بناء وحدة دراسية مقترحة في ((المواد فائقة التوصيل الكهربائي))
للصف السادس العلمي للمرحلة الإعدادية في العراق

م. د. حيدر صاحي حسين العمار/وزارة التربية –المديرية العامة لتربية كربلاء المقدسة
Haider.alammar@yahoo.com
أ. د. ماجدة ابراهيم الباوي / جامعة بغداد –كلية التربية للعلوم الصرفه ابن الهيثم
Bm3a2012@gmail.com
أ. م. د. عادل كامل شبيب / جامعة بغداد –كلية التربية للعلوم الصرفه ابن الهيثم
Aadd1970eell@gmail.com

❖ **ملخص البحث**

يهدف البحث الحالي عرض اجراءات بناء وحدة دراسية مقترحة في المواد فائقة التوصيل الكهربائي لغرض دمجها ضمن منهج الفيزياء للصف السادس العلمي للمرحلة الاعدادية في العراق ، وتم اعداد الوحدة باعتماد العناصر الاساسية للوحدات الدراسية النموذجية ، وضمنت احدث المعلومات العلمية النظرية عن المواد فائقة التوصيل الكهربائي واضيفت لها الرسوم والمخططات، فضلا عن الأسئلة والمسائل الرياضية والأمثلة المحلولة، كما تم تضمينها عدد من الأنشطة والواجبات الإثرائية ،وتم عرضها على لجنة من المختصين للتأكد من سلامتها وصلاحيتها العلمية والفنية وملائمتها للمستوى العمري والعقلي لطلبة الصف السادس العلمي المرحلة الاعدادية.

الكلمات المفتاحية: المواد فائقة التوصيل الكهربائي، السادس العلمي، المرحلة الإعدادية، العراق.

Abstract:

The aim of current research is to suggest and teaching unit in superconductor materials for fusion within the physical curriculum for the sixth class of secondary stages in Iraq, depending on the essential elements for the typical teaching unit with addition of recent theoretical scientific information about superconductors and diagrams, in addition to question, exercises and answered examples.

Also include many activities, and that's reviewed by specialist to ensure that it is appropriate for finally secondary stage students.

❖ **مشكلة البحث**

ان الاهتمام بعملية تحديث المناهج في الوقت الحاضر يعد امرا مهما شغل أكثر الدول المتقدمة والنامية وذلك بسبب ازدياد شكوى المؤسسات كافة من انخفاض مستوى وكفاءة خريجي المدارس والمعاهد والجامعات وضعف وقدم المعلومات والمعرفة التي يمتلكونها والتي لا تؤهلهم الى مواكبة مستجدات وتطور ميادين العلوم كافة واحتياجات المجتمع وكذلك لا تمكنهم من اعداد انفسهم للحياة العامة بغض النظر عن عملهم او تطلعاتهم المستقبلية، وبما ان المناهج الدراسية تعد الأساس الذي ترتكز عليه العملية التعليمية والمرتكز الأساس التي من خلالها يتم التواصل بين الطالب والمجتمع الذي ينتمي اليه ، لتلك الأسباب نادى الكثيرين بضرورة تطوير تلك المناهج بما يواكب التطور في مجالات العلوم والتكنولوجيا الحديثة في العالم والذي يلائم المستوى العقلي والذهني لطلبة السادس العلمي.

ومن طريق اطلاع الباحثين على محتويات كتب العلوم للمرحلة المتوسطة وكتب الفيزياء للمرحلة الاعدادية في العراق لم يجدوا أي اشارة للمواد فائقة التوصيل الكهربائي.

ونظرا لما يتمتع به علم المواد فائقة التوصيل الكهربائي من اهمية كبيرة في حياة الانسان حيث ان المواد بكل انواعها تدخل في جميع نواحي الحياة ولا غنى للإنسان عنها لتلبية حاجاته المستمرة في كل المجالات من خلال توفير وتصنيع مواد مختلفة تختلف عن المواد المتعارف عليها سابقا من حيث قلة التكلفة والخواص الجيدة والعمر الطويل وتوفير الطاقة.

لذا تبلورت فكرة البحث الحالي بوضع لبنة اساس لبناء منهاج لعلم المواد واعتماده مستقبلا كمنهج دراسي لطلبة الصف السادس العلمي للمرحلة الاعدادية من خلال اقتراح وحدة دراسية تقدم للطلبة معلومات مبسطة عن المواد فائقة التوصيل الكهربائي وتاريخ اكتشافها ونشؤها وكذلك خواص واساسيات المواد الفائقة التوصيل وانواعها. والنظرية الاهم التي فسرت آلية حصول التوصيل الفائق وهي نظرية(BCS)، وعرض التطبيقات والاستخدامات الصناعية للمواد فائقة التوصيل الكهربائي في مجالات الحياة العلمية والعملية.

❖ **اهمية البحث**

يُعد الكتاب المدرسي من أكثر المستلزمات التعليمية فاعلية وكفاءة في مساعدة المدرس والطالب في أداء مهمتهما في المدرسة، فهو بالنسبة للمعلم أداة عمل ضرورية، و للمتعلم المصدر الأساسي للتعلم، ولذلك لا ينبغي إهماله في أي برنامج تربوي فهو دليل أساسي لمحتوى البرنامج ولطرق التدريس ولعملية التقويم، وهو موجه نحو أهداف التربية ويرسم الحدود العامة والمفاهيم والقيم التي يحتاج إليها الطلبة والمجتمع معا في أي مرحلة من المراحل . (ابو الفتوح، وآخرون ،بد، 37)

والكتاب المدرسي هو المرتكز الأساسي للتّعليم، ووسيلة تعليميّة تربويّة منظمّة تكون حصيلة خبرات ثقافيّة واجتماعيّة وفنيّة تستهدف فئة تعليميّة محدّدة بحيث تتوافق مع قدراتهم. وتتدرج المعلومات داخل الكتاب من السهل إلى الصعب، وتهدف إلى رفع الأساس في تعريف الطّالب بالثقافة المجتمعيّة والبيئيّة (الرحمان ومحسن ،٢٠١١:٧٩).

وعلم الفيزياء اخذ مكانة الصدارة بين العلوم التطبيقية، إذ كانت لنتائجه أوسع التطبيقات العلمية والابتكارات والاختراعات التقنية الحديثة، فقد قطع هذا العلم أشواطاً بعيدة المدى في الدول المتقدمة، ومازالت الاستكشافات قائمة فيه إلى يومنا هذا. ولهذا فقد نال هذا العلم اهتماماً كبيراً في تضمينه للمناهج الدراسية وبذلت جهود جبارة في إعداد مواده و مناهجه و برامجه، التي تقدم للطلبة في مختلف المراحل الدراسية، وأكد الكثير من التربويين وجوب النهوض بتعليم العلوم والرياضيات والتكنولوجيا و الفيزياء لإحداث تغيرات جوهرية في المادة العلمية التي تدرس وفي كيفية تدريسها (لجنة التعليم ، ١٩٨٧ ، ص ٣٧) .

ان المواد فائقة التوصيل الكهربائي تعد واحدة من المواد الواعدة جدا في تطبيقات الاداء الكهربائي والالكتروني العالي. وان اكتشافها قد فجر الشرارة الاولى لثورة جديدة في علم تكنولوجيا المواد والتطبيقات الصناعية نحو استخدام الاساليب والطرائق التي من شانها ان تخفف من استهلاك المواد والطاقة، ان اقتراح اضافة وحدة دراسية عن المواد فائقة التوصيل الكهربائي في كتب الفيزياء المنهجية للصف السادس العلمي للمرحلة الاعدادية يعود لما يلي:

١. مواكبة التقدم العلمي في مجال علم الفيزياء وتطبيقاته.
٢. تحديث مناهج الدراسية وخاصه منهج مادة الفيزياء من خلال رفدها بمستجدات هذا العلم.
٣. وضع اساس نظري لعلم المواد ومنها المواد فائقة التوصيل الكهربائي في كتب المرحلة الاعدادية ولكافه الاختصاصات العلمية (الفيزياء، الكيمياء، علوم الحياة) لتطبيقاتها الهامه في هذه الفروع العلمية.
٤. تحديث الكتب المدرسية للمواد العلمية للفروع التطبيقي والاحيائي والمهني في المرحلة الإعدادية.
٥. تعريف الطلبة بالتطبيقات العملية والعلمية والهندسية لعلم المواد لما لها من دور في نمو الاقتصاد الوطني المبني على العلم والمعرفة.
٦. أعداد جيل من المتعلمين له القدرة والكفاءة لمواكبة المستجدات الحديثة وتطويرها.

❖ **<u>هدف البحث:</u>**

يهدف البحث الحالي بناء وحده دراسية عن المواد فائقة التوصيل الكهربائي في كتاب الفيزياء المنهجي للصف السادس العلمي(التطبيقي،الأحيائي) للمرحلة الاعدادية .

❖ **حدود البحث:** سيتحدد البحث الحالي بـــ :

١- المعلومات الحديثة والمتوافرة عن المواد فائقة التوصيل الكهربائي وتطبيقاتها العملية.

٢- كتب الفيزياء للصف السادس العلمي(التطبيقي،الأحيائي) للمرحلة الاعدادية في العراق للعام الدراسي ٢٠١٨-٢٠١٩.

❖ **تحديد المصطلحات:**

١-الوحدة الدراسية :

-عرفها .(ابو عميرة ،١٩٩٥) بانها "مجموعه من المعارف والمفاهيم والانشطة والخبرات المتنوعة التي تقدمها المؤسسة التربوية لمجموعه من المتعلمين بقصد تفاعلهم معها بشكل يؤدي الى تعلمهم ، أي تعديل سلوكهم الى ما هو مرغوب فيه وبطريقه شامله.

-عرفها(عفانه٢٠٠٠) بانها "مواد تعليمية مصممه بطريقه مترابطه ومتضمنه لمجموعه من الخبرات والانشطه و وسائل التقويم المتنوعه بهدف تحقيق اهداف معينة" (عفانه ٢٠٠٠: ٧٦)

يتفق الباحثون مع تعريف ابو عميرة ١٩٩٥ للوحدة الدراسية.

٢- بناء الوحدة الدراسية:

عرفها (الناقه ورشدي ١٩٨٣):"هي عملية تربوية تقوم على مجموعة من الاسس والمبادئ المستمدة من المجالات التي تعالج في المواد التعليمية ويراد بتصميم الوحدة هنا اختيار مواد تعليمية مناسبة بمعايير الكفاءة والكفاية الاساسية المقررة في المنهج باحوال الدارسين من شتى المصادر وتنظيمها حسب معايير معينة"(الناقه ورشدي ١٩٨٣، ص: ٢٧).

التعريف الاجرائي: يعرف الباحثون بناء الوحدة الدراسية بأنها :" مجموعة متنوعة من المفاهيم والمبادئ والقوانين العلمية لموضوع المواد فائقة التوصيل الكهربائي تم جمعها وترتيبها بشكل منطقي ومتدرج بالصعوبة بحيث تلائم المستوى العمري والعقلي لطلبة للصف السادس العلمي(التطبيقي،الأحيائي) في العراق ورفدها بالصور والمخططات وضمنت انشطة ومسائل وامثلة محلولة."

٣- فائقية التوصيل الكهربائي:

عرفها (حسين٢٠١٧،ص:٣) **بأنها(هي ظاهرة فيزيائية كهربائية تحصل عند تواشج ظروف معينة من حيث درجة الحرارة وكثافة التيار والمجال المغناطيسي آنيا وتحت التبريد الشديد والذي يوفر مسارا سريعا ومثاليا لانتقال حاملات الشحنة بعيدا عن اي أعاقة او عرقلة داخل المادة).**

❖ **خلفية نظرية:**

الوحدات الدراسية هي عبارة عن مشروع تعليمي مخطط ، ومنظم يدور حول موضوع ، أو مفهوم ،أو مشكلة يشعر المتعلمون بها ، ويرغبون في حلها ، وتتضمن الوحدة على معلومات ، وأنشطة تعليمية

متعددة ومتنوعة ، وتوجه بحيث تحدث التأثير المرغوب فيه في سلوك الطالب.وظهر مفهوم الوحدة الدراسية في الحقل التربوي نتيجة للمحاولات الجادة والمستمرة من قبل التربويين وخبراء المناهج من اجل الوصول إلى مناهج تعليمية متطورة ومرنة وأكثر اتساقا وتماشيا مع روح العصر الحديث وتحدياته ، ولقد أثار مفهوم الوحدة الدراسية جدلا كثيرا منذ ظهوره ، واختلفت الآراء والأفكار حوله وهكذا حتى استقر الأمر على أن الوحدات الدراسية هي منهجا او تنظيما منهجيا.

أنواع الوحدات الدراسية: تصنف الوحدات الدراسية الى عدة اشكال منها:

– الوحدات القائمة على المادة الدراسية : وهنا تعد المادة الدراسية المحور الرئيس ، كما هو الحال مع منهج المواد المنفصلة ،غير إن المادة الدراسية ليست غاية بحد ذاتها ، إنما هي غاية في معالجة جوانب مهمة في حياة المتعلمين ، زيادة على أن منهج الوحدات القائمة على المادة الدراسية لا يتقيد بالفواصل بين فروع المادة ، أو بين مادة أخرى ، ويزيل تلك الفواصل تماما ، فيعالج عيبا كبيرا من عيوب منهج المواد المنفصلة.

– الوحدات القائمة على الخبرة : وهذه الوحدات يدور محورها حول حاجات الطلاب واهتماماتهم ومشكلاتهم التي يواجهونها في بيئتهم ، وتهتم بالخبرات التربوية وربطها بالمادة الدراسية،وتتيح الفرصة للمتعلم كي ينتفع بها في إشباع حاجة أو حل مشكلة.

إن محور الوحدة في هذا المنهج يشتق من ميول المتعلمين ، وحاجاتهم ، ومشكلاتهم التي على الرغم من اختلافها بين متعلم وآخر يوجد الكثير من التشابه بينها في كل مرحلة من مراحل نمو المتعلمين ، ونظرا لكون هذا النوع من المناهج يبنى على أساس الميول والحاجات ، وأن هذه الميول والحاجات متغيرة بطبيعة الحال ، فلا يمكن اعداد هذا المنهج مسبقا.

مزايا الوحدات:

– تشتمل الوحدة على أنشطة كثيرة ومتنوعة، يمكن للمعلم اختيار انسبها للمتعلمين الذين يتعامل معهم، وأن فيها فرصة لأن يختار المتعلمين بعض الأعمال التي تناسب قدراتهم واستعداداتهم، وبذلك فهي تراعي الفروق الفردية.

– في دراسة الوحدات فرص كثيرة للتعاون والعمل الجماعي ، إذ يشترك المتعلمين بإشراف المعلم في تخطيط الوحدات وتنفيذها.

– في دراسة الوحدات فرص كثيرة للتعرض للمشكلات ، مما يساعد المتعلمين على التفكير العلمي في حلّها.

– تتضمن الوحدات تقويم المتعلمين من جميع النواحي العقلية والنفسية والاجتماعية .

سلبيات الوحدات:

– قد يتقيد المعلم بمقترحات مرجع الوحدة ، فيتحول هذا المرجع إلى كتاب مقرر ينفذه المعلم حرفيا.

– قد تتحول الدراسة إلى نوع من الدراسة التقليدية إذا اعتمد المعلم اعتمادا كليا على مرجع الوحدة.
– قد تتطلب بعض الأنشطة زيارة بعض الأماكن فإذا لم يسمح للمتعلمين بالقيام بهذه الزيارات تصبح الأنشطة غير فاعلة.

❖ **دراسات سابقه :**

لم يجد الباحثون دراسات مشابهه للبحث الحالي .وسيتم ذكر بعض الدراسات القريبة والتي تمت الاستفادة منها في بعض الجوانب البسيطه:

١–اعداد وحده دراسية مقترحة لتعليم المنطق لطلبة الصف الخامس العلمي وقياس اثرها على تحصيلهم في الرياضيات .(دياب ٢٣٣:٢٠٠٤–٢٦٧).

٢–بناء وحدة في التربية الامنية لمنهاج التربية الاسلامية لدى طلبة الحادي عشر واثرها على التحصيل واتجاه الطلبة نحوها.(قنديل ٢٠١٣).

٣– تصميم وحدة دراسية لمهارة القراءة في ضوء المنهج الدراسي ،رسالة ماجستير غير منشورة، (الواحدة٢٠٠٩).

٤– تصميم وحدة تدريسية مقترحة لاستخدام التعليم المبرمج بالحاسوب في تدريس مادة الفيزياء لطلاب الصف الثاني من المرحلة الثانوية بالجمهورية اليمنية وأثرها في التحصيل الدراسي للطلاب (سمك ٢٠١٣).

❖ **اجراءات البحث :**

تم بناء الوحدة الدراسية الحالية والقائمة علي المادة الدراسية بعدة مراحل يمكن عرضها فيما يلي :

١– **تحديد موضوع الوحدة** : أن موضوع الوحدة الدراسية الحالية هو المواد فائقة التوصيل الكهربائي.

2– **تحديد مجال الوحدة :** ويتضمن مجال الوحده الحالية كل ما يتعلق بموضوع المواد فائقة التوصيل الكهربائي من:

أ–المفاهيم الأساسية : التوصيلية الفائقة، كثافة التيار الحرج(J_c) ، المجال المغناطيسي الحرج(H_c)، تأثير مازنر، نظرية(BCS)...الخ.

ب– االمهارات : رسم الاشكال البيانية التي توضح ً سلوك المقاومية كدالة لدرجة الحرارة، ومنحني التمغنط للموصلات الفائقة النوع الاول والنوع الثاني....الخ.

ج–الاتجاهات : تنمية التقدير لله والتقدير والتثمين لجهود العلماء والمهندسين في الكشف عن ظاهرة التوصيل الكهربائي الفائق للمواد وتصنيع الاجهزة والادوات القائمة على هذه الظاهرة ،و تكوين اتجاهات إيجابية نحو استخدامات المواد فائقة التوصيل الكهربائي في شتى مجالات الحياة.

3- **تحديد الأهداف التعليمية** : يجب أن يراعي في تحديد أهداف الوحدة عدة معايير ، مثل وضوحها وشمولها وتنوعها ، وقابليتها للتحقيق في ضوء الإمكانات المتاحة (راتب ،وعبد الرحيم ٢٠٠٣: ٦٥)

ومن أهداف الوحدة الحالية:

1-تزويد الطلبة بمعلومات وظيفية عن المواد فائقة التوصيل الكهربائي

٢- تنمية المهارات الذهنية والعملية حول تصور البناء الجزيئي للمواد فائقة التوصيل

٣- إكساب الطلبة اتجاه إيجابي نحو دراسة المواد فائقة التوصيل الكهربائي واستخداماتها في الحياة العملية. وبناءا على الاهداف الخاصة للوحدة تم صياغه (٢٧) ناتج تعلم موزعه على المعرفية و المهارية والوجدانية .كما هو موضح في المخطط :

المعرفية:	المهارية:	الوجدانية:
١- يعرف المواد فائقة التوصيل. ٢- يذكر اسم اول عالم اكتشف ظاهره فائقية التوصيل. ٣- يوضح كيف تحدث التوصيلية الفائقة في المواد. ٤- يذكر خواص المواد فائقة التوصيل. ٥- يعرف درجة الحرارة الحرجة للمواد فائقة التوصيل. ٦- يوضح العلاقة بين المقاومة النوعية للمادة ودرجة الحرارة. ٧- يعرف كثافة التيار الحرج(J_c). ٨- يعرف المجال المغناطيسي الحرج (H_c). ٩- يحل مسالة لحساب قيمه المجال المغناطيسي الحرج H_c ١٠. يكتب الصيغة الرياضية للعلاقة بين المجال المغناطيسي الحرج و درجة الحرارة. ١١. يوضح العلاقة بين المقاومة الكهربائية للمواد فائقة التوصيل و درجة حرارة الانتقال الحرجة. ١٢. يعرف تأثير مازنر . ١٣ . يقارن بين شكل خطوط المجال المغناطيسي في الحالة الطبيعية والحالة فائقة التوصيل للمادة. ١٤. يعدد اساسيات التوصيلية الفائقة. ١٥. يوضح اسس نظرية(BCS) التي فسرت التوصيلية الفائقة. ١٦.يعدد انواع المواد فائقة التوصيل. ١٧.يقارن بين انواع المواد فائقة التوصيل. ١٨. يناقش امكانية استعمال المعادلة$K=\frac{\lambda}{\xi}$ لتحديد نوع الموصل الفائق. ١٩. يحل مسالة لحساب قيمة(المجال الحرج،التيار الحرج،درجة الحرارة الحرجة) ٢٠. يعدد اهم التطبيقات العملية.	١-يرسم مخططا يبين العلاقة بين الخواص الثلاث (T_c,H_c,J_c). ٢-يرسم شكلا بيانياً يوضح سلوك المقاومية كدالة لدرجة الحرارة . ٣-يرسم منحني التمغنط للموصلات الفائقة النوع الاول والنوع الثاني.	١-يقدر عظمه الخالق في خلق المواد المختلفة. ٢-يقدر جهود العلماء في الكشف عن انواع المواد ومنها فائقة التوصيل. ٣-يثمن جهود العلماء في تفسير ظاهرة التوصيل الفائق ٤-يثني على جهود المهندسين والفنيين في استثمار خواص المواد فائقة التوصيل في صنع اجهزة ومعدات مفيدة.

مخطط (١) نتاجات التعلم لوحدة المواد فائقة التوصيل

٤- **إختيار الخبرات التعليمية وتنظيمها** : وتشمل كل ما يمكن أن يقدم للطلبة من أنشطة تعليمية تعلمية حول عناصر محتوي وحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي، وقد روعي في اختيارها ارتباطها بالأهداف الخاصة للوحدة ، وتنوعها وشمولها ، وتنمية قدرات الطلبة العقلية والعملية.وقد شملت الخبرات التعليمة ما يلي :

أ-المادة النظرية: والتي جمعت من مصادر حديثة وتغطي مفردات موضوع المواد فائقة التوصيل الكهربائي وشملت مقدمة عن الموضوع والمفاهيم الاساسية له والنظرية التي فسرت حدوثها والتطبيقات العملية لهذه الظاهرة وقد تخللها عرض القوانين والمعادلات الخاصة، كما ضمت المادة العلمية الصور والاشكال والمخططات والرسوم البيانية الخاصة والتي قد تجعل من المادة النظرية أكثر وضوحا.

ب- الانشطة التعليمية المتنوعة: أضاف الباحثون للمادة العلمية النظرية أنشطة متنوعة وقد روعي فيها البساطة والمرونة والدقة العلمية.

ج-الامثلة والمسائل المحلولة والمتضمنة ضمن المحتوى التعليمي النظري وقد حرص الباحثون على دقتها العلمية ووضوحها.

د-الاسئلة والتمارين في نهاية الوحدة: حرص الباحثون على تنوع الاسئلة فتم ادراج.

- فقرات موضوعية من نوع الاختيار من متعدد ذات الاربع بدائل وعددها (١٠) فقرة.

- فقرات مقاليه متنوعة تقيس القدرة على الفهم والتطبيق والتحليل والتركيب والتقويم وعددها (١٠) فقرة.

-مسائل حسابية تطبيقيه للقوانين والمعادلات متدرجة في الصعوبة وعددها (٧) مسائل.

هـ-الأنشطة والواجبات الاثرائية: اضاف الباحثون مجموعه انشطة اثرائية في نهاية الوحدة تتضمن اسئلة متنوعة عددها (١٠) سؤال تتطلب الاجابة عنها مستويات عليا من التفكير والبحث.

٥- **إعداد التصور المقترح لتنفيذ الوحدة** : ويشمل كل ما هو شأنه أن يساعد في تنفيذ هذه الوحدة بحيث تتحقق جميع أهدافها ، وذلك بتحديد أهم طرق التدريس التي يمكن أن تتناسب مع موضوع الوحدة ، والتقنيات التعليمية والأدوات وكما يلي:

أ-طرائق واستراتيجيات التدريس المقترحة: يقترح الباحثون استخدام طرائق واستراتيجيات تدريسية متنوعة تلائم محتوى الوحدة التعليمة ،والمستوى العمري والعقلي للطلبة ، وحسب قدرة المدرس على استخدامها ، وتوفر البيئة التعليمية الملائمة لها ومنها :

-طريقة المحاضرة المطورة.

-المناقشة.

-التعلم التعاوني

-العصف الذهني

ب- التقنيات التعليمية التي يمكن استخدامها: بهدف توصيل المعلومات المتضمنة في وحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي ومراعاة الفروق الفردية بين الطلبة يقترح الباحثون استخدام التقنيات التعليمية التالية وحسب ما هو متوفر منها في المدرسة وقدره المدرس على استخدامها:

-الرسوم التخطيطية

-المحاكاة بالكمبيوتر

-الشفافيات.

٦- اقتراح التقويم :

يتضمن التقويم المقترح لوحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي ادوات تقويم متنوعة والتي يفترض ان يتوفر فيه معايير التقويم الاساسية من حيث الاستمرار والشمول والاقتصاد في الوقت والجهد وبناء الأدوات علي أسس علمية ومن أدوات التقويم المقترح استخدمها هي:

- الاختبارات التحصيلية اليومية والشهرية وبنوعيها الشفهي والتحريري.

-اعداد البحوث والتقارير عن مفردات الوحدة.

-رسم المخططات والرسوم البيانية.

-جمع الصور والاشكال.

-البحث عن الافلام في الانترنيت عن مفردات الوحدة.

٧- **إعداد مرجع الوحدة** : تضمن مرجع وحدة مواد فائقة التوصيل عدة عناصر أساسية هي:

-عنوان الوحدة.

-مقدمة.

-الاهداف والمسوغات:

-قائمة نتاجات التعلم المرجو تحقيقها.

-المحتوي التعليمي للوحدة و يتضمن المادة العلمية النظرية يتخللها الصور والمخططات والرسوم البيانية .

- أ نشطة تعليمية متنوعة.

-امثلة محلولة.

-طرق التدريس المقترح استخدامها.

-الوسائل التعليمية المقترحة.

-قائمة المراجع والمصادر التي يمكن الرجوع إليها.

8- **تقويم الوحدة المقترحة**

لغرض التأكد من صلاحية وحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي من حيث :

-الدقة العلمية للمادة المعروضة ومدى حداثتها وشموليتها .

-طريقة تنظيم الوحدة ومدى توافر العناصر الاساسية لبناء الوحدات التعليمية .

-ملائمته المادة العلمية للمستوى العقلي والعمري للطلبة.

-ملائمه الأنشطة للمستوى العقلي والعمري للطلبة.

- ملائمه اساليب التقويم المقترحة.

- حداثة المصادر المعتمدة ودقتها.

تم توزيع الوحدة الدراسية المقترحة على مجموعة من الخبراء في تخصص الفيزياء وطرائق التدريس والمناهج الدراسية مع استبيان يحوي اسئلة تتناول المعايير اعلاه .

وتم اعتماد نسبه اتفاق ٨٠% من الخبراء كمعيار للصلاحية. وبناءا على ذلك تم تعديل واضافه وحذف بعض الفقرات او المسائل .

وبذلك اصبحت وحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي جاهزة لاستخدامها عن طريق اضافتها كفصل دراسي ضمن كتاب الفيزياء للصف السادس العلمي بفرعيه التطبيقي والاحيائي

الاستنتاجات: بناءا على اجراءات اعداد وحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي المقترحة واراء الخبراء يستنتج الباحثون ان هناك امكانية بناء وحدات دراسية تتبلور حول مستجدات علم الفيزياء وتطبيقاتها العملية من قبل المتخصصين بهدف اغناء الكتاب المدرسي ومواكبته للتطور العلمي.

التوصيات: يوصي الباحثون ب:

١- اعتماد مضمون وحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي كفصل اساسي من فصول كتاب الفيزياء للصف السادس العلمي(التطبيقي والأحيائي) للمرحلة الإعدادية في العراق.

٢- تدريب مدرسي الفيزياء في المرحلة الإعدادية في العراق على تدريس وحدة المواد فائقة التوصيل الكهربائي.

٣- تجريب الوحدة المقترحة (المواد فائقة التوصيل الكهربائي) بغية تقييمها والوقوف على مشكلات تطبيقها واختيار طريقة التدريس الأنسب لها واقتراح الحلول المناسبة لتقليل صعوبات تطبيقها.

المقترحات: استكمالا لهذا البحث يقترح الباحثون :

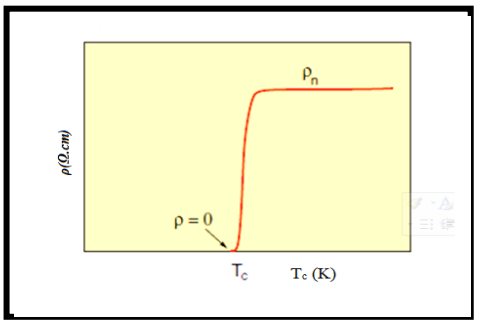
١- اجراء تجربة ميدانية للتأكد من فاعلية الوحدة الدراسية المقترحة للمواد فائقة التوصيل الكهربائي على طلبة الصفوف المنتهية للمرحلة الاعدادية.

٢- تصميم وحدات دراسية اخرى في مواضيع النانوتكنولوجي وغيرها من المستحدثات الفيزيائية.

((المواد فائقة التوصيل الكهربائي))

المقدمة (Introduction):

من المعلوم ان المواد بصورة عامة تصنف من حيث توصيليتها الكهربائية الى مواد موصلة ومواد شبه موصلة ومواد عازلة، حيث اعتمد هذا التصنيف اساسا على الطبيعة التركيبية للمادة وكذلك مدى قوة ارتباط الكترونات ذراتها بالنواة، وهناك نوع اخر من المواد الذي كان له تأثير كبير في فيزياء الحالة الصلبة وهو ما يسمى بالمواد فائقة التوصيل (Superconductor Materials). وهي التي تم اكتشافها في عام ١٩١١ على يد الفيزيائي الهولندي كاميرلنك أونيس(Kmmerling Onnes)، الذي لاحظ في اثناء دراسته لتغير المقاومة الكهربائية مع درجة الحرارة للزئبق الصلب(Hg) وعند درجات حرارة منخفضة جدا مستعملا بذلك التبريد بالهليوم السائل ان الزئبق يفقد مقاوميته الكهربائية (خاصية فقدان المقاومية($\rho=0$))عندما تكون درجة حرارته اقل من (4.2K)وهي نقطة غليان الهليوم السائل، وهذا الاكتشاف ادى به الى ادراك وجود ظاهرة جديدة في المواد الصلبة تسمى التوصيل الفائق الكهربائي (Superconductivity Electrical)**[1]**.وبعد سنة واحدة اي في عام ١٩١٢ اكتشف أونيس ايضا، انه عند تسليط مجال مغناطيسي قوي بما فيه الكفاية فان قيمة المقاومة ترجع الى حالتها الطبيعية، وعموما فان سلوك المقاومية كدالة لدرجة الحرارة عند تبريد المادة بالهليوم او النتروجين السائل موضح بالشكل (١).**[2]**



شكل (١)سلوك المقاومية كدالة لدرجة الحرارة للمادة فائقة التوصيل الكهربائي.

حدوث التوصيلية الفائقة Occurrence of Superconductivity

تحدث التوصيلية الفائقة في العديد من العناصر التي تتواجد في منتصف الجدول الدوري وكذلك تحدث ايضا في السبائك وفي اشباه الموصلات **[3]** .وهناك بعض القواعد المفضلة في اختيار عناصر على عناصر اخرى وهي:**[4]**

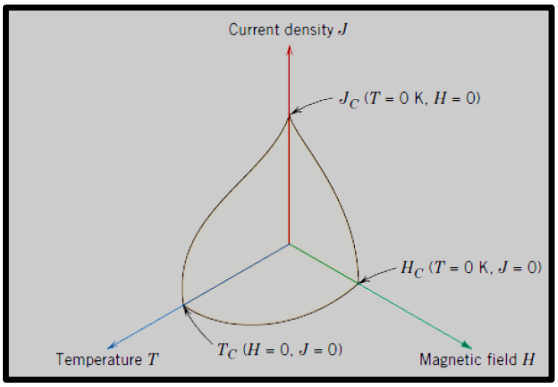
١- تحدث التوصيلية الفائقة في العناصر التي يتراوح فيها عدد التكافؤ لكل ذرة بين (٢-٨) والتي تقع في منتصف الجدول الدوري وهي غير ملحوظة في المعادن النبيلة القلوية.

٢- ان اعداد التكافؤ(٣،٤،٧) التي هي تقريبا اعداد فردية تكون مفضلة جدا، هذا يعني في الحصول على درجة حرارة حرجة عالية، بينما تكون الاعداد(٢،٤،٥،٦)التي هي تقريبا زوجية غير مفضلة.

٣- ان الحجم الذري الصغير المصحوب بالكتلة الذرية الصغيرة يكون مفضلا جدا لحدوث التوصيلية الفائقة.

خواص المواد فائقة التوصيل: Superconductor Properties

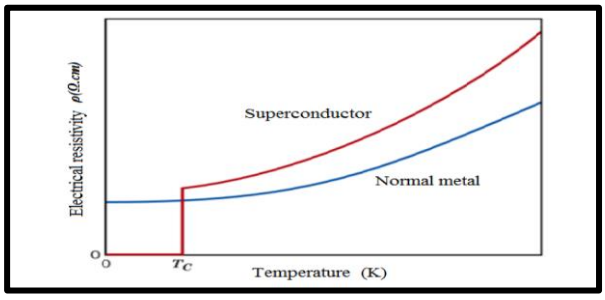
ان اغلب الخواص الفيزيائية للمواد فائقة التوصيل تتفاوت من مادة الى مادة اخرى، ومن ناحية اخرى هناك صنف من الخواص لا تعتمد على نوع المادة، وبالنسبة لكل المواد فائقة التوصيل الكهربائي فأنها تمتلك مقاومية كهربائية نوعية تساوي صفرا تماما للتيارات المطبقة المنخفضة عندما لا يوجد مجال مغناطيسي. ان حالة التوصيلية الكهربائية الفائقة تتميز بوساطة خواص مهمة هي : درجة الحرارة الحرجة(T_c)، والمجال المغناطيسي الحرج(H_c)، و كثافة التيار الحرج(J_c)، وكل هذه الخواص يعتمد كل واحد منها على الخاصيتين الآخريين بصورة كبيرة، ان حالة التوصيلية الفائقة تتطلب ان تكون الخواص الثلاثة السابقة تحت قيمة حرجة معينة واي اختلاف او ارتفاع في قيمة اي خاصية منها عن قيمته الحرجة فان حالة التوصيل الفائق تلغى وترجع المادة الى الحالة الطبيعية، والمخطط الطوري في الشكل(٢) يبين العلاقة بين هذه الخواص الثلاث.(T_c,H_c,J_c).**[5]**



شكل(٢)العلاقة بين(T_c,H_c,J_c).

درجة الحرارة الحرجة (T_c) Critical Temperature

ان درجة الحرارة الحرجة للمواد فائقة التوصيل هي درجة الحرارة التي عندها تنخفض المقاومة النوعية للمادة الى الصفر**[5]** ،ان هذ الانتقال يحدث بصورة مفاجئة جدا ويكتمل عندما تظهر المادة بطور جديد هو الطور فائق التوصيل، والشكل(٣) يوضح العلاقة بين المقاومة النوعية للمادة ودرجة الحرارة.



شكل(٣)المقاومية الكهربائية النوعية كدالة لدرجة الحرارة.

كثافة التيار الحرج Critical Current Density (J_c)

هناك قيمة قصوى للتيار لهذه المواد التي ممكن ان ينتقل خلالها، وفوق هذه القيمة فان التوصيلية الفائقة سوف تتوقف. واذا اندفع تيار كبير جدا خلال الموصل الفائق فانه سوف يرجع المادة الى حالتها الطبيعية حتى لو كان تحت درجة حرارته الحرجة ،وان قيمة كثافة التيار الحرج(J_c) كدالة لدرجة الحرارة هو انه كلما انخفضت درجة حرارة الموصل الفائق كان التيار المنساب اكبر.**[6]**

المجال المغناطيسي الحرج Critical magnetic field(H_c)

عندما تنخفض درجة حرارة المادة فائقة التوصيل تحت درجة حرارة الانتقال الحرجة(T_c) والمجال المغناطيسي يزداد حوله فان المجال المغناطيسي يبقى محيطا من الخارج بالمادة الفائقة التوصيل، وان الزيادة في المجال المغناطيسي تعطينا اشارة الى ان المادة فائقة التوصيل سوف تذهب الى الحالة الطبيعية للمقاومية، وان القيمة القصوى للمجال المغناطيسي عند درجة الحرارة المعطاة له يسمى بالمجال المغناطيسي الحرج والذي يرمز له بالرمز(H_c). ولكل المواد فائقة التوصيل توجد منطقة من درجة الحرارة والمجال المغناطيسي ضمن المادة التي تجعلها فائقة التوصيل وخارج هذه المنطقة فان المادة تكون في الحالة الطبيعية.وقد اظهرت التجارب اعتماد المجال المغناطيسي الحرج على درجة الحرارة التي يمكن وصفها بالصيغة الرياضية الاتية:

$$H_c(T) = H_c(0)\left[1 - \left(\frac{T}{T_c}\right)^2\right]$$

حيث ان(H_c(٠) هو المجال المغناطيسي عندما تكون(T=0K).

مثال١//قصدير(Tin) فائق التوصيل يمتلك درجة حرارة حرجة(Tc=3.7K)عندما كانت شدة المجال المغناطيسي(0 Tesla) وعند درجة حرارة (0k) كان المجال المغناطيسي الحرج مقداره(0.0306 Tesla)،جد المجال المغناطيسي الحرج عند درجة حرارة(2k)؟

الحل//

$$H_{2K} = H_{0K}\left[1 - \left(\frac{T^2}{T_C^2}\right)\right] = 0.0306\left[1 - \left(\frac{2^2}{3.7^2}\right)\right] = 0.0216\,Tesla$$

المقاومية الكهربائية Electrical Resistivity (ρ)

ان المقاومة الكهربائية للمواد فائقة التوصيل تهبط وبصورة مفاجئة الى الصفر عندما تهبط درجة الحرارة الى قيمة اقل من درجة حرارة الانتقال الحرجة، وفوق هذه الدرجة فان المقاومة النوعية او المقاومية تمتلك الصيغة الاعتيادية لها حيث ان:

$$\rho(T) = \rho_o + BT^5$$

وهي ناتجة من جزأين على التوالي الاول وهو الناتج من تأثير الشوائب، والثاني وهو الناتج من تأثير اهتزازات الذرات. ان المواد فائقة التوصيل تحت درجة حرارة اقل من الدرجة الحرجة فان هذه

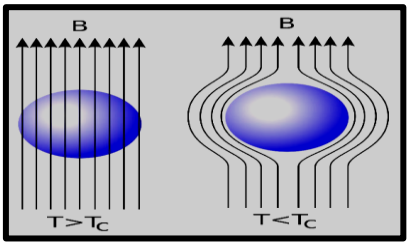
الآليات لن تكون قادرة على خفض قيمة التيار، والتيارات ممكن ان تنساب في الموصل الفائق بشكل غير محدد من دون تشتت في الطاقة.[3]

جدول ١ -- درجة الحرارة الحرجة من مختلف الموصلات الفائقة

مادة	نوع	Tc(K)
زنك	١	0.88
الالمنيوم	١	1.20
قصدير	١	3.72
النيوبيوم–الجرمانيوم	١	23.2
YBCO ($YBa_2Cu_3O_7$)	٢	92
الثاليوم–الباريوم والنحاس اوكسيد الكالسيوم	٢	125
$HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$ $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$	٢ ٢	133 110

تأثير مازنر Meissner Effect

يعرف تأثير مازنر على انه طرد لاي تدفق مغناطيسي داخل الموصل الفائق. وقد اكتشف هذا التأثير في العام١٩٣٣ العالمان (والتر مازنر، وروبرت اوخسينفيلد) (Walter Meissner &Robert Ochsenfeld) [7]، والشكل (٤) يبين سلوك خطوط المجال المغناطيسي في الحالة الطبيعية والحالة فائقة التوصيل للمادة.



شكل(٤)خطوط المجال المغناطيسي في الحالة الطبيعية والحالة فائقة التوصيل للمادة.

وعندما يحصل انتقال في المادة من الحالة الطبيعية الى الحالة فائقة التوصيل فانها تقوم وبشكل نشط وفعال على ابعاد المجال المغناطيسي وطرده من داخلها. ومن خلال معرفتنا يتضح بان:

$$B = \mu_o(H + M) = \mu_o(1 + \chi)H$$

حيث:H هو شدة المجال المغناطيسي الخارجي،M هي تمغنط الوسط،χ هي التاثرية المغناطيسية،μ_o هو نفاذية الفراغ،وحيث ان(B=0)في الحالة فائقة التوصيل فانه ينتج منه:

$$M = -H$$

$$\chi = -1$$

ان هذا القيد الذي حصل للموصل الفائق والذي جعل المجال المغناطيسي داخله يساوي صفرا هو صفة مميزة للمواد الدايامغناطيسية التامة والتي تنشأ عندما تكون مقاوميتها الكهربائية تساوي صفر[8]، ان

القيمة الصفرية للمقاومية الكهربائية تشير ضمنا الى انه لو حاولنا مغنطة المادة فائقة التوصيل فانه سوف تتولد حلقات من التيار فيها تعمل على طرد المجال المغناطيسي المسلط عليها تماما(قانون لنز)، ولكن اذا كانت المادة تمتلك مسبقا مجالا مغناطيسيا ثابتا بداخلها وانخفضت درجة حرارة هذه المادة وتحولت الى مادة فائقة التوصيل فمن المتوقع بقاء المجال المغناطيسي بداخلها. واذا لم يكن هناك تغير في المجال المغناطيسي المسلط فلن يؤدي هذا الى تولد فولتية لسريان التيارات (قانون فاراداي) حتى في الموصل التام. لهذا فان فاعلية طرد وابعاد المجال المغناطيسي من داخل المادة يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار على انه تأثير مميز فقط عندما تكون المقاومية الكهربائية تساوي صفرا.**[9]**

ان تأثير مازنر يعد واحدا من المميزات الحاسمة للتوصيلية الفائقة.

نشاط عملي:

تأثير مازنر:

أدوات النشاط:

مادة فائقة التوصيل الكهربائي، حوض سيراميكي صغير ،مغناطيس كبيردائري، ملقط ،نتروجين سائل.

خطوات النشاط:

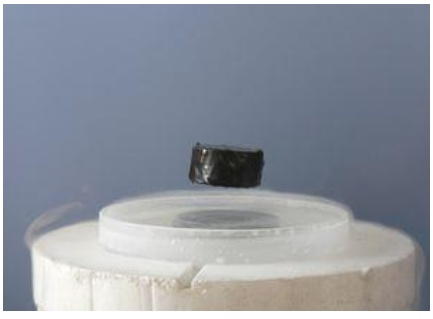
١- نضع المادة فائقة التوصيل الكهربائي في الحوض السيراميكي بواسطة الملقط.

٢- نسكب النتروجين السائل في الحوض السيراميكي لغرض تبريد المادة فائقة التوصيل الكهربائي الى ادنى درجة حرارية ممكنة .

٣- نقوم برفع المادة فائقة التوصيل الكهربائي المبردة من الحوض السيراميكي ونقوم بوضعها بسرعة (حتى لا تكتسب حرارة من المحيط الخارجي) فوق المغناطيس الدائري الكبير. نلاحظ ان المادة فائقة التوصيل الكهربائي تطفو فوق المغناطيس.

الاستنتاج:

عند وصول المادة الى الحالة فائقة التوصيل الكهربائي بوساطة تبريدها باستخدام النتروجين السائل فان مقاوميتها الكهربائية تصبح صفرا وبالتالي فان المادة تعمل على طرد خطوط المجال المغناطيسي من داخلها مما يؤدي الى طفوها معلقة بالهواء فوق المغناطيس .



شكل(٥) تأثير مازنر.

اساسيات التوصيلية الفائقة Fundamentals of Superconductivity

١-انتقال الحرارة **(Heat Transport)**: تنتقل الحرارة في المعادن الطبيعية بالدرجة الاولى بوساطة الإلكترونات، وان الموصلات الجيدة للكهربائية مثل الذهب والفضة والنحاس هي ايضا موصلات جيدة للحرارة بينما تعد العوازل الكهربائية عموما رديئة كموصلات حرارية. وفي الموصلات الفائقة فان كل الإلكترونات تكون في الحالة الكمية نفسها، ولذا فان قيمة الانتروبي تساوي صفرا**[10]** . وهذا يعني ان ازواج كوبر لا يمكن ان تسهم في عملية انتقال الحرارة.

٢-ازواج كوبر**(Cooper Pairs)**: ان المواد فائقة التوصيل عند تبريدها الى درجة حرارة اقل من درجة حرارتها الحرجة فان السحابة الإلكترونية تتحول من الحالة الطبيعية الى حالة من الازواج الإلكترونية المتشاكهة، وكل زوج الكتروني منفرد يتشكل عندما يصاحب احد الإلكترونات الكترون اخر معاكس له في الزخم والبرم اي انه يعطي زخما صافيا مساويا للصفر ،ولذلك فان حاملات الشحنة هذه تسمى ازواج كوبر(Cooper Pairs). **[11,12]**.

٣-طول التشاكه **(Coherence Length(ξ))**: وهو البعد او المسافة الصغرى والذي عليه تعتمد امكانية تكون التوصيلية الفائقة او تحطمها او هو المسافة التي تبقى فيها ازواج كوبر سويا.**[5]**.وهو عامل مهم في تقرير صنف المواد فائقة التوصيل سواء كانت من النوع الاول او النوع الثاني(Type-I or Type-II)، وان معظم المعادن فائقة التوصيل يكون طول التشاكه لها بحدود(1μm). وكذلك فان طول التشاكه هو مقياس للمسافة بين الكتروني التوصيل الفائق والذي ممكن ان يعطى بالمعادلة الاتية:**[13]**

$$\xi = \frac{\hbar V_F}{2\Delta}$$

حيث ان V_F هي سرعة الالكترون عند مستوى فيرمي 2Δ هو فجوة الطاقة.

مثال٢//ماهي المسافة بين الكتروني زوج كوبر(طول التشاكه)لمادة فائقة التوصيل الكهربائي اذا كانت سرعة الالكترون عند مستوى فيرمي تساوي($2x10^7$ m\sec) وفجوة الطاقة هي بحدود(0.01ev)؟

الحل//

$h = 6.63x10^{-34}$ J.sec

$\hbar = h\2\pi = 1.05x10^{-34}$ J.sec

$\xi = \hbar\ VF\2\Delta = 1.05\ x10^{-34}\ x2x10^{7}\0.01x1.6x10^{-19}$

$= 1.32x10^{-6} = 1.32\mu m$

٤-عمق الاختراق **(Pentration Depth(λ))**:ان المجال المغناطيسي داخل الموصل الفائق المثالي ينخفض اسيا من قيمته الخارجية الى الصفر وقيمته المثالية تتراوح بين (10-100nm).ان عمق الاختراق يتغير مع درجة الحرارة طبقا للعلاقة التجريبية:

$$\lambda_{(T)} = \lambda_o \left[1 - (\frac{T}{T_c})^4\right]^{-\frac{1}{2}}$$

حيث:λ_o هو عمق الاختراق عند(T=0).من هذا نحن نرى ان ($\lambda\to\infty$)عندما(.(T=T_c)

مثال٣//ما مقدار عمق الاختراق للمجال المغناطيسي في مادة فائقة التوصيل الكهربائي عند درجة حرارة(6K) اذا كانت درجة حرارتها الحرجة هي (8K)وعمق الاختراق عند درجة (0K)تساوي (20nm)؟

الحل//

$$\lambda(T) = \lambda(0)\left[1 - \left(\frac{T}{Tc}\right)^4\right]^{-\frac{1}{2}}$$

$=2x10^{-9}(1-(6\backslash 8)^4)^{-1\backslash 2} =2.4x10^{-8}=24nm.$

٧-فجوة الطاقة((**Energy Gap(2Δ)**): ان وجود التجاذب الفعال بين الالكترونات في الموصلات الفائقة يؤدي الى ظهور فجوة في طيف الطاقة والتي تسمى بفجوة الطاقة، وان القيمة المثالية لفجوة الطاقة هي تحت(١meV)،ومن الجدير بالذكر ان فجوة الطاقة لا تظهر بصورة مفاجئة حيث ان قيمتها عند درجة الحرارة الحرجة تساوي صفرا وتزداد الى قيمة($3.5KT_c$)عند درجة حرارة الصفر المطلق.

مثال٤//ما مقدار فجوة الطاقة(2Δ) لمادة فائقة التوصيل الكهربائي اذا كانت درجة حرارة الانتقال للحالة فائقة التوصيل الكهربائي تساوي(110K)؟

الحل// ثابت بولتزمان($K =1.38x10^{-23}$ J\k)

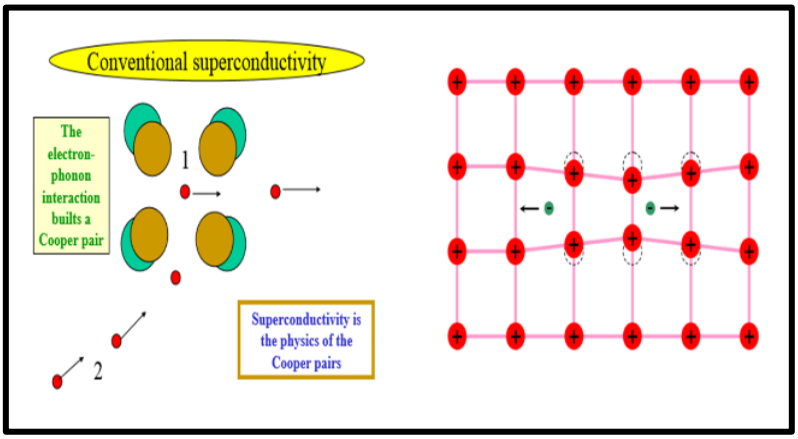
$2\Delta=3.5KT_c =3.5x1.38x10^{-23}x110$

$=503x^{-21}$ J =0.033ev.

نظرية (BCS): (BCS) Theory

ان فهم ظاهرة التوصيل الفائق اصبح جليا من خلال النظرية التي تقدم بها كل من الفيزيائيين الاميركان الثلاثة (J.Bardeen,L.Cooper&J.Schrieffer).في العام ١٩٥٧ ، والتي سميت باسمهم نظرية(BCS)،ان نظرية(BCS) وضحت التوصيلية الفائقة لبعض المواد في درجات حرارة قريبة من درجة حرارة الصفر المطلق، وانها افترضت ان الإلكترونات التي لها زخم وبرم معاكس ممكن ان تزدوج مكونة ازواجا تسمى ازواج كوبر (Cooper Pairs) وان هذه الازواج من الإلكترونات ممكن ان تسلك سلوكا مختلفا تماما عن الإلكترون المنفرد وان الازواج الإلكترونية ممكن ان تتجمع عند المستوى نفسه من الطاقة. ان الازواج الإلكترونية تمتلك تقريبا مستوى واطئا من الطاقة والتي تترك فجوة طاقة اقل من طاقة اي منهم وبحدود(١meV) والتي تمنع تفاعلات التصادم التي تسبب المقاومة الكهربائية العادية.. من جهة اخرى خمن كوبر وزملاؤه بان الإلكترونات في الحالة الطبيعية

للمادة التي عادة ما يتنافر أحدها مع الآخر يجب ان يظهر عليها تجاذب شديد في حالة الموصلات الفائقة. ووجدوا ان حل هذه المشكلة يكمن في الفونونات (هي عبارة عن رزم من الموجات الصوتية تحدث بشكل اهتزازات في الشبيكة البلورية) وعلى الرغم من ان هذه الاهتزازات الشبيكية لا يمكن سماعها الا ان دورها كوسيط مهم جدا ولا يمكن الاستغناء عنه. وطبقا للنظرية فان حركة الإلكترونات كشحنة سالبة في الشبيكة تكون بوساطة الايونات الموجبة في المواد فائقة التوصيل، وبالنتيجة فان الشبيكة سوف تضطرب . وهذا الاضطراب يسبب انبعاثا مستمرا للفونونات التي تشكل حوضا من الشحنات الموجبة تحيط بالإلكترونات، والشكل (٦) يوضح موجة اضطراب الشبيكة بسبب الانجذاب الى الالكترون المتحرك.



شكل(٦) تشكيل زوج كوبر و اضطراب الشبيكة عند حركته.

وقبل ان يمر الالكترون في الشبيكة وكذلك قبل ان يعود الى موضعه الطبيعي فان الكترونا ثانيا سوف ينسحب الى داخل الحوض وخلال هذه العملية بين الالكترونين والتي يجب فيها ان يتنافر الالكترونان مع بعضهما، فانهما يرتبطان بوساطة القوى التي مارستها الفونونات للتغلب على قوى التنافر الطبيعية بين الإلكترونات. وان هذه الازواج الإلكترونية تكون متماسكة مع بعضها ويعبرون خلال الموصل بصورة متناغمة. وان هذه الإلكترونات محجوب كل واحد منها عن الآخر بوساطة الفونونات ومفصولة عن بعضها بمسافة معينة. وعندما يظهر أحد الإلكترونات والذي يشكل زوجا يعبر قريبا من الايون في الشبيكة البلورية فان التجاذب بين الالكترون السالب والايون الموجب يسبب اهتزازا في الشبيكة للعبور من ايون الى ايون اخر حتى يمكن للإلكترون الآخر من الزوج امتصاص هذا الاهتزاز. ان صافي التأثير هو ان أحد الالكترونين يبعث فونونا والالكترون الآخر يمتص هذا الفونون. وهذا التبادل هو الذي يبقي على ازواج كوبر معا. وان ارتباط هذه الازواج من الإلكترونات يكون بوساطة طاقة ربط محددة فاذا كانت طاقة الربط هذه اكبر من الطاقة الناتجة من الضربات او الصدمات الناتجة عن تذبذب الذرات في الموصل(والتي هي في الحقيقة عند درجات الحرارة الواطئة)

فان هذه الازواج تبقى متواشجة معا وتقاوم كل الضربات، ولهذا فهي لا تعاني اي مقاومة **[3,8,11,14].**

انواع الموصلات الفائقة Types of Superconductors

هنالك ثلاثون نوعا من المعادن النقية التي تمتاز بانها في حالة تبريدها الى درجات حرارة واطئة فأنها تظهر مقاومية كهربائية مساوية للصفر، وكذلك تمتاز بخاصية مميزة اخرى وهي طردها للمجال المغناطيسي من داخلها عند تحولها من الحالة الطبيعية الى الحالة فائقة التوصيل(تأثير مازنر)، وهذه المعادن تسمى بالموصلات الفائقة من النوع الاول (Type-I Superconductors) أو بالموصلات الفائقة الرخوة(Soft-Superconductors) ،ان التوصيلية الفائقة توجد فقط عند درجات الحرارة الاقل من درجات الحرارة الحرجة وعندما يكون المجال المغناطيسي اقل قيمة من المجال المغناطيسي الحرج، وقد وصف النوع الاول من الموصلات الفائقة بصورة جيدة من قبل نظرية(BCS) والتي تعتمد على الازدواج الإلكتروني بوساطة تفاعل اهتزازات الشبيكة. وبينما نحن نتعلم لفهم ظاهرة التوصيلية الفائقة فان النوع الاول من الموصلات الفائقة تكون ذات فائدة عملية محدودة بسبب ان المجالات المغناطيسية الحرجة تكون صغيرة جدا والحالات فائقة التوصيل تختفي بصورة مفاجئة عند درجات الحرارة الحرجة.

وهناك النوع الثاني من الموصلات الفائقة تسمى بالموصلات الصلبة (Hard-Superconductors) والتي تبقي الحالات فائقة التوصيل عند درجات حرارة عالية ومجالات مغناطيسية عالية.**[15]** وقد ظهرت بانها تمتاز بمجالات حرجة اعلى بكثير وانها تستطيع حمل كثافات تيار عالية جدا بينما هي في الحالة فائقة التوصيل. وان الموصلات الفائقة من النوع الثاني بالإضافة الى كونها اشد صلابة ميكانيكيا من النوع الاول ولكنها تظهر مجالات مغناطيسية حرجة اعلى بكثير من تلك التي ممكن ان تظهر في النوع الاول مثل سبيكة(النيوبيوم-تيتانيوم)(NbTi) والتي تستعمل في بناء المغانط فائقة التوصيل ذات المجالات العالية.**[16].** ويمتاز النوع الثاني من الموصلات الفائقة بانه عبارة عن سبائك ومركبات ماعدا سبائك ومركبات النيوبيوم والفاناديوم**[5].**

ومن الجدير بالذكر انه من ممكن استعمال المعادلة الاتية لتحديد نوع الموصل الفائق هل هو من النوع الاول ام من النوع الثاني :

$$K = \frac{\lambda}{\xi}$$

حيث:K هو عامل يسمى عامل كينزينبرك-لانداو، فاذا كان($K<1/\sqrt{2}$) فان المادة هي موصل فائق من النوع الاول(Type-I).واذا كان($K>1/\sqrt{2}$) فان المادة هي موصل فائق من النوع الثاني(Type-II).**[5,17]**

والخلاصة فان النوع الاول يمتاز بالخواص الاتية:

١-ان طول التشاكه(ξ) الذي هو خاصية لحجم دالة الموجة للزوج الالكتروني هو اطول من عمق الاختراق(λ).

٢-ان معامل كينزينبيرك-لانداو هو($K<1/\sqrt{2}$).

٣- يظهر استجابة تامة لتأثير مازنر.

٤- توجد له قيمة مجال مغناطيسي حرجة واحدة هي(H_c)وتكون واطئة جدا بحدود($0.1T$).

٥- لقيمة اقل من (H_c) فان المادة تكون فائقة التوصيل واعلى منها تكون المادة في حالتها الطبيعية. **[18,19,20,21]**

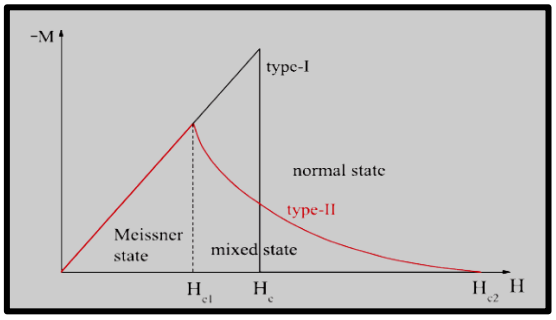
اما بالنسبة للنوع الثاني فانه يمتاز بالخواص الاتية:

١- ان طول التشاكه(ξ) يكون اقل من عمق الاختراق(λ) .

٢- ان معامل كينزينبيرك-لانداو هو ($K>1/\sqrt{2}$).

٣- لايظهر استجابة كاملة لتأثير مازنر.

٤- توجد له قيمتان للمجالات المغناطيسية الحرجة هما(H_{c1},H_{c2}) وتكون قيمة(H_{c1})اقل من قيمة (H_{c2}) وممكن ان تصل قيمة المجال الحرج في النوع الثاني بحدود(١٠٠) مرة اكبر من المجال الحرج في النوع الاول.وقد لوحظ ان قيمة (H_{c2}) وصلت الى اكثر من($30T$) **[12,22,23]**،والشكل(٧).يظهر منحني التمغنط للموصلات الفائقة بنوعيها الاول والثاني.



شكل(٧)منحني التمغنط للموصلات الفائقة النوع الاول والنوع الثاني.

التطبيقات التكنولوجية للمواد فائقة التوصيل : Superconducting application

ومن اهم الاستخدامات والتطبيقات لظاهرة التوصيل الفائق هي:

١- الاسلاك الناقلة التي تحمل الكهرباء من محطات التوليد الى المحطات الفرعية، وبما انه تلك الاسلاك مصنوعة من مادة فائقة التوصيل فان هذا يعني انه لا توجد مقاومة كهربائية للتيار الكهربائي لذلك لا يوجد ضياع بالطاقة**[24]**. وبالتالي فان المولدات المصنوعة من اسلاك فائقة التوصيل تكون اكثر كفاءة من المولدات المصنوعة من اسلاك النحاس، وفي الحقيقة هناك مولدات ذات كفاءة(٩٩%) وحجمها نحو نصف حجم المولدات التقليدية.**[25]**

٣- الطفو المغناطيسي،حيث ان المركبات الناقلة مثل القطارات يمكن ان تصنع للطفو فوق مغانط فائقة التوصيل قوية، ويفسر عمليا بإزالة الاحتكاك بين القطار والسكة. **[26]**

٤- في الصناعة الإلكترونية، هناك مرشحات عالية الأداء جداً تُبْنَى الآن من سلكِ فائق التوصيل لَه مقاومةِ كهربائية قريبة من الصفر حتى في التذبذبات العالية، ترجم هذا الى تمرير الترددات المرغوبة وغلق الترددات غير المرغوبة كما في انظمة الهواتف الخلوية.

٥- جهاز سكويد (التداخل الكمي فائق التوصيل(Superconducting Quantum Interference Devices) ($SQUID_S$) : يتركب جهاز سكويد لقياس شدة التمغنط من حلقة من الموصل الفائق مكونة من وصلتين من المواد فائقة التوصيل تسمي وصلات جوزيف صن . يتمكن جهاز سكويد من رصد التغير في الفيض المغناطيسي في ضوء الجهد المتردد الناتج أثر التغير في الطور بين أزواج كوبر عبر الوصلتين. ويتميز 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 على 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. وكذلك استخدام كاشف السكويد في التطبيقات العسكرية للكشف عن أدق الأعطال المتمثلة في الشقوق والشروخ في أجسام الطائرات العسكرية والمدنية على حد سواء، ومن التطبيقات الاخرى لكواشف السكويد في الدراسات الجيولوجية والدراسات المتعلقة بالنفط والكشف عنه.**[27,28]**

أسئلة:

س١//اختر الإجابة الصحيحة لكل من العبارات التالية:

١.في ظاهرة التوصيلية الكهربائية الفائقة في المواد فان التوصيلية الكهربائية تصبح:

a)صفر. B)ذات قيمة محددة. C)مالانهاية. D)ولاواحدة منها.

٢.في التوصيلية الكهربائية الفائقة، المقاومة الكهربائية للمواد تصبح:

a)صفر. B)ذات قيمة محددة. C)مالانهاية. D)ولاواحدة منها.

٣.درجة حرارة المادة التي تصبح فيها التوصيلية الكهربائية للمادة ما لانهاية تسمى:

A) درجة الحرارة الحرجة. B)درجة الحرارة المطلقة.

C)متوسط درجة الحرارة. D)درجة حرارة التبلور.

٤.ان الموصلات فائقة التوصيل الكهربائي تكون في طبيعتها مواد:

A)دايامغناطيسية تامة. B)بارامغناطيسية. C)فيرومغناطيسية. D) فري مغناطيسية.

٥.اي من الاتي تعتبر من خواص الموصلات الفائقة:

A)هي مواد ذات طبيعة دايا مغناطيسية. B) تكون مقاوميتها الكهربائية صفر.

C)تكون توصيليتها الكهربائية مالانهاية. D) كل ماسبق.

٦. اقل كمية للتيار المار خلال الموصل فائق التوصيل الكهربائي والتي تعمل على الغاء توصيليته الفائق تسمى:

a)التيار المحتث. B)التيار الحرج. c) التيار الدوامي. D)تيار هول.

٧.الطاقة اللازمة لكسر زوج كوبر هي--------من طاقة الفجوة

A)نصف. B) تساوي. C)ضعف. D)ثلاث مرات.

٨.طاقة الربط لزوج كوبر هي:

A) 10^{-2}ev . B) 10^{-4}ev . C) 10^{-6}ev . D) 10^{-8}ev .

٩.هناك ثلاث مفاهيم للطول تدخل ضمن نظرية التوصيلية الفائقة ماعدا:

A)عمق الاختراق. B)طول التشاكه النقي.

C)معدل طول الحر الطبيعي للالكترون. D)معدل المسار الحر.

١٠.خطوط المجال المغناطيسي لا تستطيع اختراق الموصل الفائق التوصيل الكهربائي هذه الظاهرة تسمى:

A)تاثير النظير. B)نظرية BCS . C)تاثير مازنر. D)نظرية لندن.

س٢//ماهي القواعد المفضلة في أختيار العناصر لحدوث ظاهرة التوصيلية الكهربائية الفائقة؟

س٣//ماهي خواص المواد فائقة التوصيل الكهربائي؟موضحا ذلك من خلال رسم المخطط الطوري للعلاقة بينهما؟

س٤//ميز بواسطة الرسم بين سلوك المقاومية الكهربائية للمادة الطبيعية وسلوك المقاومية للمادة فائقة التوصيل الكهربائي؟

س٥//ماهو تأثير مازنر موضحا ذلك بالرسم؟

س٦// قيمة الأنتروبي في المواد فائقة التوصيل الكهربائي تساوي صفر.علل ذلك؟

س٧//كيف تتشكل أزواج كوبر في المادة فائقة التوصيل الكهربائي؟

س٨//عرف كل من :(١)عمق الأختراق (٢)طول التشاكه؟

س٩//ما هو العامل الذي يحدد نوع الموصل الفائق التوصيل الكهربائي؟ وضح ذلك؟

س١٠//قارن بين النوع الأول والنوع الثاني في المواد فائقة التوصيل الكهربائي؟

س١١//تفضل السلاك فائقة التوصيل الكهربائي على الاسلاك الاعتيادية (الالمنيوم والنحاس) في نقل التيار الكهربائي؟ علل ذلك؟

مسائل //

س١//مادة بارامغناطيسية تمتلك مجال مغناطيسي شدته($10^4\ Am^{-1}$).اذا كانت التاثرية المغناطيسية للمادة عند درجة حرارة الغرفة هي ($3.5x10^{-5}$) زأحسب التمغنطية للمادة وكثافة الفيض المغناطيسية في المادة؟

س٢//ملف حلزوني فائق التوصيل صمم ليعطي كثافة فيض مقدارها(10T)

١- اذا كان عدد اللفات هو (2000turn/m). ما هو التيار اللازم لتوليد كثافة الفيض له؟

٢- ماهي مقدار القوة التي يبذلها المجال المغناطيسي داخل الملف لكل متر منه؟

س٣// مادة مغناطيسية تمتلك تمغنطية مقدارها$A.m^{-1)}$ 2300) وتنتج كثافة فيض مغناطيسي($0.00314\ wb.m^{-1}$) .أحسب شدة المجال المغناطيسي التي تؤثر بها والنفاذية النسبية للمادة؟

س٤// برهن ان (X=−1)،(μ_r=0) للمواد فائقة التوصيل الكهربائي؟

س٥// اذا كانت درجة حرارة الانتقال للحالة فائقة التوصيل للرصاص هي(7.26K) وان المجال المغناطيسي عند درجة حرارة (0k)هي ($64x10^3\ A.m^{-1}$)،احسب المجال الحرج عند درجة حرارة (15k)؟

س٦//سلط مجال مغناطيسي شدته($2000\ A.m^{-1}$)على مادة تأثريتها المغناطيسية(1000) أحسب ١- التمغنطية ٢- كثافة الفيض المغناطيسي؟

س٧//أثبت رياضيا ان ($\mu_r=\chi+1$)؟

الأسئلة الأثرائية:

س١//للمادة فائقة التوصيل الكهربائي ماهي قيمة كل من (المقاومية الكهربائية ،المجال المغناطيسي الداخلي،التأثرية المغناطيسية)؟

س٢//ابحث علميا عن مفهوم الأنتروبي؟

س٣//ارسم مخطط بياني واحد يبين سلوك المقاومية الكهربائية كدالة لدرجة الحرارة لكل من(المواد الموصلة،المواد العازلة،المواد شبه الموصلة،المواد فائقة التوصيل)للكهربائية؟

س٤//هل من الممكن استخدام الثلج الاعتيادي للتبريد في المواد فائقة التوصيل الكهربائي؟فكر؟

س٥//ماذا يحصل للمادة فائقة التوصيل الكهربائي عندما تكون درجة حرارتها مساوية لدرجة الحرارة الحرجة؟فكر؟

س٦//متى يعمل قانون لنز ومتى يعمل قانون فراداي في المواد فائقة التوصيل الكهربائي؟

س٧//ماهو أثر التبريد على المادة والتي من الممكن ان يجعل مقاوميتها الكهربائية تساوي صفر؟فكر

س٨//ماهي المديات لدرجة الحرارة المطلقة للحصول على مادة فائقة التوصيل الكهربائي؟؟

س٩//ماهي الفائدة الأهم والاكثر شمولية للمواد فائقة التوصيل الكهربائي؟ فكر

س١٠//مادتان فائقتا التوصيل الكهربائي كان طول التشاكه لكل منهما ($10^{-2}cm, 10^{-3}cm$) على التوالي وعمق الاختراق لهما يساوي (30nm,40nm)على التوالي. أيهما من النوع الأول وايهما من النوع الثاني؟

المصادر:

- ابو الفتوح، رضوان وآخرون ،بد ت،الكتاب المدرسي ، فلسفته ،تاريخه ، أسس تقويمه ، دار المسيرة للنشر ، عمان الأردن
- الرحمان الهاشمي ، محسن علي عطية ،٢٠١١، تحليل مضمون المناهج الدراسية ، دار صفاء للنشر والتوزيع، الأردن ،ط١ ، ص٧٩.
- لجنة التعلم قبل المرحلة الجامعية في الرياضيات والعلوم والتقنية : تعلم المواطن الامريكي من اجل المستقبل مقتضيات القرن الحادي والعشرين ، ترجمة مكتب التربية العربي لدول الخليج ، الرياض ، ١٩٨٧ .
- ابو عميرة ،محبات ١٩٩٥ "فعالية برنامج مقترح لتنمية مهارات حل المسائل الرياضية " ، الجمعية المصرية للتربية، القاهرة.
- (عفانه ٢٠٠٠) (عفانه ،عزو : "فعالية برنامج مقترح لتنمية حل المسائل" ، الجمعية المصرية للتربية، القاهرة
- الناقة ، محمود كامل ورشدي احمد طعيمه ١٩٨٣،الكتاب الاساسي لتعليم اللغة للناطقين بلغات اخرى ،جامعه ام القرى ،مكة المكرمة
- حسين، حيدر صاحي،٢٠١٧. (تحضير ودراسة تأثير إضافة كل من(In و La)على المركب فائق التوصيل($Bi_{2-x}In_xSr_2Ca_2Cu_{3-y}La_yO_{10+\delta}$)،أطروحة دكتوراه ،جامعة بغداد.
- دياب ،سهيل رزق ، ٢٠٠٤ ، "اعداد وحده دراسية مقترحة لتعليم المنطق لطلبة الصف الخامس العلمي وقياس اثرها على تحصيلهم في الرياضيات" ، مجلة الجامعة الاسلامية (سلسلة دراسات انسانية) ،المجلد١٢ ، العدد٢،حزيران .غزة
- قنديل ،علي حسن عبد القادر٢٠١٣ ، بناء وحدة في التربية الامنية لمنهاج التربية الاسلامية لدى طلبة الحادي عشر واثرها على التحصيل واتجاه الطلبة نحوها. ، رسالة ماجستير غير منشورة ،الجامعة الاسلامية –غزة
- الواحدة ،ربيعه ٢٠٠٩، تصميم وحدة دراسية لمهارة القراءة في ضوء المنهج الدراسي ،رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مولانا مالك ابراهيم الاسلامية ،إندونيسيا.

- سمك يحيى محمد يحي ،٢٠١٣ ، تصميم وحدة تدريسية مقترحة لاستخدام التعليم المبرمج بالحاسوب في تدريس مادة الفيزياء لطلاب الصف الثاني من المرحلة الثانوية بالجمهورية اليمنية وأثرها في التحصيل الدراسي للطلاب ، رسالة ماجستير غير منشورة ،جامعة السودان للعلوم والتكنولوجي، الخرطوم.
- راتب قاسم عاشور،وعبد الرحيم عوض أبو الهجاء ،٢٠٠٣،المنهج بين النظرية والتطبيق ، دار المسيرة ،عمان ، الطبعة ٦،ص ٢٨٢.

المصادر(References)

[1] H.Kamerlingh Onnes; Commun. Phys.Lab.Univ. Leiden, 120b (1911)3.
[2] N. B. Kopnin "Introduction to The Theory of Superconductivity" Helsinki University of Technology, (2009), P 5.
[3]C. Kittel, "Introduction to solid state physics", 4th ed, John Wiley and sons, (1971).
[٤] د. مؤيد جبرائيل يوسف "فيزياء الحالة الصلبة"، ج٢، مطابع وزارة التعليم العالي،(١٩٨٩).
[5]A.Maqsood and M.Maqsood."proceeding of the international workshop held at Rajshahi university", Bangladesh, edited by AKMA Islam,28 Oct-1Nov.(1996).
[6]R.S. Liu, J.M. Liang, S.F. Wu, Y.T.Huang and P.T.Wu: Physica C 159, (1981) , 385-390.
[7] W.Meissner, and R.Ochsenfeld; Naturwiessenchaften, 21(1933) 787.
[8]J. C. Phillips ''Physics of High-Tc Superconductors'' Printed in the U.S.A. (1992).
[9]M.A. Omar, "Elementary solid state physics", 5th ed., Addision-Wesley , (1993).
[10]J. W. Halley,"Theories of High Temperature Superconductivity" Addison-Wesley, (1988).
[11]J.Bardeen ,L.N. Cooper, and J.R.Schrieffer,"Theory of Superconductivity" , Phys. Rev, Vol.108 , N. 5, (1957) , p1175 .
[12]C.S.Waing," Electronic structure , Lattice Dynamics and magnetic Interations in High temperature Superconductivity ", W.Lynn , springer , (1990).
[13]V.Z.kresin and S.A .Wolf , " Fundamentals of Superconductivity " , plenum press, (1992) , pp 22 - 24.
[14] J. C. Philips" Physics of high Tc superconductor", Ch 1 united states of America AT and T Bell laboratories Murray H.11, New Jersey (1998).
[15]J. S. Blakemore "Solid state physics " Ch 3, W.B. Saunders Company . Philadelphia. London. Toronto ((1970).
[16]A.C.Rose,Innes and E.H.Rhoderick, "Introduction to superconductivity", Pergamon Press, (1978).
[17]V.Z.Kresin and S.A.Wolf, "Fundamentals of Superconductivity", Plenum Presses, New York, (1990).
[18]S.O.Pillia , " Solid state physics " , Revised and Enlarged Edition ,(1995) .

[19]L.Solymar and D.walsh,“ Electrical Properties of Materials ”, Oxford University Press, (1998).
[20]M.A.Omer; Elementary Solid State Physic (Superconductivity Ch.10) Addison-Wesley (1974).
[21]W.Rainer, " High Temperature Superconductor " , materials properties and Application " , Kluwer Academic publishers , New York , (1998) .
[22]R.Murugeshan and Kiruthiga Sivaprasath , " Modern physics ", (2010) , pp 569 - 570.
[23]Andrei Moura Chkine " Room - Temperature superconductivity " Cambridge international science publishing ,(2004) pp 32 -33.
[24]G.Y.Hermiz, B.A.Aljurani, H.A.Thabit, Journal of superconductivity and Novel Magnetism Vol.25,No.6 (2012)1629-1634.
[25]K.Aka, M. Saito,M.Ito, K. Nakan and Heromiunoki “ Advances in superconductivity” Kitazawa, Ishigguro{EDS}Aug. (1988),p225 -227.
[26]M. R. Beasley “ Advances in superconductivity” Kitazawa, Ishiguro (EDS) 3- 15 (1988).
[27] Oka-Ridge ,National Laboratory.Oran Facilities and Equipment for use in High-Temperature Superconductivity Research and Development (2004).
[28]S. A. Sunshine, T. Siegrist, L.F. Schneemeyer, D. W. Murphy, R.J. Cava: Phys. Rev. B, V.38 (1988) , P893.