وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعه بابل

كُلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

(المـواد فائقة التوصيل)

بحث تخرج مُقدم إلى مجلس كُليه التربية للعلوم الصرفة كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس

من قِبل الطالبه: فاطمه مازن عبد الكريم عبود

بإشراف الدكتور: علي عبيس محسن

1444هـ

2023م

((بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ))

(اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (1) خَلَقَ الإِنسَانَ مِنْ عَلَقٍ (2) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الأَكْرَمُ (3) الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (4) عَلَّمَ الإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (5))

صدق الله العلي العظيم

((سورة العلق))

شُكر وتقدير

"الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا وشفيعُنا يوم الدين محمَّد صلى الله عليه وعلى آل بيته الاطهار وأصحابه المُنتجبين ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد ..

فإني أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضله، فله الحمد أولاً وآخرًا. وأشكر من هم الاساس في بلوغي هدفي اهلي وسندي ابي وأمي من لهم الفضل الكبير في تربيتي اولاً وتعليمي ثانياً واعزائي اخوتي الذين كانوا سنداً كبيراً لي في تغربِ والدي

ثم أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يدَ المساعدة، خلال هذه الفترة التي نتج عنها ما انا عليه الآن من شخص مُتعلم من مُعلمين واساتذة فلهم الفضل الكبير في نجاحي ووصولي الى هذا المستوى من العِلم واخص بالذكر مُشرف البحث الاستاذ الدكتور علي عبيس

كما أشكر القائمين على جامعة بابل من اساتذة وفُضلاء جزاهم الله خير الجزاء وأوفاه

وفق الله الجميع لكل خير والحمد لله ربِ العالمين

الأهداء

مرَّت قاطرة البحث بكثير من العوائق، ومع ذلك حاولت أن أتخطَّاها بثبات بفضل من الله ومنِّه.

إلى أبويَّ وأخوتي وأصدقائي، فلقد كانوا بمثابة العضد والسند في سبيل استكمال البحث

ولا ينبغي أن أنسى أساتذتي ممن كان لهم الدور الأكبر في مُساندتي

ومدِّي بالمعلومات القيِّمة...

أُهدي لكم بحث تخرُّجي.....

داعيًا المولى – عزَّ وجلَّ – أن يُطيل في أعماركم، ويرزقكم بالخيرات.

{ الخُلاصة }

في هذا البحث المفصل نتناول موضوع المواد الفائقه التوصيل من خلال استعراض لتاريخ الموصلات القديم والحديث ومعرفه الاطوار التي مرت بها المواد الفائقه حتى وصلت ماهي عليه اليوم وكذلك استعراض دراسات سابقه فيها وكذلك معرفه انواعها التي تكون على عدة انواع تتبع التقسيم درجه حرارة المواد ومجالها الحرج وكذلك دراسة خصائصها من مقاومة وتغير الطور وكذلك من خلال تأثير مايسنر ومعرفه مميزات المواد الفائقه التي ابرزها هي خسائرها الضئيلة في الطاقة على عكس المواد العادية والميزة الثانية هي عملها في درجات حرارة عالية وبعدها نستعرض النظريات والظواهر التي في هذا الصدد ومنها نظريه.BCSالتي توضح انتقال التيار في الموصلات يتم عن طريق الالكترونات الحرة ومصدر المقاومة فيها هو تصادم الالكترونات مع الالكترونات او الايونات والذرات في الشبيكة في النظام وظاهرة الطفو التي تشكل اساسا في الخيال العلمي وكذلك ظاهرة التعليق المغناطيسي النى يتم من خلالها تعليق الاشياء من خلال المجال المغناطيسي وظاهرة او وصلات جوزيف صن التي يُستفاد منها في عمل الدوائر الالكترونية السريعة وظاهرة التكميم المغناطيسي وظاهرة مايسنر وبعدها نبين مميزات هذه المواد على انها رخيصة الثمن وسهله التحضير وغيرها من المميزات وبعدها نستعرض فوائد هذه المواد الفائقه وبعدها التطبيقات العملية في عدة جوانب منها الموصلات وعجلات الطاقة وفي التطبيقات العسكرية والطبية

وهذا هو مُلخص عام عن البحث الموجود ومن الله التوفيق والسداد

جدول المُحتويات

الفصل الاول. 6

1-1مُقدمة. 7

1_ 2 تاريخ المواد فائقة التوصيل. 8

1-3دراسات سابقه. 9

1–4 التوصيل الفائق. 10

1–5 الخصائص الاولية للمواد فائقة التوصيل. 10

1–6تفسير حالة وجود الناقلية الفائقة. 14

1–7 انواع الموصلات الفائقة. 16

1–8 مزايا المواد فائقة التوصيل. 17

الفصل الثاني. 19

نظريات وظواهر في المواد الفائقة التوصيل. 20

2–1نظرية BCS. 21

2–2 ظاهرة الطفو 24

2–3 ظاهرة التعليق المغناطيسي. 28

2–4 ظاهرة او وصلات جوزيف صن. 31

٢–5 ظاهرة التكميم المغناطيسي. 31

2–6 ظاهرة مايسنر. 33

الفصل الثالث. 34

3–1 اهمية خاصة المواد فائقة التوصيل. 35

3–2 فوائد المواد الفائقة. 35

3–3 استخدامات المواد الفائقة. 38

3–4 تطبيقات المواد الفائقة. 39

المصادر. 41

الفصل الأول

The chapter 1

1-1 المُقدمه:

في الفيزياء تُقسم بعض المواد من حيث موصليتها الى مواد موصله وأخرى غير موصله ففي بعض المواد عند تبريدها إلى درجات حرارة منخفضة جدا تقترب من الصفر المطلق (صفر كلفن)، حيث تسمح الموصلات الفائقة بمرور الكهرباء خلالها دون أي مقاومة كهربائية تقريباً

عادة تنخفض المقاومة الكهربائية للموصلات المعدنية تدريجيا مع انخفاض درجة الحرارة، وفي حالة الموصلات العادية كالنحاس أو الفضة فإن الشوائب الموجودة في المادة تمنع الوصول إلى حد أدنى من المقاومة في درجات الحرارة المنخفضة. ولذلك فعند الاقتراب إلى درجة حرارة تقارب درجة الصفر المطلق فإن عينة من النحاس مثلا لا يمكن أن توصل لدرجة ممانعة (مقاومة) تساوي الصفر. أما في حالة الموصلات الفائقة فإن الممانعة تنخفض على نحو مفاجئ إلى الصفر عندما يتم تبريد المادة إلى درجة حرارة أقل من الدرجة الحرجة لهذه المادة، غالبا 20 كلفن أو أقل.

ففي حالة التوصيل المطلق يمكن لتيار كهربائي يمر في حلقة من مادة فائقة التوصيل أن يستمر في السريان إلى وقت غير محدود وبدون وجود مصدر للطاقة بعد إعطاء الدفعة الأولى. وظاهرة التوصيل الفائق ظاهرة تفسرها ميكانيكا الكم، ولا يمكن فهمها على أساس أنها تجسيد لظاهرة الموصل المثالي ضمن إطار الميكانيكا الكلاسيكية.

وتحدث حالة التوصيل الفائق في تشكيلة واسعة من المواد مثل: المعادن الخفيفة كالقصدير والألمنيوم، والسيراميك والسبائك الثقيلة، وبعض أشباه الموصلات، ولكن لا يمكن صنع موصلات فائقة من المعادن النبيلة كالذهب والفضة، ولا من المعادن ذات مغناطيسية حديدية.

1_2 تاريخ المواد فائقة التوصيل:

يعود اكتشاف حالة الموصلية الفائقة إلى عالم الفيزياء الهولندي «كامرلنغ أونس-Kamerlingh Onnes» عام 1911. كان أونس يدرس الخصائص الكهربائية لمادة الزئبق في مختبره في «جامعة ليدن-Leiden university» في هولندا. واكتشف أن المقاومة الكهربائية للزئبق تتلاشى كليًا عند تبريده بشكل الكبير، لحوالي 4.2 درجة مئوية فقط فوق الصفر المطلق*. وليتأكد من نتيجته؛ طبق أونس تيارًا كهربائيًا على عينة من الزئبق المبرد، ثم فصل منبع التيار. استمر جريان التيار في الزئبق دون أي ضياع، مما أكد انعدام المقاومة الكهربائية، وفتح لنا أبوابًا واسعة من تطبيقات الموصلية الفائقة.

الصفر المطلق-Absolute zero»: هو أقل درجة حرارة يمكن الوصول لها وتساوي -273.15 درجة مئوية.

أمضى الباحثون عقودًا من الزمن يبحثون في طبيعة الموصلية الفائقة وما يسببها. فوجدوا أن عدة مواد (ليس كلها) تكتسب خاصية الموصلية الفائقة عند تبريدها إلى درجة حرارة معينة. توسع فهمنا للموصلات الفائقة مع اكتشاف الفيزيائيين «والتر ميسنر-Walther Meissner» و «روبرت أوكسنفلد- Robert Ochsenfeld» أنها "تطرد" الحقول المغناطيسية قريبة. مما يعني أنها تمنع الحقول الضعيفة من التوغل فيها. وقد سميت هذه الظاهرة «تأثير ميسنر- Meissner effect» عام 1933.

ثم عام 1950 نشر عالما الفيزياء النظرية «ليف لانداو-Lev Landau» و «فيتالي جينزبرغ-Vitaly Ginzburg» أول نظرية ناقشت كيفية عمل الموصلات الفائقة. نجحت نظريتهما في توقع خصائص الموصلات الفائقة. ولكنها درستها على المقياس الكبير، وأهملت ما يحدث على المستويات دون الذرية

وأخيرًا؛ طور الفيزيائيون «جون باردين-John Bardeen» و «ليون كوبر-Leon Cooper» و «روبرت شريفر-Robert Schrieffer» نظرية BCS المتكاملة عن الموصلية الفائقة عام 1957 [13] [17]

1_3 دراسات سابقه:

في مطلع القرن العشرين طور فيزيائيون تقنية جديدة لتبريد المواد إلى درجة حرارة قريبة من الصفر المطلق (oC273-) وبدأت عملية اكتشاف خواص المواد وقدرتها على توصيل الكهرباء في مثل هذه الظروف الحرجة. في بعض العناصر مثل الزئبق والرصاص لاحظ العلماء شيئا مدهش فائقة ا وهو انه عند درجة حرارة معينة تصبح موصلية هذه المواد للكهرباء بدون اي مقاومة تذكر. بعد هذا الاكتشاف بعشرات السنوات تبين هناك خصائص مماثلة لآلاف المركبات من السيراميك وحتى انابيب الكربون النانوية.

اطلق على هذه الحالة من المادة باسم المواد التوصيل ، توصل المواد فائقة التوصيل التيار الكهربي بدون اي مقاومة واجريت تجارب للتحقق من ذلك وتبين ان سلك من مادة فائقة التوصيل على شكل حلقة استمر مرور التيار الكهربي فيها لفترة كبيرة جدا ويتوقع ان يستمر التيار إلى مليارات السنوات بدون اي فقد.

تسلك الكترونات المواد فائقة التوصيل على المقياس الميكروسكوبي سلوكا مختلفا تماما عن سلوكها في المواد المعدنية الموصلة. تتزاوج الالكترونات في الموصلات فائقة التوصيل مع بعضها البعض مما يسمح لها بالحركة بسهولة في المادة. هذا الامر يشبه نوعا ما طريق او مسار الركاب في الطرق السريعة. الالكترونات المنفردة تعاني من مقاومة عالية بسبب تصادماتها المستمرة مع انوية الذرات مما يجعل حركتها داخل المادة محاطة بالتصادمات الكثيرة ولكن في حالة الالكترونات المتزاوجة يكون لها مسار خاص داخل المادة بدون ان تعاني من تصادمات مع انوية الذرات.

هناك "بحث جديد بدأ من جامعة كلفورنيا الجنوبية تجاه تحسين فهمنا حول كيف تنشأ الموصلية الفائقة superconductivity. وبدلا من دراسة الموصلية الفائقة في المادة بالكامل مثل الاسلاك تمكن فريق البحث من عزل بعض ذرات الالومنيوم ودراستها بشكل منفرد. هذه المجموعة من الذرات يمكن ان تلعب دور الذرة الفائقة وتشارك الكتروناتها بطريقة تحاكي ذرة كبيرة.

من النتائج المدهشة التي توصلوا لها هو ان هذه المجموعات من الذرات كشفت عن وجود تزاوج الكتروني عند درجة حرارة 100 كلفن اي ما يعادل 173 درجة تحت الصفر. وهذه درجة حرارة منخفضة جدا بالطبع لكنها اكبر بـ ١٠٠ مرة من درجة الحرارة المطلوبة لسلك من الالومنيوم ليصبح موصلا فائقا. ومن هنا يطرح السؤال نفسه وهو لماذا مجموعة من الذرات تصبح موصلة فائقة عند درجة حرارة

اعلى من درجة الحرارة اللازمة لملاين الذرات في السلك؟ لدى الفيزيائيون بعض الافكار لكن الظاهرة لا تزال غامضة ومن يدري ربما في المستقبل نحصل على مواد فائقة التوصيل عند درجات حرارة اعلى."[17]

..

1_4 "التوصيل الفائق Superconductivity:

هي ظاهرة تحدث في بعض المواد عند تبريدها لدرجات حرارة منخفضة جدا، حيث تسمح الموصلات الفائقة بمرور الكهرباء خلالها دون أي مقاومة كهربية."

"الموصلية الفائقة

هي عملية توصيل الحرارة بوساطة بعض الفلزات والسبائك والخزف دون مقاومة. ويحدث التوصيل الفائق في الفلزات والسبائك في درجة حرارة قريبة من الصفر المطلق وهي -273,15°م. ويُصبح كل من الرصاص والزئبق والصفيح فائق التوصيل في هذه الدرجة. وتصبح بعض أنواع الخزف مُوَصِّلات فائقة عند درجة حرارة قد تصل إلى -138°م. انظر: الصفر المطلق"[1]

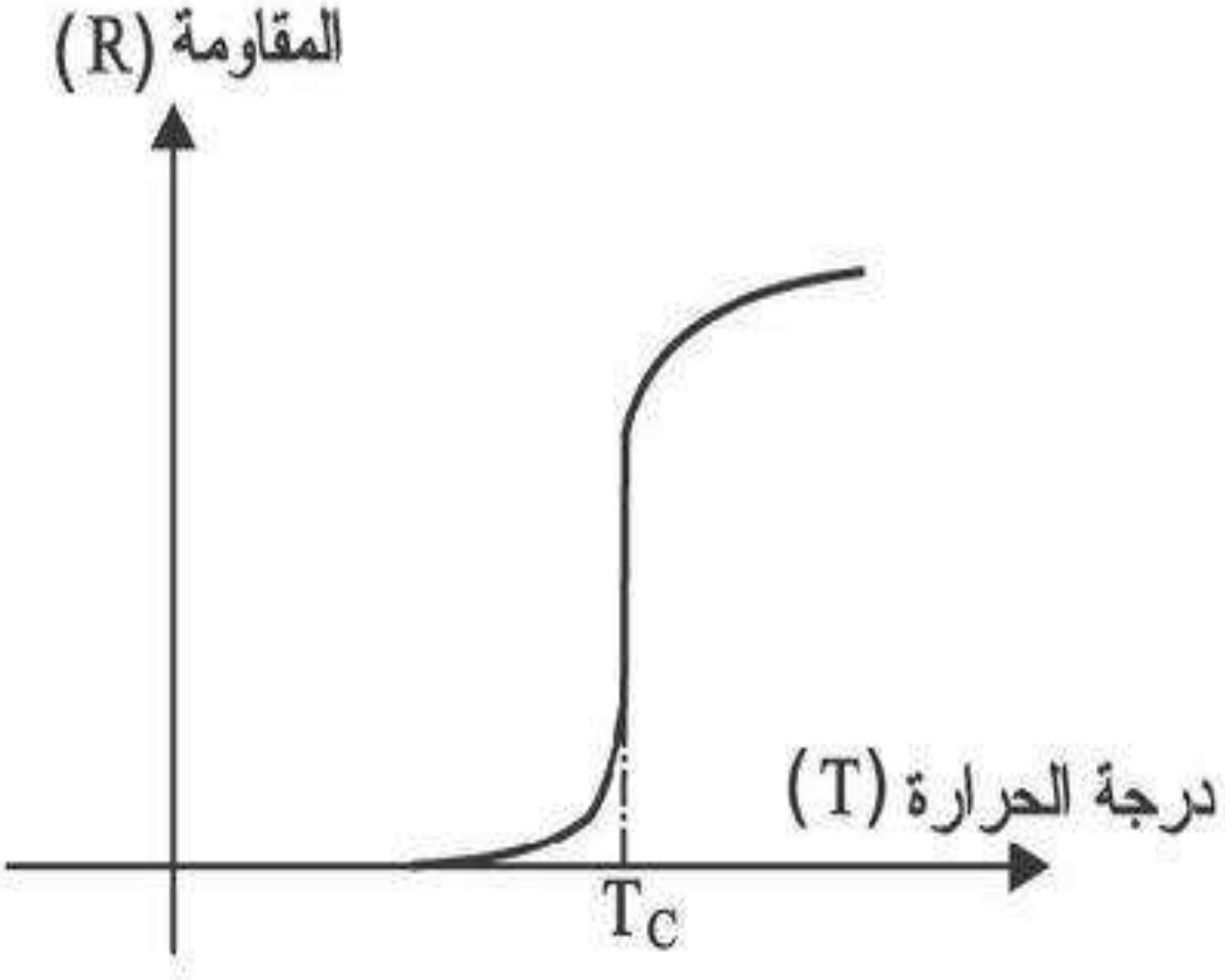
1_5. الخصائص الاولية للموصلات الفائقه

اولاً: المقاومة الكهربائية الصفرية للتيار المستمر:

"إن المقاومة الكهربية للموصلات المعدنية تنخفض تدريجيا مع انخفاض درجة الحرارة، وفي حالة الموصلات العادية كالنحاس أو الفضة فإن الشوائب الموجودة في المادة تساعد على الوصول لحد أدنى من المقاومة على درجات الحرارة المنخفضة ولكن حتى على ما يقارب درجة الصفر المطلق فإن عينة من النحاس مثلا لا يمكن أن تتوصل لدرجة ممانعة تساوي الصفر. أما في حالة الموصلات الفائقة فإن الممانعة تنخفض على نحو مفاجيء إلى الصفر عندما يتم تبريد المادة إلى درجة حرارة أقل من الدرجة الحرجة لهذه المادة، غالبا 20 كلفن أو أقل.

ففي حالة التوصيل المطلق يمكن لتيار كهربائي يمر في حلقة من مادة فائقة التوصيل أن يستمر في السريان إلى وقت نحو غير محدود وبدون وجود مصدر للطاقة. وتعد ظاهرة التوصيل الفائق ظاهرة ميكانيكا كمية ولا يمكن فهما على أساس أنها تجسيد لظاهرة الموصل المثالي ضمن إطار الميكانيكا الكلاسيكية.

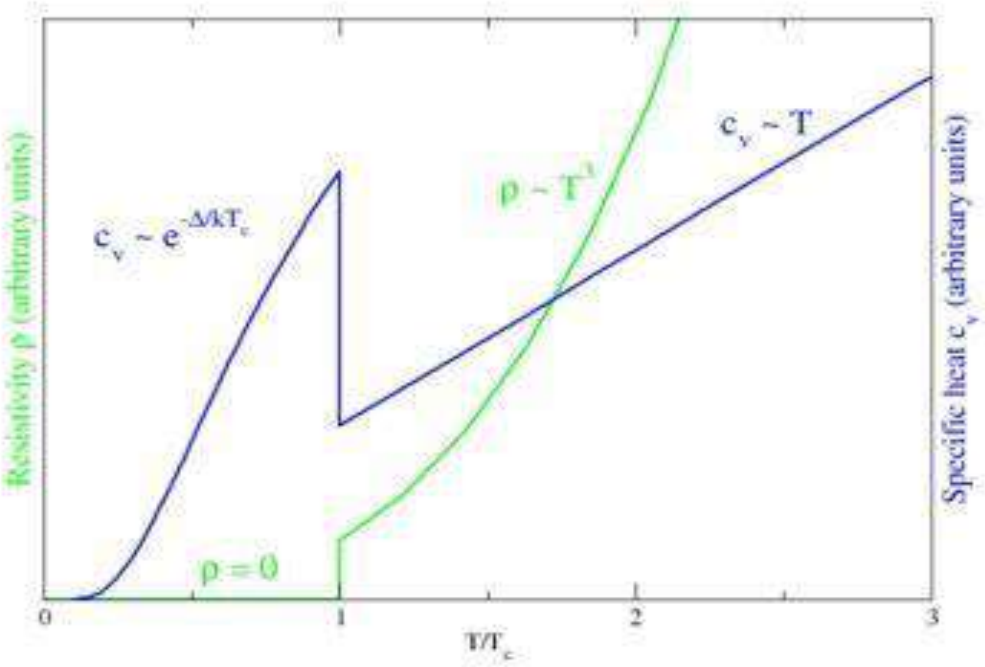
وتحدث حالة التوصيل الفائق في تشكيلة واسعة من المواد مثل: المواد الخفيفة كالقصدير والألمنيوم، والسيراميك والسبائك الثقيلة، وبعض أشباه الموصلات ولكن لا يمكن صنع موصلات فائقة من المعادن النبيلة كالذهب والفضة، ولا من المعادن الفرومفناطيسية."[1]



مُخطط يُوضح

"انعدام المقاومة الكهربائية لمادة ذات ناقلية فائقة ا عند انخفاض درجة حرارتها تحت درجة الحرارة الحرجة Tc."

ثانياً: تغير اطوار الموصلية الفائقة:



"سلوك السعة الحرارية (cv، زرقاء) والمقاومة (،ρخضراء)

عند تغير الطور فائق التوصيل"

اي تزداد السعة الحرارية بزيادة المقاومة عند تغير الطور فائق التوصيل

ثالثاً: تأثير مايسنر $\nabla^2 \mathbf{H} = \lambda^{-2} \mathbf{H}$

حيث H هي المجال المغناطيسي و λهو عمق اختراق لندن.

هذه المعادلة، المعروفة بإسم معادلة لندن، تتوقع المجال المغناطسي في موصل فائق"[17]

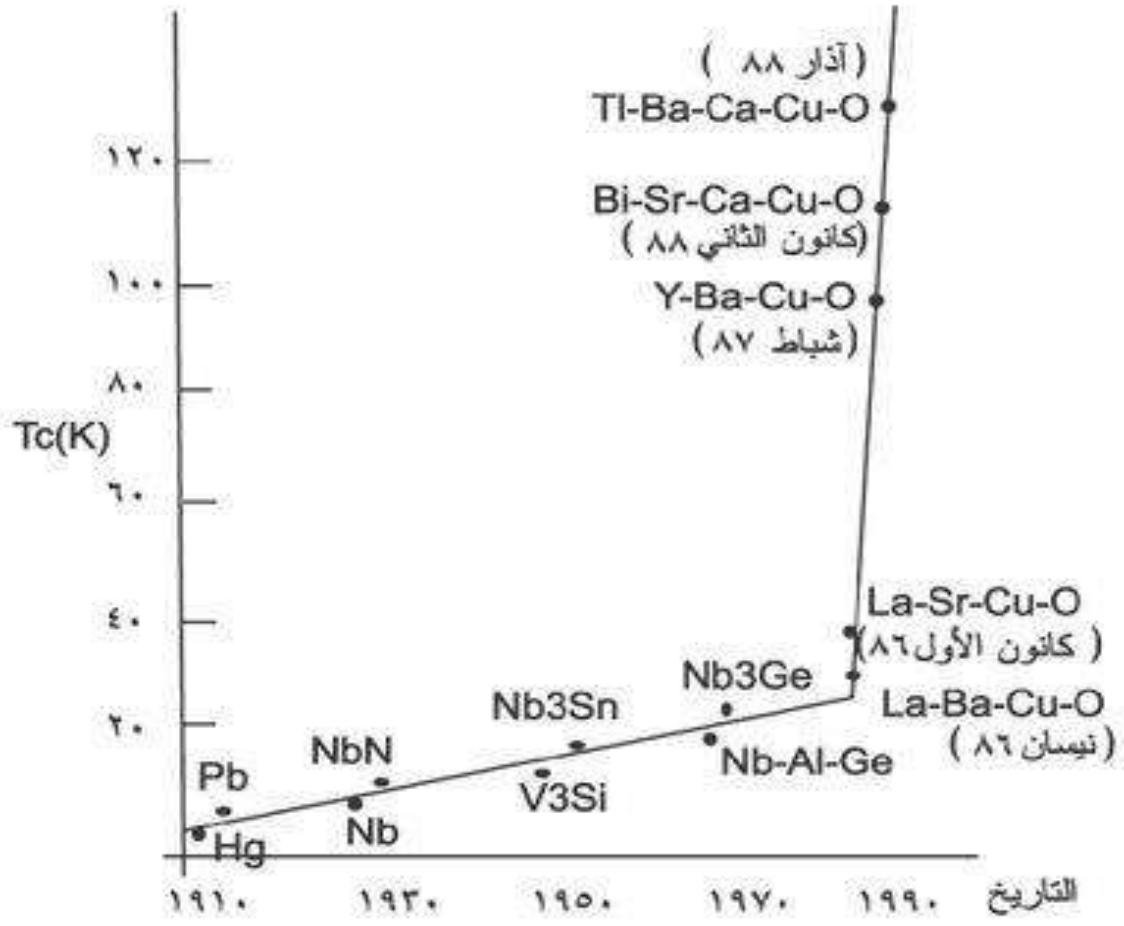
1_6 تفسير حاله وجود الناقلية الفائقة:

"إن مصدر المقاومة الكهربائية في المعادن هو تصادم الإلكترونات الحرة سواء مع الشبكة البلورية أم مع العيوب و الشوائب (إذ يؤدي ذلك إلى استقرار المقاومة النوعية على قيمة دنيا لا تتعلق بدرجة الحرارة)، وإن ما يُشعر بوجود المقاومة هو تغيّر متجه اندفاع الإلكترون بعد كل تصادم. أما في حالة الناقلية الفائقة فإن الإلكترونات تترابط فيما بينها لتشكل أزواجاً من الإلكترونات تدعى أزواج كوبر Cooper pairs؛ إذ إن تشكل هذه الأزواج يخفض من طاقة هذه الإلكترونات. قد يبدو غريباً أن يترابط 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 اضطراباً ضمن هذه الشبكة و يؤدي هذا الاضطراب إلى توليد فونون (كمّ اهتزاز الشبكة) يمتصه إلكترون آخر.

يمكن فهم انعدام المقاومة في إطار هذه النظرية على أنه ناتج من أن الاندفاع الكلي لزوج الإلكترونات يبقى محفوظاً ومن ثم لا يتأثر الزوج بالتصادمات. يحدد اندفاع زوج الإلكترونات بكثافة التيار المار في الجسم، وعندما تتجاوز هذه الكثافة قيمة محددة تدعى كثافة التيار الحرج ينفصل زوج الإلكترونات و يعود الجسم إلى حالته الطبيعية.

وضعت هذه النظرية من قبل جون باردين John Bardeen و ليون كوبر Leon Cooper و جون شريفر **[2]**

John Schrieffer في عام 1957، وهي تفسر جزءاً كبيراً من خواص المواد في حالة الناقلية الفائقة، ولكنها لم تنجح في تفسير وجود درجة حرارة حرجة أعلى من درجة حرارة الآزوت السائل"



مُخطط يُوضح:

اهم المركبات ذات الناقلية الفائقة المُكتشفة حتى اليوم ودرجات حرارتها الحرجة وكذلك تاريخ اكتشافها [12][8]

1_7 أنواع الموصلات الفائقة التوصيل:

"تقسم الموصلات الفائقة حسب درجة حرارتها الحرجة إلى:

1:- المواد فائقة التوصيل منخفضة الحرارة (Low temperature superconductor) واختصارا (LTC) وتسمى أيضا المواد فائقة التوصيل التقليدية مثل الزئبق وتمتاز بانخفاض درجة حرارتها الحرجة.

2:-المواد فائقة التوصيل عالية الحرارة (High temperature superconductor) واختصارا (HTC) وتمتاز بارتفاع درجة حرارتها الحرجة.

وتقسم المواد الفائقة التوصيل حسب مجالها الحرج إلى:

1:- موصل فائق من النوع الأول (Type I): من 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.

2:-موصل فائق من النوع الثاني (Type II): يتميز بوجود قيمتان للمجال الحرج، القيمة الأولى وهي أقل قيمة لنرمز لها B^1، والقيمة الثانية وهي أعلى قيمة ونرمز لها B^2. فاذا تجاوزت قيمة المجال المسلط B^1 ولم تتجاوز B^2 سيكون الاختراق جزئي للموصل ولن يتحول الموصل إلى الحالة الاعتيادية بل سيصل إلى حالة جديدة تسمى الحالة المختلطة، أما إذا تجاوزت قيمة المجال المسلط القيمة B^2 فسيتحول الموصل إلى الحالة الاعتيادية لأن المجال سيخترقه بصورة كلية." [9]

1_8 مزايا المواد فائقة التوصيل:

"هناك عدد من المزايا لاستخدام أكثر من الموصلات فائقة التوصيل العادية

الميزة الأولى والأكثر وضوحا هو الخسائر ضئيلة الطاقة التي تحدث في الموصلات الفائقة على عكس الموصلات العادية. فإنه يصبح أكثر تكلفة وكفاءة في استهلاك الطاقة للغاية إذا يمكن تشغيلها الأجهزة الكهربائية مع عدم وجود مقاومة لتدفق الإلكترونات. وهم بالتالي قادرا على تحمل تيارات كبيرة لفترة طويلة مع خسائر ضئيلة الطاقة في شكل حرارة. في جميع التجارب التي أجريت حتى الآن ، قامت التيارات فائقة لسنوات مع عدم وجود خسائر للتسجيل.

لديهم أيضا القدرة على السماح للأجهزة الإلكترونية لتعمل بشكل أسرع بكثير ، ومركبات النقل ، مثل القطارات ، لتصل إلى سرعات تصل إلى 581 كلم

الميزة الثانية هو قدرتها على العمل في درجة حرارة أعلى بكثير من الحرج موصل جيد للكهرباء نتيجة لهذه الميزة ، وكثير غيرها على تدفق منه. وكان وكيل التبريد المستخدمة قبل عام 1986 الهليوم السائل ، وهي مكلفة ولكن المبرد الخيار الواقعي الوحيد نظرا لدرجات حرارة منخفضة الحرجة من الموصلات الفائقة من النوع 1. أصبحت فائقة ومع ذلك ، عندما تم اكتشاف أول نوع موصل جيد للكهرباء التي كان لها و أن درجة الحرارة الحرجة من النيتروجين السائل (77 ك) ،. النيتروجين السائل هو حوالي 20 مرة أكثر فعالية كمبرد من الهليوم السائل وحوالي 1 / 10 ومكلفة ، مما يجعل الموصلات الفائقة من النوع 2 أكثر فعالية من حيث التكلفة من الموصلات الفائقة التقليدية. ويبين الجدول 1 قائمة على

كل من النوع 1 والنوع 2 ودرجات حرارة فائقة التوصيل انتقاداتهم منها. كما تم اكتشاف أنه يمكن جعل بعض الموصلات الفائقة من النوع 2 من العناصر الأرضية النادرة. هذه الخصائص لا يكون لها عدد من المزايا في المستقبل المنظور لشبكات الكهرباء ، والمحركات والمولدات وأجهزة الكمبيوتر التي سيتم التعامل معها أدناه"[16]

مادة	نوع	Tc(K)
الروديوم	1	$x\ 10^{-4}$ 3.25
زنك	1	0.88
الالمنيوم	1	1.20
قصدير	1	3.72
زئبق	1	4.15
قيادة	1	7.20
النيوبيوم-الجرمانيوم	1	23.2
YBCO ($YBa_2Cu_3O_7$)	2	92
الثاليوم-الباريوموالنحاس اوكسيد الكالسيوم	2	125
$HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$	2	133

الجدول يوضح :درجات الحرارة الحرجة في مختلف الموصلات الفائقة

الفصل الثاني

The chapter 2

م/ نظريات وظواهر في الموصلات الفائقة

يصح القول بأن نظرية وضع أسسها ثلاثة من كبار العلماء وهم باردين وكوبر وشريفر J. Bardeen, L. N. Cooper, and J. R. Schrieffer وعرفت باسمهم : نظرية باردين-كوبر-شريفر أو اختصاراً بـ BCS Theory ، أقول في حين يصح القول بأن تلك النظرية التي وضعت في عام 1957 استطاعت أن تفسر معظم جوانب الموصلات الفائقة التقليدية ؛ فإنها بالتأكيد لم تستطع التغلب على الصعوبات التي واجهتها فيما يتعلق بالموصلات من الجيل الجديد، الموصلات الفائقة عالية الحرارة. لقد عجزت عن تفسير الظاهرة من أساسها،

بل إنها كانت تتوقع استحالة الحصول على موصلات فائقة عند درجات عالية مثل 135 كالفن في حالة مركبات الزئبق. غير أن تلك الموصلات الجديدة حازت مزيداً من الاهتمام من جانب النظريين من العلماء دون التوصل إلى نظرية مرضية إلى يومنا هذا. ولذلك فإنها مازالت تحمل المزيد من التحدي العلمي و تعطي مثالاً للتخلف الشديد للنظرية عن التطبيق في هذا المجال. ففي حين نجحنا في جعل تلك الموصلات حقيقة قائمة؛ فإننا لم نستطع بعد فك طلاسمها. وكلما عكف العلماء على وضع نموذج جديد؛ أصيبوا بضربة قوية من جانب التجريبيين الذين سرعان ما يعلنون عن مواد جديدة أو خواص جديدة"[17] [5]

2_1 نظرية BCS

" من المعلوم بالضرورة أن نقل التيار في الموصلات يتم عادة بواسطة الإلكترونات الحرة، ومصدر المقاومة في الموصلات عادة هو من تصادم تلك الإلكترونات مع إلكترونات أخرى ومع الأيونات والذرات التي تخرج عادة عن النظام الدوري الشبيكي المنتظم للمادة. وأيضاً بالتفاعل مع ما يسمى بالفونونات وهي عبارة عن كمات الطاقة الحرارية في داخل الموصلات. ولم يخطر على بال أحد أن تخرج مادة من المواد عن هذا الوضع الذي يسبب حصول مقاومة محدودة مهما كانت صغيرة. وتم وضع نظريات كثيرة يكمل بعضها بعضاً تصف ظاهرة التوصيلية والمقاومة في الموصلات بجدارة وكفاءة تامة. إلا أن تلك النظريات التقليدية وجدت نفسها وجهاً لوجه أمام ظاهرة لم تستطع تفسيرها على الإطلاق، ألا وهي ظاهرة التوصيلية الفائقة. أين ذهبت التصادمات بين الإلكترونات بعضها مع بعض؟ أين ذهبت الفونونات؟ بل أين ذهبت الحدود الشبيكية والعيوب التي لا تخلو منها في العادة الموصلات العادية؟ والتي هي السبب وراء حصول المقاومة.

أهم أساس قامت عليه النظرية هو فكرة الأزواج الإلكترونية (Cooper Pairs) أو أزواج كوبر نسبة إلى العالم كوبر أحد المؤسسين. ومن المعلوم أن الإلكترونات تحمل ذات الشحنة وبالتالي فحسب قانون كولوم يفترض أن تتنافر عن بعضها قدر المستطاع. إلا أن الظروف المواتية تعكس نتيجة القانون بميكانيكية خاصة لوحظت بسبب اعتماد التوصيلية الفائقة على أثر النظائر. والنظائر هي مواد من نفس النوع ولكن تختلف في العدد الذري. فقد وجد أنه كلما زاد العدد الذري لنظير كلما قلت (اقتربت من الصفر المطلق) درجة تحوله. وكان في هذا دليل كاف بأن

الإلكترونات المسؤولة عن التوصيلية الفائقة لابد وأنها تتفاعل بطريقة أو أخرى مع الشبيكة بحيث تكون المحصلة لصالح الإلكترونات نفسها. فجاءت فكرة الأزواج لتفسر الأمر. فعندما يمر الإلكترون الأول بين الأيونات فإنه ولزمن قصير جداً يؤدي إلى انجذابها إليه ولكنه يمر بسرعة فيتركها وهي مازالت متقاربة من بعضها مما يؤدي إلى زيادة تركيز الشحنة الموجبة لحظياً في المنطقة. تلك الشحنة المركزة بدورها تجذب إلكترونا آخر إليها. وبهذه الطريقة يظل الجو مهيئاً لإلكترون آخر بحيث يكون الاثنان في وضع ارتباط دائم بصورة زوج. وهذا ما يطلق عليه حسب النظرية الكمية بمبدأ تبادل التفاعل من خلال الفونون الذي هو وجه عملة آخر للقول بأن الإلكترون الأول يؤدي إلى اهتزاز الأيونات لصالح الإلكترون الثاني.

بالطبع الأزواج الإلكترونية تحمل شحنة مساوية إلى ضعف شحنة الإلكترون الفرد –e2 ولفاً مغزلياً مساوياً للصفر حيث أن أحد الزوجين لفه إلى أعلى (+2/1) والآخر لفه إلى أسفل (-2/1) ولهما اندفاعان متضادان فيلغي بعضهما بعضاً. وكما هو معلوم في الفيزياء الإحصائية فإن الجسيمات الأولية في تجمعها في حالة واحدة ذات ظروف متشابهة تخضع للتوزيع الإحصائي بحسب لفها المغزلي. فإذا كان اللف كسرياً فإنه يستحيل – حسب مبدأ باولي – أن يجتمع أكثر من جسيمين في حالة واحدة وتسمى الجسيمات من هذا النوع فرميونات. أما عندما يكون اللف رقماً صحيحاً بما في ذلك الصفر؛ فإنه يجوز أن يجتمع عدد غير محدود من تلك الجسيمات في نفس الحالة كما في الفوتونات التي تجتمع فتشكل أشعة الليزر. وتسمى الجسيمات من هذا النوع بالبوزونات. وبالتالي فقد توصلنا إلى أن عدداً غير محدود من الأزواج الإلكترونية يجوز أن يتكثف في حالة كمية واحدة.

إن وضع الأزواج الإلكترونية جعل الشبيكة لا تؤثر في حركتها على الإطلاق وبالتالي فهي تتحرك دون مقاومة. ومن العجيب أن تلك الشبيكة باهتزازاتها هي المسؤولة عن المقاومة عند درجة حرارة الغرفة لنفس الموصل، فإذا هي تصبح العلة الكامنة وراء حصول ظاهرة التوصيل الفائق بمجرد التبريد إلى درجة حرارة معينة. وكان من جراء فكرة الأزواج الإلكترونية أن تنقسم الإلكترونات إلى جزء فائق وآخر عادي حيث يقوم الأول بجميع الأعباء الكهربائية ويمنح الموصل جميع الصفات. وتتكون فجوة في طاقة الموصل بين الحالات الحاوية للأزواج وتلك الحاوية للإلكترونات العادية. وهذه الفجوة Eg هي ميزة خاصة بالموصلات الفائقة لا يشاركها فيها غيرها، أنظر الشكل 3. حيث تتكون فجوة في الطاقة بين الحالات المملوءة تماماً بالإلكترونات وبين الحالات الفارغة تماماً قيمتها في حدود 1 meV . وهذه الطاقة تمثل الطاقة اللازمة لكسر الرابطة بين الزوجين الإلكترونيين. وتتنبأ نظرية BCS بالعلاقة التالية التي تربط بين طاقة الفجوة وبين درجة التحول للموصل عند درجة الصفر المطلق:

حيث k ثابت بولتزمان. إن هذه العلاقة من أهم ما جاءتنا به النظرية. إنها تنص على أن طاقة الفجوة مرتبطة مباشرة بدرجة التحول. بمعنى آخر فإنه لكي نحصل على مواد فائقة التوصيل ذات تحول عال فعلينا أن نوفر موصلات بطاقات فجوة كبيرة. وقد اتفقت تلك المعادلة مع النتائج التجريبية للمواد الموصلة الفائقة التقليدية. وهناك علاقة أخرى تتوقع قيمة للمجال المغناطيسي الحرج للموصلات الفائقة التقليدية وهي:

حيث تعبر T عن درجة الحرارة و HC(0) عبارة عن المجال الحرج عند الصفر المطلق. وهي مفيدة في حساب المجال الحرج الجوهري غير المتعلق بالشوائب والأخلاط لأن من شأن تلك الأمور أن تؤثر ظاهرياً في قيمة المجال الحرج.

2_2 ظاهرة الطفو:

"إن فكرة الطفو فوق الأرض تشكل عنصرًا أساسيًّا في الخيال العلمي، لأننا لا نمتلك ألواح طائرة حتى الآن، إلا أنه لدينا ظاهرة الطفو الكمومي ."في ظلّ الظروف المناسبة، يمكن تبريد مادة مصنوعة بشكل خاص إلى درجات حرارة منخفضة ووضعها على مغناطيس مهيّأ بشكل جيد ما سيجعلها تطفو فوقه إلى أجل غير مسمى.إذا قمت بصنع مسار مغناطيسي، فسوف تتحرك فوقه أو تحته وستظل تتحرك للأبد، ولكن كيف يحدث ذلك؟"

"قد يبدو هذا مخالفًا للبديهة إذ أن الفيزياء التقليدية لا تعمل بهذه الطريقة. لا يمكن أبدًا للمغانط الدائمة التي اعتدت عليها والتي يطلق عليها الفيزيائيون (الفيرومغانط) أن تطفو هكذا، لذا دعونا نلقي نظرة على كيفية عملها، ثم نرى كيف تختلف هذه الظاهرة.

"كل المواد التي نعرفها تتكون من ذرّات والتي قد تكون أو لا تكون مرتبطة مع بعضها بشكل جزيئات، فعندما تطبّق حقلًا مغناطيسيًا خارجيًا على تلك المادة تصبح تلك الذرات أو الجزيئات ممغنطة داخليًا أيضًا، وتصطف في نفس اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي.

خاصية المواد الفيرومغناطيسية هي أنه عند إزالة الحقل المغناطيسي الخارجي تبقى المغنطة الداخلية، هذا ما يجعلها مغانط دائمة.

إن جميع المواد تقريبًا ليست فيرو مغناطيسية، إذ أن معظم المواد تعود إلى كونها غير ممغنطة بمجرد إزالة الحقل الخارجي."

"إذن ما الذي يحدث داخل هذه المواد غير الفيرومغناطيسية عندما تطبّق مجالًا مغناطيسيًا خارجيًا؟

المواد غير الفيرومغناطيسية هي إما دايامغناطيسية، حيث تكون جهة الحقل الداخلي الناشئ عكس الحقل الخارجي أو بارامغناطيسية، حيث تكون جهة الحقل الداخلي الناشئ مع الحقل الخارجي.

اتضح أن جميع المواد تظهر صفات دايامغناطيسية، ولكن بعض المواد تظهر أيضًا صفات إما فيرو مغناطيسية أو بارامغنطيسية، والخاصية الدايامغناطيسية ضعيفة دائمًا وبالتالي إذا امتلكت المادة خاصية بارامغناطيسية أو فيرو مغناطيسية فإن تأثيرها سيطغى بسهولة على تأثير الدايامغناطيسية."

."لذا عندما تشغّل حقلًا خارجيًا أو توقف تشغيله (نفس أثر تحريك مادة أقرب أو أبعد من مغناطيس دائم) يمكنك تغيير المغنطة داخل المادة، وهناك قانون فيزيائي يشرح ما يحدث عند تغيير المجال المغناطيسي داخل مادة موصلة: قانون فاراداي للتحريض.

يقول هذا القانون إنّ تغيير الحقل داخل مادة موصلة يؤدي إلى توليد تيار كهربائي داخلي، هذه التيارات الصغيرة التي تولدها تُعرف بالتيارات الدوامة

وهي تعارض التغيير الداخلي في المجال المغناطيسي، في درجات الحرارة العادية تكون هذه التيارات مؤقّتة للغاية لأنها تواجه مقاومة.

لكن هذه المواد التي تطفو والتي نتحدث عنها مصنوعة من مواد خاصة فائقة التوصيل، أي تنخفض مقاومتها إلى الصفر عند درجات الحرارة المنخفضة جدًا."

"من حيث المبدأ، يمكن جعل أي مادة موصلة موصلًا فائقًا في درجات الحرارة المنخفضة بدرجة كافية، ولكن ما يجعل هذه الموصلات الفائقة بعينها مثيرة للاهتمام هي أنها تستطيع القيام بذلك عند 77 كلفن وهي درجة حرارة النيتروجين السائل، وهذه الدرجة المرتفعة نسبيًا تجعل من السهل إنشاء موصل فائق منخفض التكلفة.

لكن هناك سبب لحدوث هذا الانخفاض في المقاومة، وهو أنّه عندما نخفض درجة الحرارة تحت درجة الحرارة الحرجة للمادة لتحويلها إلى موصل فائق، فإنها تطرد جميع الحقول المغناطيسية الداخلية، هذا في الواقع هو تأثير مايسنر: طرد الحقول المغناطيسية الداخلية.

إنه بشكل أساسي تحويل الموصل الفائق إلى مادة دايامغناطيسية مثالية، تتصرف مواد مثل الألومنيوم أو الرصاص أو الزئبق تمامًا بهذه الطريقة عندما تخفّض حرارتها إلى ما دون درجات الحرارة الحرجة."

"الآن دعنا نذهب خطوة أبعد، بدلًا من مادة دايامغناطيسية مثالية،

دعونا نتخيل أن لدينا واحدة بداخلها شوائب

إذا قمت بعد ذلك بتبريد المواد إلى ما دون درجة الحرارة الحرجة وغيّرت الحقل المغنطيسي بداخلها، فلا تزال تلك الحقول المغناطيسية الداخلية تُطرد لكن باستثناء أي مكان يكون فيه شوائب، إذ يبقى الحقل موجودًا، ولأنه لا يمكن للحقل دخول المنطقة النقية تُثبَّت هذه الحقول داخل الشوائب.

الشوائب هي المفتاح لجعل الطفو الكمومي المغناطيسي يحدث إذ يُطرد المجال المغناطيسي من المناطق النقية التي تكون فائقة التوصيل، لكن خطوط الحقل تخترق الشوائب التي تغير الحقل داخلها وتخلق تلك التيارات الدوامة.

وهنا يكمن المفتاح إذ أن تلك التيارات الدوامية عبارة عن شحنات متحركة لا تواجه أي مقاومة لأن المادة فائقة التوصيل، لذا يُحافظ عليها إلى أجل غير مسمى، طالما تبقى المادة فائقة التوصيل وعند درجات حرارة أقل من درجة الحرارة الحرجة."

"بشكل عام، لدينا شيئان يحدثان في منطقتين مختلفتين:

1:-في المناطق فائقة الموصلية تُطرَد الحقول ما يمنحك مادة دايامغناطيسية مثالية.

2:-في المناطق التي تحوي شوائب تتركز وتثبت خطوط المجال المغناطيسي وبالتالي تسبب تيارات دوامية مستمرة.

إن التيارات التي تولدها هذه المناطق الشائبة هي التي تثبّت الموصل الفائق في مكانه.

طالما لدينا مجال مغناطيسي خارجي نحصل عليه عادةً من سلسلة من المغانط الدائمة، ستستمر الموصلات الفائقة بالطوفان، وفي الممارسة العملية، الشيء الوحيد الذي ينهي الظاهرة هو عندما ترتفع درجة حرارة المواد فوق الدرجة الحرجة."

.A9

"هذا يعني أنّه إذا استطعنا إنشاء مادة بها خاصية فائقة التوصيل في درجة حرارة الغرفة، فإنها ستبقى تطفو إلى أجل غير مسمى، وإذا صمّمنا وبنينا مسارًا مغناطيسيًا لها فإنها ستبقى تتحرك دون قيود، وإذا فعلنا ذلك في غرفة تفريغ الهواء لإزالة مقاومة الهواء نكون قد أنشأنا آلة حركة دائمة."[8] [17]

2_3 ظاهرة التعليق المغناطيسي:

"نظام التعليق المغناطيسي هو طريقة يتم بها تعليق أي شيء بدون دواعم فيما عدا المجال المغناطيسي . القوى المغناطيسية تستخدم لتلاشي تأثير عجلة الجاذبية الأرضية وأي تأثير مماثل لها .

يوجد عاملان أساسيان في موضوع نظام التعليق المغناطيسي وهما قوى الرفع (وهي المسؤولة عن توليد قوى كافية لأعلى، عكس اتجاه الجاذبية) والثبات (وهو ضمان لعدم حدوث أي انزلاق أو قلب لاتجاه المجال مما يؤدي إلى انهيار تأثيره

نظام التعليق المغناطيسي يستخدم في القطارات المعلقة ، الذوائب الغير متلامسة (مثل البلازما) ،و رمان البلي المغناطيسي"

(مادة فائقة التوصيل ترفع مغناطيس دائم في حاله التبريد للمادة)

"المواد والأنظمة المغناطيسية لها القدرة علي الضغط والجذب بين بعضها بقوة تتناسب مع المجال المغناطيسي والمساحة المؤثرة عليها، في على سبيل المثال : أبسط طريقة لتخيل الرفع المغناطيسي هي وجود مغانطيسي ثنائي القطب موجود في مجال مغناطيس أخر ثنائي القطب يواجه كل منها الأخر بنفس الأقطاب المتشابه فيتكون بينهم قوي تضاد تكشف عن قوي المغناطيسيين .

بالأساس كل أنواع المغناطيسات تستخدم لتوليد قوي الرفع الموجودة في نظام التعليق المغناطيسي ؛ المغناطيس الدائم، المغناطيس الكهربي، المغناطيس المؤقت، المغناطيس الضعيف، مغناطيس المواد فائقة التوصيل، [17] [9]

والمواد القابلة للمغنطة سواء كان بالحث الكهربي أو الموصلات

لحساب كمية الرفع المغناطيسي، يجب تعريف الضغط المغناطيسي

فعلى سبيل المثال الضغط المغناطيسي لأي مجال مغناطيسي علي مادة فائقة التوصيل يمكن حسابها من خلال :"

$$P_{mag} = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

"حيث. P_{mag} هي القوة لكل وحدة مساحة بالبسكال ,

وB هي المجال المغناطيسي للمادة فائقة التوصيل بالتسلا و

$4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{N \cdot A^{-2}}$ = هي نفاذية الفراغ

2_4 ظاهرة أو وصلات جوزيف صن:

"جوزيف صن أحد التلاميذ الإنجليز النابهين وكان طالباً في مرحلة الدراسات العليا عندما طلب الأستاذ من الطلاب القيام بمشاريع بحثية صغيرة. فخرج علينا هذا الطالب الذي صار بعد ذلك من أشهر العلماء وفاز بالمشاركة في جائزة نوبل في الفيزياء لعام 1973، طلع علينا بظاهرة صارت تعرف باسمه. لقد تنبأ هذا العالم أنه عندما يتم وضع موصلين فائقين بجانب بعضهما بحيث لا يفصل بينهما إلا شريحة رقيقة جداً من مادة عازلة؛ فإن بعض الأزواج الإلكترونية تستطيع التملص Tunneling من خلال تلك الشريحة غير الموصلة .وقد تم تأكيد تنبؤاته بعد فترة وجيزة من خلال التجربة.

وبالطبع فهذه الظاهرة الكمية يمكن الاستفادة منها في عمل كثير من الدوائر الالكترونية السريعة جداً كما في الحاسبات الآلية وكذلك في صنع كواشف للمجالات المغناطيسية المتناهية في الصغر كما سوف نرى."

2_5 ظاهرة التكميم المغناطيسي:

"كما سبق فإن المواد الفائقة مثيرة في كل جوانبها. من تلك الأمور المثيرة هي ظاهرة التكميم المغناطيسي وفكرة الظاهرة أنه إذا تم صنع موصل فائق على صورة حلقة (مهما كانت متناهية الصغر) فإن مقدار المجال المغناطيسي الذي يمر من خلال تلك الحلقة يجب أن يكون مساوياً تماماً لعدد صحيح من ألكمات المغناطيسية يطلق على كل منها الرمز fo وتسمى أيضاً بالفلاكسويد ومعنى التكميم أنه لو تعرض الموصل إلى مجال يزيد قليلاً عن عدد صحيح من

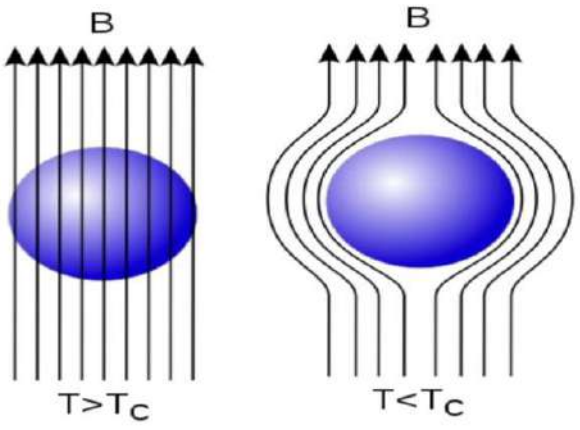
الكمات (بزيادة أقل من نصف كمة) ؛ فإن الزيادة ترفض ولا تمر من خلاله، في حين أنه لو تعرض لمجال يقل قليلاً عن عدد صحيح من الكمات بمقدار ضئيل (أقل من نصف كمة) فإنه يتكيف بحيث يكمل النقص من تلقاء نفسه من أجل أن يحافظ على العدد الصحيح من الكمات. أي لو مر مجال يساوي إلى مائة كمة مضافاً إليها ربع كمة فإن ذلك الربع يرفض ولا يمر من خلاله في حين لو كان بدل الربع نصف أو أكثر ولكن أقل من واحد صحيح؛ فإن الموصل يكمله إلى واحد صحيح! وهذا بالضرورة يقتضي أن التيار الذي يلف يزيد وينقص بمقدار ضئيل متجاوباً مع المجال الخارجي.

لقد تبين أن هذه الظاهرة ذات أهمية بالغة جداً فهي مبدأ ما صار يعرف بمجس السكويد و إن السكويد (بسكون السين) عبارة عن جهاز حساس جداً للمجالات المغناطيسية وبإمكانه أن يميز التغير في المجال المغناطيسي إذا زاد عن أي بحساسية تفوق ، بمعنى آخر يستطيع قياس مجال شدته تصل إلى والتي تساوي واحد من مليون من وحدة التكميم المغناطيسي نفسها. وهي حساسية مفرطة أكبر بكثير من الإشارات الصادرة عن المخ أو القلب أو سائر الجهاز العصبي في الكائن الحي ومجس السكويد ينقسم إلى نوعين أساسيين حيث يعتمد الأول منهما على التيار المستمرdc-SQUID في حين يعتمد الآخر على التيار ذي التردد الراديوي rf-SQUID . وفي حين ينتشر استخدام الأول على نطاق واسع بصور أفلام رقيقة من المادة الفائقة يوضع بينها مواد عازلة من أجل توفير التملص الإلكتروني فإن النوع الثاني يعمل أيضاً من الأفلام الرقيقة أو بالاعتماد على فكرة عمل خرق أو أكثر في مادة موصلة فائقة تعمل على صورة قرص مثل حبة الأسبرين. وقد وجد أنه كلما زاد عدد الخروم زادت الحساسية تبعاً لذلك. ووجود خرم واحد يعني قياس المجال المغناطيسي مباشرة

في حين أن وجود أكثر من خرم يعني قياس التغير (التدرج) في المجال المغناطيسي. والفكرة الأخيرة جعلت من المجس أهمية تطبيقية عالية، فهو لا يقيس المجال العام المتوافر، بل يقيس التغير مهما كان صغيراً. والأجهزة المعتمدة على مجس السكويد صارت متوفرة تجارياً وبأسعار منافسة ويقدمها عدد من الشركات العالمية."

2_6 ظاهرة ميسنر:

"ظاهرة ميسنر (بالإنجليزية: Meissner effect) ظاهرة طرد أو دفع حقل مغناطيسي لجسم ذي موصلية فائقة.أُكتُشفت هذه الظاهرة مصادفةً، اكتشفها الفيزيائيان الألمانيان والتر ميسنر وروبرت أوشنفيلد سنة 1933م، عندما كانا يقومان بقياس انتشار التيّار الكهربائي في عينة صغيرة مبردة من الرصاص ومعرضة لحقل مغنطيسي."[3]



نرى المجال المغناطيسي لا ينفذ داخل الموصل في حالة فرط التوصيل بل تبتعد خطوط الفيظ المغناطيسي كليا عن الموصل.

الفصل الثالث

The chapter 3

3_1"أهمية خاصة للموصلات الفائقة عالية الحرارة:

1-أنها سهلة التحضير ويستطيع جميع المهتمين بالحصول عليها بيسر
2-أنها رخيصة الثمن حيث إن أكبر مكوناتها هو النحاس والباريوم والكالسيوم وهي رخيصة ومتوفرة
3-أنها تتحول فوق درجة غليان النيتروجين وهو رخيص الثمن ومتوفر في كل مكان وسهل النقل والحمل ويبقى لفترات طويلة مقارنة بسلفه الهليوم المسال
4-أن الفرق بين درجات تحولها ودرجة الوسيط المبرد (النيتروجين) كبير (في حالة مركبات الزئبق تفوق الخمسين درجة) مما يجعلها أكثر استقراراً، حيث إن ذلك الاستقرار يزيد بتزايد الفرق بين درجة حرارة العمل ودرجة حرارة التحول
5-انه يسهل تشكيلها بأشكال مختلفة مثل الرقائق والأفلام أو المواد المكدسة وكذلك وحيدة التبلور [16]

3_2 فوائد الموصلات الفائقة

الفائدة أولا من ناحية الطاقة ، ثانيا من ناحية تطبيقات عظيمة ،فإذا وصلنا إلى مادة جديدة لها خاصية الفائقية فى التوصيل الكهربي و ذلك عند درجة حرارة الغرفة ؛فنحن بذلك نوفر كثيرا من الطاقة.

والجهد المبذولين من أجل التبريد والانتقال بالمادة إلى هذه الحالة،،، بداية من خواص المادة فائقة التوصيل أنها تفقد كامل

مقاومتها الداخلية للتيار الكهربي ، وعند مرور تيار كهربي بين نقطتين نحن نحتاج لوجود فرق فى الجهد ؛حتى نتغلب على مقاومة المادة الموصلة ، و حين نقول أن كامل مقاومتها الداخلية غير موجودة .ستستنتج أننا إذا قمنا بإزالة فرق الجهد الخارجى سيستمر مرور التيار الكهربى لعشرات السنين،حيث ان فى ظاهرة مايسنر :عندما تقرب مغناطيسا دائما من حلقة معدنية فى حالة التوصيل الفائق ،ستقطع المادة خطوط الفيض المغناطيسي للمغناطيس الدائم ، ويتولد بها بالحث تيار كهربائي ، وعند مرور هذا التيار الكهربائى فى الحلقة سيولد بدوره مجالا مغناطيسيا معاكسا للمجال المؤثر فيتنافران ؛ وبالتالى يرتفع المغناطيس ، وطالما ظلت القطعة المعدنية فى حالة التوصيل الفائق سيظل المغناطيس معلقا..متخيل؟!..الآن ماذا فعلنا نحن ؟؟نحن أنشأنا قوة جديدة لأعلى تغلبت على وزن المغناطيس الأسفل بشكل دائم..أطلق لخيالك العنان ..ألا يمكننا أن نرفع قطارا ونتغلب على قوة الاحتكاك كما حدث فى اليابان ، لكننا بالمادة الجديدة سنوفر كثيرا من الطاقة اللازمة للتبريد، ثم ألا يمكننا أن نرفع روبوت مثلا ونجعله يسير على الماء أى أننا سنلغى قوة وزنه إلى أسفل بهذه الظاهرة، فتصبح قوة الطفو هى المسيطرة ، ثم ألا يمكنك أن ترفع الحاسوب الذى تعمل عليه الآن بدون وجود للمكتب ، ألا تتوقع أن خاصية مثل هذه لو توفرت فى درجات الحرارة العادية سوف تصبح ملهمة لاختراعات واختراقات عديدة ؟...الشيء الثانى أن المادة الفائقة التوصيل لها خواص أخرى مذهلة ،وهي قدرتها على التقاط أضعف الإشارات الكهرومغناطيسية (تستخدم فعليا فى الأقمار الصناعية) ..تخيل أيها الفيزيائى العربى أننا طورنا هذه التقنية ليصبح جوالك أو مستقبل القنوات الفضائية يعمل بهذه المادة ..

أما عن تأثير ارتفاع درجة الحرارة على هذه المادة فأقول بأنه من

المفترض أن يُحدد المدى الطبيعي لأنخفاض وارتفاع درجة لحرارة و يوضع فى الاعتبار اثناء محاولة الوصول إلى التركيب الكيميائى لهذه المادة الجديدة ، بمعنى أنها إذا وجدت هذه المادة فلن تتأثر تأثرا ملموسا حتى إذا بلغ الارتفاع فى درجة الحرارة المدى الأقصى لها ،كما أننا يمكننا ان نحمى المادة من الارتفاع الطفيف فى درجة الحراة باستخدام عوازل حرارية مناسبة ..كما أعتقد أن الفرق بين 25 درجة سليزية إلى درجة تفوقها بخمس أو عشر أو عشرين درجة ليست مشكلة ..المهم أولا أن نبدأ العمل فى المنطقة الموجبة لدرجات الحرارة السليزية

3_3 "استخدامات التوصيل الفائق

ويستخدم التوصيل الفائق في المجال الكهرومغناطيسي. وقد تمكن الباحثون من تطوير مغانط فائقة التوصيل، تستخدم كهرباء أقل من المغانط الكهربائية العادية. وقد مكَّنت مغانط التوصيل الفائق علماء الفيزياء من إنشاء معجِّل جسيمات أكثر فاعلية، وهي أجهزة تزيد سرعة جُسَيمات الذرة. انظر معجل الجسيمات.

ويبحث العُلماء اليوم الاستخدامات الممكنة للمواد الجديدة فائقة التوصيل عند درجة حرارة عالية. فهم مثلاً يجرون اختبارًا على جهاز مفتاح فائق التوصيل يضبط الدوائر الكهربائية في الحاسوب. وتعمل هذه الأجهزة بسرعة فائقة ولا تُنْتِج أي حرارة تقريبًا. وقد يكون التوصيل الفائق مفيدًا لتوصيل الكهرباء. فخطوط القدرة المصنوعة من المواد فائقة التوصيل يمكن أن تحمل تيارًا عبر مسافات بعيدة دون فقدان أي قدرة بسبب المقاومة الكهربائية

وخطوط القدرة هذه يمكن أن توفِّر كميات كبيرة من الطاقة. وإضافة إلى ذلك، فهي تسهل اختيار مناطق لمحطات القدرة بحيث يكون تأثير تلك المحطات على الناس وعلى البيئة قليلاً.

وهنالك العديد من المشاكل التي يجب حلها قبل الاستخدام التجاري للموصلات الفائقة عند درجات الحرارة العالية. ويصعب تصنيع معظم الموصِّلات الفائقة الخزفية. ونجد الخزف أيضًا مادة سريعة الانكسار وليس من السهل تصنيعها في هيئة أسلاك. ولكن طور الباحثون أشرطة رفيعة مرنة تستطيع حمل تيارات كبيرة.

وتشرح نظرية (BCS) كيفية حدوث التوصيل الفائق في المواد الخزفية، إلا أنه لم يُقترح بعد نظرية كاملة حول هذه الظاهرة"

3_4 "تطبيقات المواد فائقة التوصيل

1-**المواصلات**: وفي القطارات على وجه الخصوص

هل تستطيع تصور قطار يطير في الهواء كما تفعل الطائرة ويسير بسرعة كسرعتها؟ نعم إنه القطار الطافي. إن من شأن الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي أو التعليق أن توفر قطارات معلقة في الهواء، وبالتالي فهي تسير بدون احتكاك مما يعطي توفيراً هائلاً في الطاقة من جهة ويوفر سرعات كبيرة إلى جانب التخلص من الضوضاء. ثم إن تلك القطارات سوف تكون مريحة جداً وخالية من المطبات لأنها تسير على وسادة هوائية، حيث يرتفع القطار حوالي عشرة سنتيمترات عن المسار. والقطار يحوي المواد فائقة التوصيل في حين تتوفر المغناطيسات الكبيرة على الطريق. وفي داخل القطار يتوفر جهاز تبريد، وهذا الجهاز هو كل ما يلزم حيث يستفاد من قوة التنافر مع المغناطيسات نفسها في دفع القطار وتسييره بسرعات تزيد على 500 كم في الساعة.[16] [17]

2-عجلات الطاقة

عندما يدور قرص 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 كبيرة من الطاقة في عجلات ضخمة الكتلة تدور بسرعات عالية جداً وتحفظ في داخل كبسولات خاصة، أستفيد منها ولوقت طويل في تحريك القطارات خاصة. غير أن المشكلة التي كانت تقابل دائماً هي أن الاحتكاك الداخلي يستمر في استنزاف الطاقة الحركية مع مرور الزمن، غير أن الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي يجوز أن تمكنا من صنع عجلات دوارة في جو خال من الاحتكاك تماماً مما يجعلها تحتفظ بطاقتها إلى الأبد، وهكذا جميع الحركات والآلات يمكن أن تستفيد من الظاهرة في أن تكون لا احتكاكية مما يقلل الحاجة إلى كثير من الصيانة والأعطال ويجعل عمرها يتضاعف إلى عدة مرات.

3-التطبيقات العسكرية

إن قدرة الموصلات الفائقة على طرد المجالات المغناطيسية جعلت منها مرشحة لاستعمالها في الرادارات العسكرية. فمن المعلوم أن دقة الصور التي يوفرها الرادار تعتمد على قدرته على التحليل غير أن تلك القدرة تتأثر سلباً بالمجالات المغناطيسية المجاورة سواء الأرضية أو غيرها. وحتى تتصور المشكلة راقب ما يحصل لجهاز التلفاز عندما يتم تشغيل جهاز كهربائي يعتمد على التيار المتردد، إن الصورة سوف تصاب بالتشوش والسبب هو المجالات المغناطيسية المجاورة والتي أفسدت الجو على حركة الإلكترونات المهبطية التي هي المسؤولة عن الصورة. وهذا هو ما يحصل مع

الرادار بالضبط غير أن الأخير أكثر حساسية بشكل كبير، وقد تم الاقتراح باستعمال الدروع المغناطيسية لحل هذه المشكلة. والدروع المشار إليها عبارة عن اسطوانات ذات مقاسات مختلفة مصنوعة من المواد فائقة التوصيل، يوضع بداخلها مصدر الإلكترونات المهبطية فيحميها من 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 الضار (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.

4-التطبيقات الطبية

يمكن الاستفادة من نفس الدروع التي سبقت الإشارة إليها في تطبيقات طبية كثيرة، وبصورة عامة فإنه عندما يراد دراسة الإشارات الكهربائية والمغناطيسية الصغيرة جداً المتولدة من المخ أو القلب أو الجهاز العصبي، فإنه يفضل توفير جو خالٍ 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 مجموعة كبيرة منها بشكل نصف كروي تغلف رأس المريض، وصل عدد السكويدات في المجوعة الواحدة إلى 64 في بعض التجارب"

((مصادر البحث))

1-المواد فائقة التوصيل وتطبيقاتها(مقدمة)

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.startimes.com/%3Ft%3D30295919&ved=2ahUKEwjwvtqt-Pv9AhWSD-wKHVfNAkwQFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw2BcKJoJ0RHfZrQb-E4T9Dv

2-تفسير وجود حالة الناقلية الفائقه والخصائص الأولية للمواد الفائقه التوصيل

http://www.marefa.org/index.php/%D9%85%D9%88%D8%B5%D9%84%D9%8A%D8%A9_%D9%81%D8%A7%D8%A6%D9%82%D8%A9

Ochsenfeld، R. (1933). "Ein neuer ؛.Meissner، W(3 علوم الطبيعة. "Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit. 788–787 :(44) 21

Lifschitz، E. M. (1984). ؛.Landau، L. D"(4 Electrodynamics of Continuous Media. Course of Butterworth- .(ط. 2nd) Theoretical Physics Heinemann. ج. 8

Hirsch، J. E. (2012). "The origin of the Meissner " (5 effect in new and old superconductors". Physica "Scripta. 85

Lecture 19 MIT 8.02 Electricity and Magnetism, "(6
"Spring 2002

years on, the 25" .(2011 مايو) Timmer، John" (7
search for higher-temp superconductors
"continues". Ars Technica

Müller، K. A. (1986). "Possible ؛.Bednorz، J. G"(8
high TC superconductivity in the Ba-La-Cu-O
".system". Zeitschrift für Physik B. 64 (2): 189–193

Plakida، N. High Temperature Cuprate (9
".480 .ص .Superconductors

Saunders، P. J. Ford; G. A. (2005). The rise of "(10
the superconductors. Boca Raton, Fla.: CRC Press.
".ISBN 9780748407729

Choi، Charles Q. "A New Iron Age: New class of "-11
superconductor may help pin down mysterious
"physics". Scientific American

؛Dong، Xiao-Li ؛Che، Guang-Can ؛Ren، Zhi-An"(12
Li، ؛Shen، Xiao-Li ؛Yi، Wei ؛Lu، Wei ؛Yang، Jie
Zhao، Zhong- ؛Zhou، Fang ؛Sun، Li-Ling ؛Zheng-Cai
Xian (2008). "Superconductivity and phase diagram
in iron-based arsenic-oxides ReFeAsO1−δ (Re=rare-
earth metal) without fluorine doping". EPL. 83 (1)

superconductivity: History and Outlook" (PDF). "(13
JSAP International. مؤرشف من الأصل (PDF) في 2012-
16-08. اطلع عليه بتاريخ 02-03-2012.

Liu، Jialin (1988). ؛Kotliar، Gabriel ^(14
"Superexchange mechanism and d-wave
"superconductivity". Physical Review B. 38

Rice، T. ؛Poilblanc، Didier ؛Gros، Claudius"(15
Zhang، F. C. (1988). "Superconductivity in ؛Maurice
correlated wavefunctions". Physica C. 153–155:
543–548. Bibcode:1988PhyC..153..543

Ott، H. R. (1993). ؛.Guo، J. D ؛.Cantoni، M ؛."(16
"Superconductivity in the Hg-Ba-Ca-Cu-O system".
Nature. 363 (6424): 56–58

17) معهد ابحاث CREN

NASA لأبحاث الفضاء

كذلك مصادر من ناسا بالعربي وملتقى الفيزيائيين العرب وويكبيديا وأرابوست وجامعة الملك فيصل و موسوعة المعرفة وجامعة بابل والموسوعة الكاتالونيه العالمية .

قال تَعالى:

«بسم الله الرحمن الرحيم»

«وقُل إعملوا فسيرى الله عملكم ورسولهُ والمُتقون»

صدق الله العلي العظيم

(تَم البحث بعونِ الله)