) 300 وسوف تصل سرعته في 2008 **إلي** (Km/h) 412 . هذا القطار طوله 388 m [8]**.**

الخاتمة

الخاتمة

بالرغم من هذا النجاح الباهر في مجال الموصلية الفائقة إلاّ أنه ما زالت هناك مشكلات عديدة تتعلق بالمواد الفائقة مثل صعوبة تشكيل هذه المواد في صورة أسلاك أو دوائر كهربية بحيث يمكنها حمل تيارات كهربية عالية غير مسموح بها في الموصلات العادية . ولذا فإن البحث جاري على قدم وساق للحصول على مواد فائقة عند درجة حرارة الغرفة وفي الوقت ذاته تكون قابلة للتشكل بحيث يمكن بناء أجهزة تدخل في تصميمها دوائر كهربية من المواد الفائقة دون خشية الآثار السلبية المترتبة عن ارتفاع درجة الحرارة أو غير ذلك من آثار تزول بفعل استخدام هذه المواد . علي الجانب الأخر فإنه يمكن توظيف هذه المجالات المغناطيسية في تطوير أجهزة التشخيص الطبي بالرنين النووي المغناطيسي والتي تمكننا من الحصول علي صور تشريحية مفصلة ودقيقة لأي عضو من أعضاء جسم الإنسان . علاوة علي ذلك فإنه يمكن استخدامها في تطوير وسائل النقل مثل بناء القطارات العائمة بدون تكاليف باهظة مثلما يحدث الآن . بالفعل سوف يكون حدث علمي غير مسبوق ويفوق الوصف والخيال .

إن التقدم يجري ببطء ولكن تتحقق نسبة من النجاح كل فترة إلاّ أن غاية الطموح المتمثلة في الحصول علي تركيبية تتحقق فيها الموصلية الفائقة عند درجة حرارة الغرفة لم تتحقق بعد . لكن عندما يتحقق هذا الهدف سوف تدخل الصناعة المعاصرة ثورة تكنولوجية جديدة لم يشهدها التاريخ من قبل وتكون الموصلية الفائقة يوم ذاك هي العمود الفقري للتكنولوجيا الجديدة في جميع المجالات.

المراجع

المراجع References :

المراجع بالغة العربية:

[2]- فيزياء الجوامد ،ا.د.محمد أمين سليمان و احمد فؤاد باشا و شريف احمد خيري، ص 322,325.

المراجع باللغة الفرنسية:

[1]- H.KamerlinghOnnes, Leiden comm. 119b, 120b, 124c (1911).

[3]- A.Bourdillon and N.X. Tan Bourdillon, High Temperature Superconductors, New York (1994).

[4]- J. Bardeen, L.N. Cooper and J. R. Schrieffer, Phys. Rev. 106, 162 (1957); 108,1175 (1957).

[5]- A.Barone and Paterno, Physics and Applications of the Josephson Effect, wiley, (1982).

[6]- C. Francke, M. Offiner, A. Kramer, L. Mex and J.Muller, Supercond. Sci. Technol. 11, 1311 (1998).

[7]- Rohlf, James William, Modern Physics from A to Z, wiely (1994).

[9]-F.B.Azouz,A.M.Chergui,B.Yangui1,C.Bouleistax,M.B.Salem,VII^{ème} Journées Maghrébines de Sciences des Matériaux,Kenitra-Maroc-20-21 Sep(2000).

[10]-M.Eudier,«Fabrication des produits frittés», Vol. M 864,pp.1-7,Techniques de l'ingénieur,EdCNRS,France(1994).

[11]-T.A.Vanderah,C.K.LoweD.E.Bliss,M.W.Decker ,U.S.Osofkly,

E.F.Skeiton,M.M.Milier,J.CristalGrowth 118(1992)385.

المواقع الإلكترونية:

[8]- http://www.didyouknow.cd/whatsnew/trains.htm

ملخص علم

ملخص:

في ظل هذا التطور السريع للتكنولوجيا المعاصرة، أتت الحاجة للحصول على مواد ذات ناقلية كبيره في مجال الصناعة ،نتجت عنه الكثير من الأبحاث والدراسات العلمية.

في هذه المذكرة قمنا بتسليط الضوء على موضوع النواقل الفائقة التوصيل في ثلاث فصول.في الفصل الأول، تناولنا بطريقة شاملة ماهية النواقل الفائقة التوصيل ،اكتشافها،مختلف نظرياتها وأنواعها.الفصل الثاني وصفنا بعض طرق تحضيرالنواقل الفائقة.أما في الفصل الثالث فأبرزنا أهم تطبيقاتها .

هذا مايدل على أهمية دراسة النواقل الفائقة والتي لها مستقبل واعد بين التكنولوجيات الحديثة.