

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

الميدان: علوم المادة

التخصص: فيزياء المواد

من اعداد الطالبة: باساسي مريم

مذكرة تحت عنوان:

الكشف عن التغير الطوري بالفعل الحراري لسبيكة $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$

بواسطة معامل سيباك و المقاومة الكهربائية

نوقشت يوم: 2019/06/26

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

د-محمدي لزهري	أستاذ محاضر 'أ'	جامعة ورقلة	رئيسا
د-بن كريمة يمينة	أستاذة محاضر 'ب'	المدرسة العليا للأساتذة	مناقشا
د-عاشوري عبد الرحيم	أستاذ محاضر 'أ'	جامعة ورقلة	مشرفا ومقررا

الموسم الجامعي: 2019/2018

شكر و عرفان

الحمد لله رب العالمين حمدا يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه
والصلاة والسلام على قدوة المرسلين نبينا محمد وعلى اله وصحبه
أجمعين.

وعملا بقوله صلى الله عليه وسلم:

>> من لم يشكر القليل لم يشكر الكثير ومن لم يشكر
الناس لم يشكر الله <<

رواه أحمد و الترمذي

أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان الجميل:

الى الأستاذ المشرف عاشوري عبد الرحيم الذي لم يبخل

عليا بنصائحه وتوجيهاته

إلى أعضاء اللجنة المناقشة لقبولهم مناقشة وإثراء هذه

المذكرة.

اهداء

الى من جرع الكاس فارغا ليسقيني قطرة حب، الى من كلت أنامله ليقدم لي لحظة سعادة الى
من اشتقت اليه و الذي حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم أبي الغالي رحمه الله
واسكنه فسيح جنانه: بوحنيه

الى من سقتني الحب والحنان، الى رمز العطاء وبلسم الشفاء، الى القلب الناصع أمي الحبيبة
صدادقي خضرة

الى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس الصافية الى رياحين حياتي جداتي وقرّة عيني جدي الغالي
أطال الله في أعمارهم

الى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي الى اخوتي:

أولا الى الأب الثاني أخي الغالي عبد الغفار وبرعمه سدرة المنتهى والى الحاج وبرعمه عمار
بهاء الدين وأخي أحمد أمين و برعمه ندى هبة الرحمان ولا أخاوي عبد المنعم والمدلل بلال
نصر الله

والى اللأخت الحنونة عبلة وبرعميها : عبد الرحمان وأنس محمد السعيد والى توأمي أسماء و
سلسبيلا

الى جميع من بدل كل الجهد والعطاء لكي أصل الى هذه اللحظة أساتذتي الكرام
الى كل أفراد العائلتين الكريمتين كبيراً وصغيراً "باساسي" و"محجوبي"

والى جميع صديقاتي العزيزات

وبلدتي الحبيبة بلدة عمر

والذي لا يمكن نسيانه ووقف معي جنب لجنب الى من ساندني زوجي: محجوبي عبد الكريم
والى كل من سقط اسمه مني سهوا

الى كل طلبة سنة ثانية ماستر تخصص فيزياء المواد لموسم

2019/2018

I الفهرس

V قائمة الجداول

VI..... قائمة الاشكال

1..... المقدمة العامة

الفصل الأول : المادة الصلبة وبنيتها

1.1.1..... المقدمة

2.1..... المعادن

2.1. 1..... البنية البلورية للمعادن

2.1. 2..... أنواع المعادن

2.1. 3..... الخصائص الفيزيائية للمعادن

2.1. 4..... الخصائص الكيميائية للمعادن

2.1. 5..... الخصائص الطبيعية للمعادن

3.1..... السبائك

3.1. 1..... سبائك المعادن

3.1. 2..... طريقة تحضير السبائك

3.1. 3..... أهمية المعادن وسبائكها

3.1. 4..... أنواع السبائك

4.1..... الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر Fe.B.Si.Cr

5.1..... كيفية تبلور المعادن

10.....	1.5.1 المواد الصلبة المتبلورة
11	2.5.1 المواد الصلبة غير المتبلورة
11.....	3.5.1 المقارنة بين المواد المتبلورة وغير المتبلورة
12.....	6.1 الأشعة السينية
12.....	1.6.1 من خصائص الاشعة السينية
13.....	2.6.1 انعراج الأشعة السينية وقانون براغ
14.....	3.6.1 استخدام الأشعة السينية في تحليل التركيب البنائي للمادة الصلبة
15.....	4.6.1 الأشعة المستخدمة لدراسة التركيب البلوري
16.....	7.1 المجاهر
16	1.7.1 أنواع المجاهر
16.....	2.7.1 المجهر الضوئي
17.....	3.7.1 كيفية عمل المجهر الضوئي البسيط
17.....	4.7.1 كيفية عمل المجهر الضوئي المركب
18.....	5.7.1 طرق الفحص المجهرى
18.....	6.7.1 أجزاء المجهر الضوئي المركب

الفصل الثاني: الانتقال الحراري و الظواهر الكهروحرارية

20.....	1.2 مقدمة
20.....	2.2 الانتقال الحراري

21.....	3.2 طرق انتقال الحرارة
21.....	1. 3. 2 طريقة التوصيل
21.....	2. 3. 2 طريقة الحمل الحراري.....
21.....	3. 3. 2 طريق الاشعاع
21.....	4.2 قانون التوصيل الحراري
23.....	5.2 العوامل المؤثرة في انتقال الحرارة بالتوصيل.....
23.....	6.2 الخواص الفيزيائية لناقل.....
23.....	1.6.2 الكثافة الالكترونية
24.....	2. 6. 2 المقاومة الكهربائية.....
25.....	1.2. 6. 2 علاقة المقاومة النوعية بدرجة الحرارة
26.....	3.6.2 الناقلية الحرارية.....
26.....	4. 6. 2 الناقلية الكهربائية
27.....	7.2 الآثار الكهروحرارية
28.....	1. 7. 2 أثر سيباك
31.....	2. 7. 2 أثر بلتيه
34.....	3. 7.2 أثر طومسون.....
37.....	8.2 الازدواج الحراري
38.....	1. 8. 2 تركيب الازدواج الحراري

38..... 2. 8.2 مميزات الانواع المشهورة من الازدواج الحراري

39..... 3. 8.2 استخدام الازدواج الحراري

الفصل الثالث :مناقشة وتحليل النتائج

41..... 1.3 المقدمة

41..... 2.3 الجانب التحريبي

41..... 1.2.3 مكونات العينة

42..... 3 . 2 . 2 طريقة العمل

43..... 3.2.3 التركيب التحريبي

45 3.3 النتائج الكهروحرارية المتحصل عليها

45 1.3.3 نتائج معامل سيباك

46..... 2 . 3.3 نتائج المقاومة الكهربائية

48..... 3.3.3 المقارنة بين منحنى معامل سيباك ومنحنى المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة

49..... الخاتمة العامة

..... المراجع

قائمة الجداول

الفصل الأول

- الجدول رقم 1. 1: أنواع السبائك.....7
- الجدول رقم 2.1: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر Cr وSi وB وFe.....8

الفصل الثاني

- الجدول رقم 2. 1: قيمة اختلاف المقاومة النوعية لبعض الموصلات والعوازل في درجة حرارة الغرفة.....25
- الجدول رقم 2.2: ميزات الأنواع المشهورة من الازدواج الحراري.....38

قائمة الاشكال

الفصل الأول

- الشكل 1.1: رسم تخطيطي يوضح البنية البلورية لمعادن الجرافيت والألماس.....3
- الشكل 2.1: رسم تخطيطي لبنية مادة صلبة متبلورة10
- الشكل 3.1: رسم تخطيطي لبنية مادة صلبة غير متبلورة.....11
- الشكل 4.1: رسم تخطيطي يوضح ظاهرة الانعراج ومعادلتها.....14
- الشكل 5.1: رسم تخطيطي لنموذج للحيود.....15
- الشكل 6.1: رسم تخطيطي لآلية الرؤية بالمجهر الضوئي.....17
- الشكل 7.1: رسم تخطيطي لتكوين المجهر الضوئي المركب.....19

الفصل الثاني

- الشكل 1.2: صورة توضح طرق انتقال الحرارة.....21
- الشكل 2.2: مخطط توضيحي لانتقال الحرارة في المعادن.....23
- الشكل 3.2: دائرة لظاهرة سيبك.....28
- الشكل 4.2: مخطط لنقطة الاتصال الحراري e.....32
- الشكل 5.2: مخطط لسلوك التيارات الحرارية عند النقطة e.....32
- الشكل 6.2: مخطط لظاهرة طومسون.....35

الشكل 2.7 : صورة توضح المزدوج الحراري.....37

الشكل 2.8: تركيب المزدوج الحراري.....38

الفصل الثالث

الشكل 3.1: صورة للعينه المدروسة قبل المعالجة.....41

الشكل 3.2: صورة للعينه المدروسة أثناء المعالجة.....42

الشكل 3.3: رسم تخطيطي لتركيب التجريبي المستخدم43

الشكل 3.4: يمثل منحى سيباك لسبيكة $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$ بدلالة درجة الحرارة.....46

الشكل 3.5: يمثل منحى المقاومة الكهربائية لسبيكة $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$ بدلالة درجة الحرارة.....47

المقدمة العامة

المقدمة العامة

من المعروف أن الانسان يتميز بقدرة كبيرة سخرها الله تعالى له في البحث و الاكتشاف ،اذ أخذ يفحص منذ القدم كل ما يحيط به من مواد وفضوله الدائم غي معرفة طريقة تشكيلها وخصائصها ومعرفة جل اسرارها،ومع التطور الراهن ازدادت متطلبات الانسان فأصبح يبحث عن مواد جديدة تكون ذات خصائص أحسن من ذي قبل لتلبي احتياجاته وتساعد على العيش في ظروف أحسن،وهنا أصبح على دراية بما يعرف بالسبائك فأخذ يحسن من خصائصها و يبحث عن الجديدة منها،وهذا لا يمكن الا بمعرفة البنى الداخلية لهذه المواد أي بنية الأجسام الصلبة والتغير في سلوكه نتيجة اختلاف ظروف العمل المحيطة به،و أخذ يكشف عن العيوب الموجودة في هذه السبائك والتي بدورها تؤثر على خصائص المواد ومن ثم على التطبيقات العلمية والهندسية والصناعية التي تستخدم فيها.

ومنه ارتأينا في هذا البحث الى دراسة خاصة من الخصائص الكهروحرارية وهي معامل سيبك بدلالة درجة الحرارة لعينة من سبيكة $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$ الابلورية.

يتضمن البحث ثلاثة فصول رئيسية بحيث الأول والثاني عبارة عن فصلين نظريين أم الثالث فهو تجريبي.

الفصل الأول تطرقنا فيه الى دراسة عامة حول المعادن وأنواعها وبنيتها وبعض من خصائصها وكيفية تبلورها،ودراستها بنويا بواسطة الأشعة السينية و دراسة مورفولوجية بواسطة المجهر الضوئي.

الفصل الثاني يحتوي على دراسة نظرية لأهم الظواهر الكهروحرارية المتمثلة في تأثير سيبك و بلتييه وطومسون،والتطرق الى الانتقال الحراري و الخواص الفيزيائية للناقل.

الفصل الثالث وهو الجانب التجريبي الذي يحتوي على طريقة العمل و التركيب التجريبي وكذا عرض النتائج المتحصل عليها لتأثير معامل سيبك وهذا بدلالة درجة الحرارة لسبيكة المدروسة $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$ وكذا نتائج المقاومة الكهربائية لنفس السبيكة ومن ثم مقارنتهما مع بعض.

أنهيا الموضوع بخاتمة عامة تم ذكر فيها كل ما تناوله البحث بإيجاز.

الفصل الأول

المادة الصلبة وبنيتها

1.1 المقدمة

احتلت المعادن أهمية كبيرة في مختلف نواحي الحياة منذ العصور القديمة، وزادت الحاجة إليها مع تطور المجتمعات و دفع اكتشاف المعادن المختلفة العلماء الى مزجها ليتم الحصول على ما يسمى بالسبائك وهذا بهدف الحصول على خصائص مطلوبة منها المتانة و مقاومة اكبر وبالتالي تطور أكبر، وقد أدى تطوير السبائك و تحسين خصائصها والكشف عن أخرى جديدة إلى قفزة كبيرة في الحياة المعاصرة و المجالات الحياتية من خدمات إنتاجية صناعية و طبية،صيدلانية،زراعية،فنية و حرفية... الخ

تعتبر الأشعة السينية المصدر الرئيسي للمعلومات عن بنية البلورات وذلك بمعرفة ترتيب الذرات داخل البلورات مما أعطى لها الخاصية الدورية و من الوسائل الأخرى المعتمدة في دراسة البنى البلورية المجهر أو الميكروسكوب الالكتروني وكذا تقنية الرنين المغناطيسي.. الخ.

2.1 المعادن

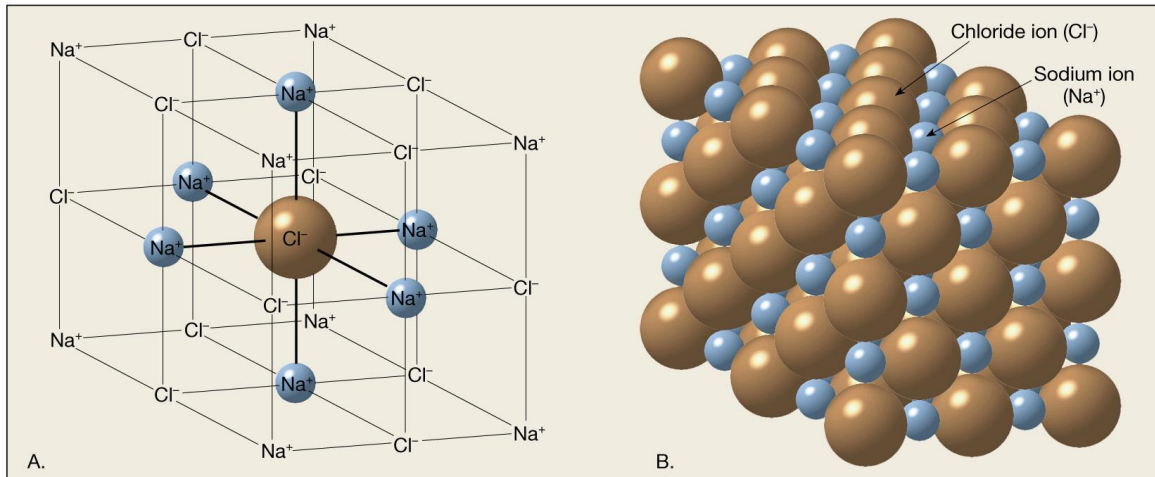
عبارة عن مواد صلبة متجانسة غير عضوية، تتكون في الطبيعة نتيجة بعض العمليات الجيولوجية لها تركيب بلوري داخلي ثابت، تتميز بعدة خصائص منها فقدانها للإلكترونات بسهولة أثناء التفاعل الكيميائي مما يؤدي إلى اكتسابها لأيونات موجبة الشحنة، وكذا الموصلية العالية للتيار الكهربائي بالإضافة إلى البريق وقابليتها الانصهار، كما أن بعض المعادن تتمتع بقابلية التطريق وقابلية اللحام، حيث يجب أن تتوفر فيها أيضا صفة الصلادة، ويترتب المعدن في موقع محدد في الجدول الدوري وهذا وفقاً لنوعه. [1,2]

1.2.1 البنية البلورية للمعادن

يشار إلى كل مجموعة من الذرات أو المجموعات الذرية المرتبة في المواد المتبلورة بالبلورة، حيث تتميز بأن لكل منها شكل هندسي منتظم وأسطح متشابهة ومتوازية، يوجد العديد من أنواع التراكيب البلورية يعتمد كل منها على هندسة الترتيب وانتظام الذرات في كل البلورة وهذا يؤثر بشكل كبير في الخصائص المختلفة للجسم الصلب.

يحتوي المعدن على صفوف منتظمة من الذرات المترابطة كيميائياً لتشكل بنية بلورية معينة فبعض العناصر يمكن أن تتحد مع بعضها بأكثر من طريقة ولذلك فإنه يمكن وجود معدنين مختلفين في الخواص ولكن لهما نفس التركيب الكيميائي.

تسمى المعادن من هذا النوع بالمعادن متعددة الشكل ومن أمثلة هذه المعادن الجرافيت والألماس اللذان يتكونان من الكربون رغم اختلافهما الشديد [8].



الشكل 1-1: رسم تخطيطي يوضح البنية البلورية لمعادن الجرافيت والألماس.

2.2.1 أنواع المعادن

هناك عدّة أنواع من المعادن وتُصنّف نسبةً إلى خصائصها الفيزيائية والكيميائية الى:

- المعادن الحديدية مثل الفولاذ.
- المعادن غير الحديدية مثل الألومنيوم والرصاص والتّحاس.
- المعادن النبيلة مثل الذهب والبلاتين.
- المعادن الثقيلة مثل الزئبق والرصاص.
- السبائك المعدنية مثل $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$ [8,7,6,5,4,3,2,1].

3.2.1 الخصائص الفيزيائية للمعادن

وتتمثل في:

- اللمعان.
- موصلية جيدة للحرارة والكهرباء.
- كثافتها عالية.
- درجة انصهارها عالية.
- قابل للطرق والسحب.
- صلابة عند درجة حرارة الغرفة ما عدا الزئبق.
- قابلية التشكيل. [8,7,6,5,4,3,2,1]

4.2.1 الخصائص الكيميائية للمعادن

وتتمثل في:

- تفقد إلكترونات المدار الأخير بسهولة.
- تتعرض للتآكل.
- أكاسيد في أشكالها الأساسية.
- لديها كهروسلبية قليلة.
- عوامل اختزال جيدة.
- سطح تفاعلي. [8,7,6,5,4,3,2,1]

5.2.1 الخصائص الطبيعية للمعادن

وتتمثل في:

- Optical properties الخواص البصرية مثل الانعكاس و امتصاص الضوء.
- Cohesive properties الخواص التماسكية مثل الصلادة و الانفصام.
- Specific gravity الوزن النوعي.
- Thermal properties الخواص الحرارية.
- Taste, Odor and Feel الخواص الحسية مثل الملمس و الرائحة.
- Other physical properties خواص فيزيائية أخرى. [8,7,6,5,4,3,2,1]

3.1 السبائك

تتكوّن من مزيجٍ من المعادن حيث تميّز بأنها معادن مختلطة فعند تسخين معدنين أو أكثر إلى درجة انصهاره ثم إعادة تبريده يمكن الحصول على مادة جديدة تحتوي على صفات معدنية تختلف عن صفات المعادن التي تكونت منها، فيطلق على المادة الجديدة بالسبائك وهذا بهدف الحصول على الخصائص المطلوبة كقوة أو متانة أكبر ومقاومة أكبر بكثير ضد التآكل، وقد تُستخدم هذه السبائك لتجنّب توليد الحرارة أو مقاومتها. [11,10]

1.3.1 سباكة المعادن

يمكن تعريفها على أنها عملية تشكيل للحصول على منتج من خلال صب المعدن المنصهر في قالب رملي أو معدني حيث يحتوي على فراغ بشكل مسبوك المنتج المطلوب، يرفع المسبوك من القالب بمجرد تجمده أو برودته.

2.3.1 طريقة تحضير السبائك

- تحضير السبائك عادة بصهر الفلزات مع بعضها وترك المنصهر ليبرد تدريجياً.
- الترسيب الكهربائي وذلك بإمكانية الحصول على السبائك بالترسيب الكهربائي لفلزين أو أكثر في نفس الوقت مثل تغطية المقابض الحديدية بالنحاس.

3.3.1 أهمية المعادن وسبائكها

تشكل السبائك المعدنية في الوقت الراهن جزءاً مهماً من الاقتصاد العالمي و هي عصب الصناعات المختلفة، وقد أدى تطوير السبائك و تحسين خصائصها المعروفة منها والكشف عن سبائك جديدة إلى قفزة كبيرة في الحياة المعاصرة و هذا في المجالات الحياتية من خدمات إنتاجية صناعية و طبية،صيدلانية،زراعية،فنية وحرفية... الخ.

4.3.1 أنواع السبائك: الجدول رقم 1.1

لسبائك أنواع مبينة في الجدول التالي [11,10]

السبائك البينية	السبائك الاستبدالية	السبائك البين فلزية
يكون حجم ذرات العنصر الأصلي أكبر من حجم ذرات العنصر المضاف فيدخل بين الطبقات فيمنع انزلاقها مما يغير من طرقه وسحبه ويزيده صلابة ويغير درجة الانصهار و التوصيل الكهربائي و الخواص المغناطيسية.	تتكون باستبدال عدد معين من ذرات الفلز الأصلي بعدد مماثل له من ذرات الفلز المضاف.	في هذا النوع تتحد العناصر المكونة للسبيكة اتحادا كيميائيا فتتكون مركبات كيميائية لها خواص جديدة غير خواص الفلز النقي.
تتوفر في عناصره الشروط التالية:	تتوفر في عناصره الشروط التالية:	تتوفر في عناصره الشروط التالية:
• مختلفة الحجم	• متقاربة في الحجم	• لا تقع في نفس المجموعة
• تتوفر في عناصره الشروط التالية:	• متشابهة في الخواص الكيميائية	• يتم بينها اتحاد كيميائي
• مختلفة الحجم أي لا تقع في مجموعة واحدة	• متشابهة في الشبكة البلورية	• صيغتها لا تخضع لقوانين التكافؤ المعروفة
• لا يتم بينها اتحاد كيميائي	• البلورية	• تكون صلبة
• يسهل فصلها	مثال: سبيكة النحاس و الذهب وسبيكة الحديد والكروم وكذا الحديد والنيكل	مثال: سبيكة الألمنيوم والنيكل

4.1 الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر Fe وB وSi وCr: الجدول رقم 2. I

الجدول التالي يمثل الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لعناصر السبيكة المدروسة. [20,11]

المظهر	الحديد	البورون	السيليكون	الكروم
				
رمادي فلزي	أسود-بني	رمادي له بريق أزرق	رمادي فضي فلزي	
الرمز	Fe	B	Si	Cr
العدد الذري	26	5	14	24
الطور	صلب	صلب	صلب	صلب
الموقع في الجدول الدوري للعناصر	المجموعة الثامنة والدورة الرابعة	المجموعة الثالثة عشر والدورة الثانية	المجموعة الرابعة عشر والدورة الثالثة	المجموعة السادسة والدورة الرابعة
الكتلة الذرية	55.845g/mol	10.811 g/mol	28.0855g/mol	g/mol 51.9961
بعض النظائر	Fe ⁵⁴ Fe ⁵⁶	B ¹⁰ B ¹¹	Si ²⁸ Si ²⁹	Cr ⁵⁰ Cr ⁵¹
نصف القطر الذري	126 Pm	90 Pm	111Pm	128Pm
الكثافة(عند درجة حرارة الغرفة)	7.874g. cm ⁻³	—	2.3290g. cm ⁻³	7.19g. cm ⁻³
كثافة السائل عند نقطة	6.98g. cm ⁻³	2.08g. cm ⁻³	2.57g. cm ⁻³	6.3g. cm ⁻³

				الانصهار
2671°C	3265°C	3927°C	2862°C	نقطة الغليان
21.0kJ/mol	50.21kJ/mol	50.2 kJ/mol	13.81kJ/mol	حرارة الانصهار
339.5kJ/mol	359 kJ/mol	480 kJ/mol	340,0 kJ/mol	حرارة التبخر
23.35 J/mol.K	19.789J/mol.K	11.087 J/mol.K	25,10 J/mol.K	السعة الحرارية (عند 25°C)
125nΩ.m (20°C)	10 ³ Ω.m (20°C)	(20°C) 10 ⁶ Ω.m	96.1nΩ.m (20°C)	المقاومة الكهربائية
93.9w/m.K (300K)	149w/m.K (300 k)	27.4 w/m.K (300K)	w/m.K (300 80.4K)	الناقلية الحرارية
4.9μm/m.K (25°C)	2.6μm/m.K (25°C)	7_5μm/m.K (25°C)	(25°C)11.8μm/m.K	التمدد الحراري
1907°C	1414°C	2076°C	1538°C	نقطة الانصهار

5.1 كيفية تبلور المعادن

تعتمد عملية التبلور على الترموديناميكا وحركة الجزيئات مما يجعل من الصعب التحكم في تلك العملية، وتدخل

فيها مسألة نقاوة المادة المتبلورة وطريقة خلط المكونات وتصميم طريقة التبلور وخطة التبريد كل تلك العوامل

تؤثر على حجم البلورة المتكونة وعدد البلورات وشكلها.

ويمكننا تصور عملية التبلور بتخييل جزئي في داخل بلورة مثالية عندما ترفع درجة حرارتها بواسطة مصدر حراري

خارجي، فعند وصول البلورة إلى درجة حرارة معينة (مميزة لمادة البلورة) ينقص الرباط بين الجزيئ وما حوله فجأة

ولحظيا يحدث ذلك لجميع الجزئيات في البلورة فتتفصل الجزئيات عن بعضها وتفقد هيكلها البلوري مكونة سائلا (يصبح توزيع مجموع الجزئيات عشوائيا لا شكل داخلي لها)، وتصف الديناميكا الحرارية تلك العملية التي تحول المادة الصلبة المتبلورة إلى السيولة بسبب زيادة الإنتروبية S حيث تزيد عشوائية توزيع الجزئيات في النظام وتغلبه على الإنتالبية H أي قوي الروابط بين الجزئيات.

$$T(S_{liquid} - S_{solid}) > H_{liquid} - H_{solid}$$

$$G_{liquid} < G_{solid}$$

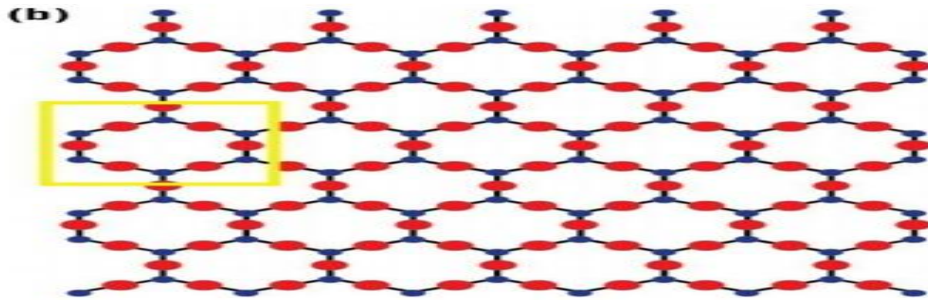
G تسمى طاقة جيبس الحرة وهي في السائل أقل من مقدارها في المادة الصلبة أو البلورة.

تلك العملية تحدث دائما عند ارتفاع درجة الحرارة وعند عملية التبريد، فعد التبريد ووصول درجة الحرارة المميزة للمادة فجأة تتشابك الجزئيات وتتخذ شكلها البلوري [11,9,2,1].

1.5.1 المواد الصلبة المتبلورة

عبارة عن ترتيب هندسي ودوري للذرات في الفضاء الثلاثي الأبعاد على المدى الطويل (البلورة المثالية)، مما أدى إلى الحالة المستقرة والبنية المنتظمة كمثال لهذه المواد المعادن و أغلب المركبات الكيميائية (الشكل 2.1).

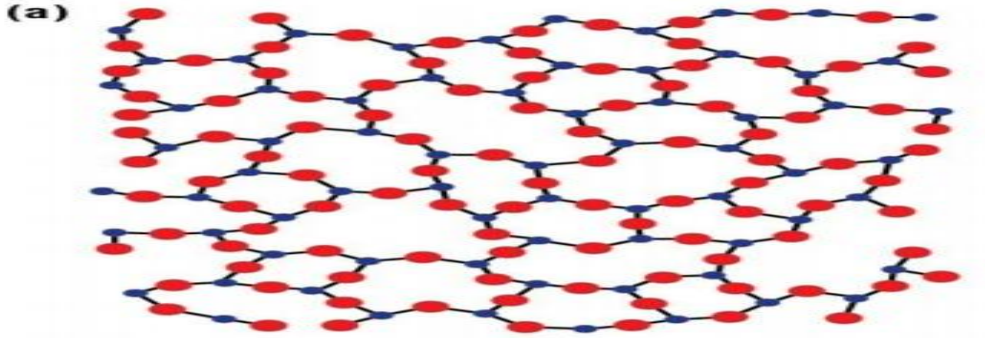
[11,2,1]



الشكل 2.1: رسم تخطيطي لبنية مادة صلبة متبلورة

5.1. 2. المواد الصلبة غير المتبلورة

عبارة عن ترتيب عشوائي للذرات ويخضع لنظام المدى القصير و ليس لها تركيب شبكي أو وحدة بنائية و بنيتها شبه مستقرة مثل الزجاج والشمع(الشكل 3.1). [11,2,1].



الشكل 3.1: رسم تخطيطي لبنية مادة صلبة غير متبلورة

5.1. 3. المقارنة بين المواد البلورية وغير البلورية

المادة غير المتبلورة

- لا يوجد ترتيب هندسي للذرات أو الأيونات.
- لا يوجد تركيب شبكي أو وحدة بنائية.
- لا تتكون بلورة أي لا يوجد مستوى انفصام ولكن يوجد مكسر. [1]

المادة المتبلورة

- يوجد ترتيب هندسي للذرات أو الأيونات.
- يوجد تركيب شبكي و وحدة بنائية .
- تتكون بلورة أي يوجد مستوى انفصام ومكسر. [1]

6.1 الأشعة السينية

هي أشعة كهرومغناطيسية ذات طول موجي بين (0.01 و 10) نانومتر، تستخدم بشكل واسع في التصوير الشعاعي وفي العديد من المجالات التقنية والعلمية.

اكتشفت الأشعة السينية عام 1895 على يد العالم رونتنجن حيث وجد أنه تنبعث من الأنبوبة المولدة للأشعة الكاثودية (المهبطية) أشعة غير معروفة تخترق الزجاج وكذلك العديد من الأجسام غير الشفافة بالنسبة للضوء العادي. [24,23,12]

1. 6.1 من خصائص الأشعة السينية:

- ذات طبيعة كهرومغناطيسية.
- تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء وفق خطوط مستقيمة وفي سائر المناحي.
- لا تنحرف تحت تأثير الحقلين الكهربائي والمغناطيسي.
- تؤدي إلى تأين الغازات التي تعبرها ويستفاد من ذلك في قياس كمية الأشعة السينية باستخدام حجرة التأين.
- قادرة على احتراق جسم الإنسان ويكون ذلك أسهل بقدر ما تكون نفوذيتها أكبر.
- تتخامد ذاتياً بشكل طردي مع مقلوب مربع بعدها عن المنبع.
- تتخامد لدى احتراقها للمادة، ويزداد تخامدها بقدر ما تكون كل من ثخانة المادة وكثافتها كبيراً.
- تحدث تفاعلات كيميائية وحيوية ضمن الأنسجة الحية مما يؤدي إلى تأين وانحراف الإستقلاب الخلوي.
- تتسبب في إسوداد مستحلبات التصوير الضوئي. [24,23,12]

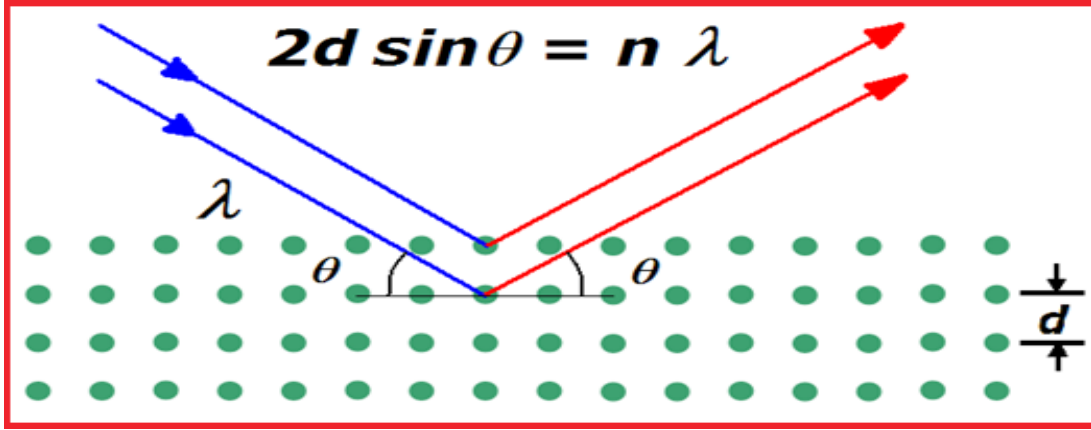
2.6.1 انعراج الأشعة السينية وقانون براغ

استخدمت الأشعة السينية في دراسة البنية البلورية لأول مرة من قبل العالمان لاوي وبراغ وذلك في عام 1913، وبعد هذا التاريخ بخمسة عشر عاماً تم استخدام حزم الإلكترونات والنيوترونات في دراسة البنية البلورية، تعتبر دراسة انعراج الأشعة السينية بواسطة البلورات ذات أهمية كبيرة، وذلك لأن لهذه الظاهرة تطبيقات هامة تتمثل فيما يلي:

- يسمح المقياس الطيفي للأشعة السينية بمعرفة تركيب حزمة الأشعة السينية.
- دراسة التركيب للجزيئات وبشكل خاص الجزيئات ذات الأهمية البيولوجية.
- تحديد المسافة الفاصلة بين الذرات ضمن البنية البلورية.
- وضع مختلف أنواع الذرات المكونة للجزيئة.
- تحديد أنواع الروابط بين الجزيئات وضمن الجزيئة الواحدة.

لقد تمكن العالم براغ من تحديد البنية البلورية لبعض الجزيئات وذلك اعتماداً على فرضية أن الذرات في الجزيئة تتوزع بشكل منتظم ضمن شبكة البلورة على شكل مستويات متوازية يفصل بينها مسافة ثابتة تدعى بالبعد الشبكي البلوري.

ولاحظ أنه عندما تسقط حزمة من الأشعة السينية على إحدى الذرات في أي من المستويات البلورية فإنها تعاني من ظاهرة الانعراج (التشتت)، وذلك اعتماداً على نظرية التداخل للأمواج وتوصل إلى وضع معادلة سميت باسمه وتعطى بالشكل التالي:



الشكل 4.1: رسم تخطيطي يوضح ظاهرة الانعراج ومعادلتها

$$(1) \quad 2d \sin\theta = n \lambda$$

تدعى هذه العلاقة بقانون براغ في الانعراج (أو شرط براغ في الانعراج).

حيث θ تمثل الزاوية الكائنة بين الشعاع الوارد ومستوى السطح البلوري، d يمثل المسافة الفاصلة بين مستويين بلوريين متتاليين ويدعى أيضاً بالبعد الشبكي البلوري، λ يمثل الطول الموجي للشعاع السيني الوارد، n عبارة عن عدد صحيح يمثل ترتيب المستوي البلوري حيث $n=1, 2, 3, \dots$ [24,23,12].

3.6.1 استخدام الأشعة السينية في تحليل التركيب البنائي للمادة الصلبة

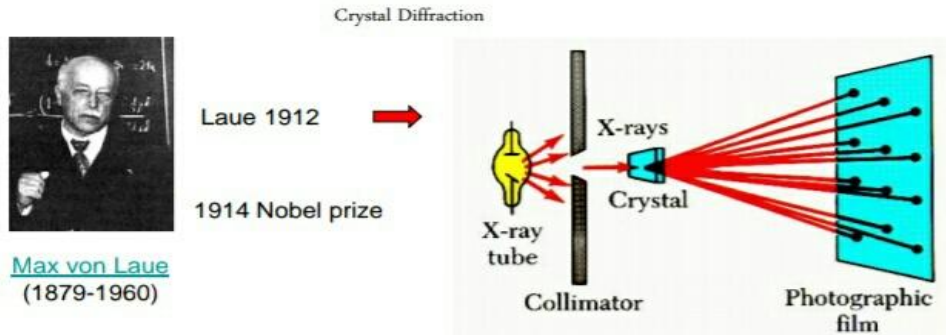
بنيت فكرة الاستخدامات العديدة للأشعة السينية في تحليل التركيب البنائي الذري للحالة الصلبة على حقيقة أنه يحدث للفوتونات المستخدمة حيود عند تفاعلها مع الأنظمة (مراكز الحيود) التي تكون مرتبة بشكل منتظم ومتكرر وبينها مسافات تساوي الطول الموجي للأشعة المستخدمة والتي تكون في حدود $10^{-10} m$ تماماً كما تكون الأطوال الموجية للأشعة السينية. [24,23,12].

4.6.1 الأشعة المستخدمة لدراسة التركيب البلوري

تعتبر الأشعة السينية المصدر الرئيس للمعلومات عن بنية البلورات وذلك لأنها تتمتع بطيف واسع من الأطوال الموجية (الأشعة البيضاء) تتناسب تماما مع كافة الأبعاد بين الذرية في الجامد.

حيث يمكن استخدام البلورات الحقيقية كشبكات حيود فضائية (فراغية) للأشعة السينية التي أطوال أمواجها من مرتبة الأبعاد الذرية، لكي تكون الأشعة مناسبة لدراسة التركيب البلوري للمادة في الحالة الصلبة يجب أن يكون الطول الموجي للأشعة مساويا تقريبا للمسافة بين الذرات، وحيث أن المسافة بين ذرات المادة الصلبة تكون في حدود $10^{-8}m$ فإن الأشعة التي بواسطتها يمكن الحصول على معلومات مهمة عن التركيب البنائي للمادة يجب أن يكون لها طول موجي في نفس الحدود.

عند سقوط بعض أنواع الإشعاعات على المادة الصلبة فإنها تنتشت بواسطة المستويات الذرية للمادة وتحدد عن مسارها وتتداخل معا مكونة نموذج حيود (Diffraction pattern) (الشكل 5.1) يحمل في طياته معلومات عن التركيب البنائي للمادة، يمكن استخراج هذه المعلومات والحصول على تفاصيل التركيب البنائي للمادة المتبلورة عن طريق تحليل نماذج الحيود الجيدة للأشعة داخل هذه المادة. [24,23,12]



الشكل 5.1: رسم تخطيطي لنموذج للحيود.

7.1 المجاهر Microscopes

يوجد في هذا الكون الكثير من الأشياء الصغيرة و متناهية الصغر التي لا يمكن رؤيتها بالعين، ولكن مع اختراع المجهر أو ما يسمى بجهاز الميكروسكوب أصبح من السهل رؤية هذه الأشياء، ويمكن تعريف الميكروسكوب في علم المجهرات هو الجهاز الذي يعمل على تكبير الأشياء الصغيرة والدقيقة بوضوح وبتفصيل أكثر وترجع بداية اختراع المجهر في عام 1590 على يد الألماني هانس ليبرشي و زكريا جانسين وكان أول من أطلق على هذا الجهاز اسم الميكروسكوب هو الطبيب الألماني جيوفاني فابر عام 1625 ومن ذلك الحين تطورت صناعة المجهر وظهرت أنواع عديدة منه. [26,13]

1.7.1 أنواع المجاهر

المجهر الضوئي: ويوجد البسيط و المركب فالبسيط يتكون من عدسة واحدة و المركب من عدة عدسات، وكذا المجهر التشريحي و مجهر الأشعة فوق البنفسجية

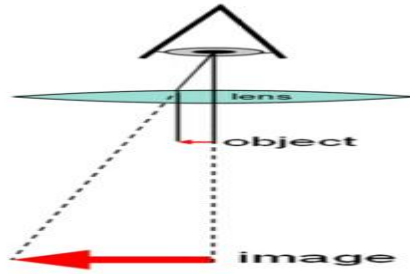
المجهر الإلكتروني: ومنه الماسح و النافذ. [13]

2.7.1 المجهر الضوئي

عبارة عن جهاز مكبر يعتمد على الضوء والعدسات لتكبير المادة، وهو مثالي لاستخدام في التعليم والمجال الطبي ومن مزاياه أنه يوفر امكانية مراقبة أنشطة الخلايا الحية، ومن أنواعه المجهر الضوئي المركب وكذا البسيط. [26,13]

3.7.1 كيفية عمل المجهر الضوئي البسيط

يستعمل المجهر الضوئي البسيط لتكبير الأشياء وذلك من خلال التكبير الزاوي وحده، والذي يعطي للمشاهد صورة مكبرة و واقعية، يقوم المجهر بتجميع الضوء المنبعث من العينة الصغيرة المضاءة ولقرب هذه الأخيرة فان المجهر لا يحتاج الى عدسة شيئية كبيرة ولذلك فإنها تكون صغيرة وكروية ما يمنحها بعدا بؤريا أصغر على الجوانب، وهكذا لنتمكن من رؤية العينة بالعين المجردة (الشكل 6.1). [13]



الشكل 6.1: رسم تخطيطي لآلية الرؤية بالمجهر الضوئي.

4. 7.1 كيفية عمل المجهر الضوئي المركب

يتكون هذا الجهاز من عدسة تكبير في العدسة العينية، وأخرى في العدسة الشيئية، وتصل قوة تكبيره للجسم من 40 الى 1000 مرة، ويعتبر من أهم الأجهزة في علم الأحياء.

يعمل بنفس مبدأ المجهر الضوئي البسيط لكن باستعمال عدسة قريبة من العينة المراد رؤيتها، فنحصل على صورة حقيقية تم تكبيرها بواسطة مجموعة من العدسات الأخرى. [26,13]

5.7.1 طرق الفحص المجهرى

تستخدم هذه الطرق لدراسة البنية المجهرية للمعادن والسبائك، وتعتبر هذه الطرق من أهم الوسائل الرئيسية لتحقيق ذلك ويعود هذا الى وجود علاقة كيفية مباشرة بين البنية المجهرية للمعادن والسبائك وبين العديد من خواصها، ويتيح التحليل الميكروسكوبي تعيين حجم وشكل الحبيبات، ونمط توزيع الأطوار المكونة للسبائك بالاضافة الى اظهار البنية المميزة لبعض أنواع المعاملات والكشف عن أدق عيوب المعادن مثل وجود الشوائب غير المعدنية، أو الشقوق المجهرية الدقيقة للغاية وغيرها. [13]

6.7.1 أجزاء المجهر الضوئي المركب

- القاعدة: وهو الأساس الذي يتركز عليه المجهر.
- الذراع: هو الجزء الذي يحمل أنبوبة المجهر.
- المسرح: هو الجزء الذي يثبت عليه شريحة المجهر.
- الضابطان: حيث يعمل النوع الأول على اظهار الصورة، والآخر لضبط البعد البؤري.
- العدسة العينية المثبتة في أعلى الأنبوبة التي يحملها الذراع.
- المسرح على قرص متحرك.
- المكثف.
- المرآة.
- مصباح الاضاءة. [13]



الشكل 1. 7: رسم تخطيطي لتركيب المجهر الضوئي المركب.

الفصل الثاني

الانتقال الحراري والظواهر

الكهروحرارية

1.1 المقدمة

ان الكهرباء و الحرارة من أهم مصادر الطاقة في وقتنا الحالي اذ تشكل جزء أساسي في الطور الراهن، ويتم التحول من الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية عبر آلية الانتقال الالكتروني وهو عبارة عن ظاهرة فيزيائية تتسم بها بعض المواد الصلبة والتي تدخل في اطار تحول الطاقة من شكل الى آخر وهذا بفعل حركة الالكترونات داخل المادة بتغيير الشروط المتواجدة فيها(درجة الحرارة، الضغط .. الخ).

وتسمح هذه المواد بالتحول المباشر لطاقة من شكل حراري الى كهربائي والتي تتم بتحريك كمية الحرارة عن طريق تطبيق تيار كهربائي وبالتالي تتحول الطاقة الكهربائية الى حرارية حيث يسمى هذا التحول بالظواهر الكهروحرارية ومن بين هذه الظواهر: ظاهرة سيباك، ظاهرة بيلتيه، ظاهرة طومسون.

2.2 الانتقال الحراري

من المعروف عند تلامس جسمان فان الحرارة تنتقل من الجسم ذي درجة الحرارة المرتفعة الى الجسم ذي درجة الحرارة الأقل، ويتوقف الانتقال الحراري بين الجسمين عندما تتساوى درجة حرارتهما.

الحركة الاهتزازية لجسيمات المادة هي المسؤولة عن انتقال الحرارة والتي تغير من المحتوى الحراري للمادة و بدورها تغير من خواصها فمن حيث الحالة (الصلبة، السائلة، الغازية) و من حيث خواص أخرى مثل اللزوجة و البنية البلورية... الخ [17].

3.2 طرق انتقال الحرارة

3.2.1 طريقة التوصيل: هو عملية انتقال الطاقة عبر المادة من جسيم الى اخر، كما تعبر هذه الطريقة عن

انتقال و توزيع الطاقة الحرارية من ذرة الى أخرى ضمن المادة الواحدة.

3.2.2 طريقة الحمل الحراري: هو انتقال الطاقة الداخلية من و الى الجسم عن طريق الحركة الفيزيائية

الناجمة من المائع المحيط بالجسم والذي ينقل الطاقة الداخلية عبر كتلته.

3.2.3 طريقة الاشعاع: ان طريقة انتقال الحرارة بالإشعاع لا تحتاج لوجود رابط بين مصدر الحرارة والجسم

الذي تنقل اليه الحرارة على عكس الطرق الأخرى ،ففي هذه الحالة يمكن نقل الحرارة عبر الفراغ عن طريق

الاشعاع الحراري. [16,15,14]



الشكل 1.2: صورة توضح طرق انتقال الحرارة

4.2 قانون التوصيل الحراري

ان انتقال الحرارة بين الأجسام يعني انتقال الطاقة الحرارية من الجزء الساخن الى الجزء البارد، فإذا عرفنا أن الحركة

الاهتزازية لجسيمات المادة تمثل معظم الطاقة الحرارية بالمادة فان جسيمات الجزء الساخن تكون ذات سعة

اهتزازية أكبر من جزيئات الجزء البارد ونتيجة التصادم بين هذه الجسيمات والجسيمات المجاورة تنتقل إليها جزء من

طاقاتها الحرارية أي تزداد سعة اهتزازها وهذه بدورها تعمل على نقل الطاقة الحرارية بالتصادم الى الجسيمات المجاورة وهكذا تستمر العملية الى أن تكتسب جميع الجسيمات نفس معدل الطاقة الحرارية وعندها يتوقف انتقال الحرارة.

ان انتقال الحرارة في الأجسام الصلبة يتم بواسطة التصادمات الجزيئية، وتسمى هذه الطريقة بالتوصيل الحراري، وتكون المعادن جيدة التوصيل الحراري.

يعرف الميل الحراري على أنه تغير درجة الحرارة مع تغير المسافة على طول الجسم، فعند وجود فرق بدرجات الحرارة على جانبي جسم صلب فان الحرارة ستنساب من المنطقة ذات درجة الحرارة الأعلى (T_2) الى المنطقة ذات درجة الحرارة الأقل (T_1).

الا أن شكل خطوط انتقال الحرارة خلال المادة يعتمد أساسا على طريقة العزل الحراري للمادة، فعندما يغلف القضيب بمادة عازلة للحرارة فان خطوط انتقال الحرارة تكون بصورة مستقيمة ومنتظمة، اما في حالة عدم عزل القضيب حراريا فان خطوط انتقال الحرارة تسلك مسارات غير منتظمة، وفي الحالتين وبعد مرور فترة زمنية كافية تستقر درجة حرارة الأجزاء المختلفة من المعدن عند قيم ثابتة لا تتغير.

ويعرف معامل التوصيل الحراري K على أنه المعدل الزمني لانسياب الحرارة خلال المادة لوحدة المساحة لكل وحدة تدرج حراري، وعليه تعطى كمية الحرارة بالمعادلة:

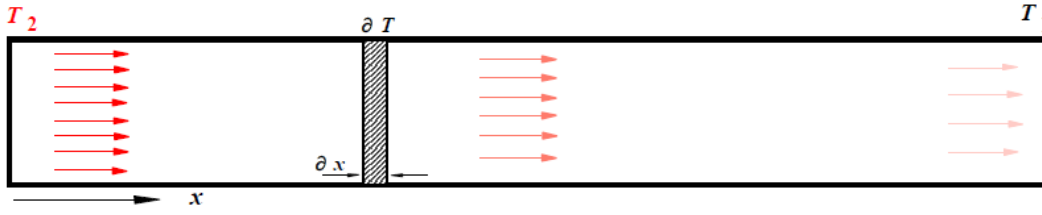
$$(1.2) \quad Q = K A t \left(\frac{dT}{dx} \right)$$

Q : تمثل كمية الحرارة.

K : معامل التوصيل الحراري.

A : مساحة مقطع انسياب الحرارة.

dT/dx : الميل الحراري. [17]



الشكل 2.2: مخطط توضيحي لانتقال الحرارة في المعادن

5.2 العوامل المؤثرة في انتقال الحرارة بالتوصيل

- طول القضيب (عكسي).
- مساحة مقطع القضيب (طردي).
- الزمن (طردي).
- الفرق في درجة الحرارة (طردي).
- نوع المادة الصلبة. [17]

6.2 الخواص الفيزيائية لناقل

6.2.1 الكثافة الإلكترونية

تميز المواد الناقلة بامتلاكها لعدد كبير من ناقلات الشحنة الحرة مقارنة بغيرها من الأوساط المادية، ففي حين يكون عددها في العوازل من رتبة $10^{10} m^{-3}$ وفي أشباه النواقل تتراوح بين $10^{15} m^{-3}$ و $10^{12} m^{-3}$ ، وتكون في النواقل من رتبة $10^{24} m^{-3}$ أو أكثر. [22,21,20]

2. 6.2 المقاومة الكهربائية

المقاومة الكهربائية أو المقاومة النوعية هي خاصية تختلف من مادة لأخرى، ويرمز لها بالحرف اللاتيني (ρ) ويقرأ ريو ρ تستخدم لحساب المقاومة الكهربائية لموصل منتظم الشكل والبنية، الوحدة المستخدمة هي ($\Omega \cdot m$) وهي اختصار ل ($\Omega \cdot m^2/m$) ومقلوب المقاومة النوعية يعطينا الموصلية الكهربائية، وهي تعبير عن مقاومة المادة لسريان التيار الكهربائي عبرها مسببة تحويلاً للطاقة الكهربائية إلى حرارة أو ضوء أو أية أشكال أخرى للطاقة، قيمة المقاومة تعتمد على نوع المادة بحيث تكون المواد التي لها مقاومة منخفضة هي نواقل جيدة للكهرباء بينما تعتبر المواد ذات المقاومة العالية عوازل جيدة.

وجد بالتجارب العملية أن للأسلاك ذات الحجم والشكل الواحد المصنوعة من مواد مختلفة مقاومات مختلفة، فسلك النحاس مثلاً مقاومته أقل من مقاومة سلك حديدي له نفس الحجم، وتعليل ذلك هو انسياب الشحنات بين ذرات وحزيمات المادة يلاقي مقاومة ناتجة عن تصادمها بذررات والكترونات المادة ومن ذلك يتضح إن إعاقه انسياب الشحنات في المادة يرتبط بطبيعة المادة وتركيبها الذري والبلوري، فكلما ازدادت الإعاقه لمرور الشحنات خلال المادة كلما ازدادت مقاومتها للتيار الكهربائي المار فيها كما وجد بالتجارب العملية انه كلما زاد طول السلك كلما ازدادت قيمة مقاومته، أي أن مقاومة السلك تتناسب طردياً مع طوله وهذا مرتبط بزيادة مسافة الإعاقه لمرور الشحنات خلال السلك، ووجد بالتجارب العملية أيضاً أن مقاومة السلك تزداد كلما قلت مساحة مقطعه العرضي أي أن مقاومة السلك تتناسب عكسياً مع مساحة مقطعه، ولذلك فإننا بحاجة إلى وسيلة من شأنها تمييز خصائص المقاومة الذاتية.

لنعتبر سلكاً طوله L ومساحة مقطعه العرضي A لدينا $R \propto (L/A)$ ومنه $R = \rho (L/A)$

حيث ρ مقدار ثابت يسمى المقاومة وهو خاصية مميزة للمادة المصنوع منها السلك، وعندما تكون L بوحدة المتر و A بوحدة بالمتر مربع و R بالأوم فان وحدة ρ تكون $(\Omega \cdot m)$ ، والجدول التالي (الجدول رقم 1.1) يبين

قيمة اختلاف المقاومة النوعية لبعض الموصلات والعوازل في درجة حرارة الغرفة. [25]

الموصلات	المادة	$\Omega \cdot m$	العوازل	المادة	$\Omega \cdot m$
	الفضة	1.629×10^{-8}		الجرافيت	3.5×10^{-8}
	النحاس	1.724×10^{-8}		الخشب	$10^8 - 10^{12}$
	الألمنيوم	2.86×10^{-8}		الزجاج	$10^{10} - 10^{14}$
	الذهب	1.47×10^{-8}		البولي ستايرين	$10^{15} - 10^{19}$
	الحديد	10×10^{-8}		الكوارتز	75×10^{16}

1.2.6.2 علاقة المقاومة النوعية بدرجة الحرارة

تتراوح المقاومة النوعية للعناصر المختلفة ضمن المجالات التالية:

$$10^{-8} < \rho(\Omega \cdot m) < 10^{-4} \quad \text{المواد الناقلة}$$

$$10^{-4} < \rho(\Omega \cdot m) < 10^6 \quad \text{المواد نصف الناقلة}$$

$$10^6 < \rho(\Omega \cdot m) < 10^{16} \quad \text{المواد العازلة}$$

عندما تزداد درجة حرارة المعدن تكتسب الكثرونات الناقلية طاقة حركية زائدة فتزداد اصطداماتها بالشبكة البلورية مما يعيق حركتها وتنخفض وبالتالي ناقليتها الكهربائية أو يمكن القول المقاومة النوعية للمعادن تزداد بزيادة درجة حرارته، حيث في الدرجات المتوسطة من الحرارة (0-200°C) تعطى المقاومة النوعية للمعادن وفق العلاقة الآتية:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

حيث $\alpha = 1/273$ وهو عامل المقاومة الحراري و ρ_0 المقاومة النوعية عند درجة الصفر المطلق.

في الدرجات المنخفضة جدا من الحرارة أقل من 30K° تنخفض المقاومة النوعية بسرعة حتى اذا وصلت الى درجة محددة T_c (تابعة لنوع المعدن) تنعدم المقاومة النوعية فجأة والمعدن في هذه الحالة لا ينشر حرارة بفعل جول وبالتالي يمكن تمرير تيارات عالية جدا في المعدن حيث تدعى هذه الحالة من الناقلية فرط الناقلية. [25]

3. 6.2 الناقلية الحرارية

الناقلية الحرارية معيار لقابلية المادة لنقل الحرارة أين تنتقل الحرارة في الجسم الصلب بانتقال الإلكترونات الحرة انتقالا فيزيائيا و كذا باهتزازات الذرات و الجزيئات، في وقت تتوقف الحرارة عن السريان عندما تتساوى درجات الحرارة في جميع نقاط الجسم الصلب مع درجة حرارة الوسط المحيط. [22,21,20]

4. 6.2 الناقلية الكهربائية

الناقلية الكهربائية هي معيار لمدى قابلية الوسط لحركة الشحنة الكهربائية خلاله وهي تمثل نسبة كثافة التيار إلى شدة الحقل الكهربائي، تتأثر الناقلية الكهربائية بعدة معاملات، مثل التركيب الكيميائي للمواد، وحالة إجهاد البنية البلورية، الخ، لذلك يمكن إستعمال الناقلية الكهربائية لقياس نقاوة المياه ولتصنيف المواد،... الخ [22,21,20]

7.2 الآثار الكهروحرارية

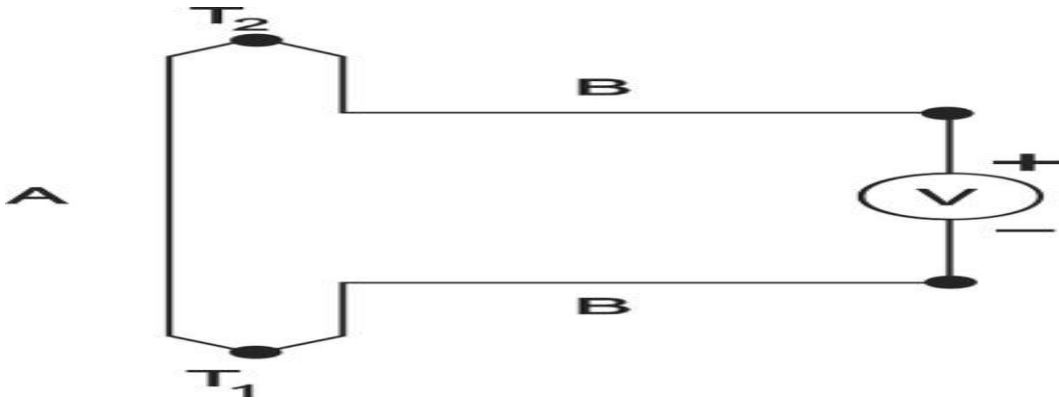
تتناول الآثار الكهروحرارية العلاقات المختلفة بين توليد قوة محرّكة كهربائية نتيجة وجود فرق في درجة الحرارة بالمادة نفسها أو عند الوصلة بين مادتين مختلفتين سواء في اتجاه معين أم في الاتجاه المعاكس: بمعنى توليد فرق في درجة الحرارة عند تطبيق قوة محرّكة كهربائية.

بينت التجربة أن اتصال معدنين مختلفين بالنوع في نقطتين مختلفتين بحيث يشكلان دائرة مغلقة يؤدي إلى نشوء تيار كهربائي فيها إذا كانت درجتا حرارة نقطتي الاتصال مختلفتين، ويمكن لهذه الحالة أن تظهر في الاتجاه المعاكس أي عند مرور تيار كهربائي في هذه الدائرة فإنه يسبب اختلافاً في درجتي حرارة نقطتي الاتصال، كما أن مرور التيار في الدارة السابقة يسبب توليد حرارة أو خسارة لها إذا كانت درجتا حرارة نقطتي التماس متساويتين، ومن جهة ثانية فإن مرور التيار في ناقل يحتوي على تدرج حراري وفق طوله يؤدي أيضاً إلى توليد أو خسارة في الحرارة لهذا دعيت هذه الظاهرة باسم الظاهرة الكهروحرارية وتتعلق خواص هذه الظاهرة بكل من نوعي المعدنين المستخدممين ودرجة حرارة نقاط الاتصال.

يمكن الإشارة إلى أن مرور تيار كهربائي في ناقل درجة حرارته ثابتة يؤدي إلى انتشار كمية من الحرارة متناسبة مع مربع شدة التيار المار في الناقل ولا تتعلق هذه الكمية بجهة مرور التيار (أثر جول)، وهذه الظاهرة غير عكوسة، وبصورة عامة فقد جرت العادة عند دراسة الآثار الكهروحرارية التمييز بين ثلاثة آثار مرتبطة بهذه الظاهرة تستخدم في القياسات الحرارية وتحقق تحولات عكوسة بين الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية، هي أثر سيبك وأثر بلتيه وأثر طومسون. [18,11,9].

1. 7.2 أثر سيبك

عند وضع منطقتي التماس junction لمعدنين مختلفين A و B في درجتى حرارة مختلفتين T_1 و T_2 (الشكل 3.2) تنشأ في الدارة قوة محرّكة كهربائية emf تتعلق قيمتها بخصائص المعدنين ودرجتى حرارة منطقتي التماس، هذه الظاهرة تدعى أثر سيبك.



الشكل 3.2: دارة لظاهرة سيبك.

فإذا كانت درجة حرارة إحدى منطقتي التماس ثابتة و تساوي درجة حرارة انصهار الجليد مثلاً (الصفير المتوي) تتغير قيمة القوة المحركة الكهربائية بتغيّر درجة حرارة المنطقة الثانية وفق العلاقة (1) :

$$\varepsilon = \alpha_1 t + \frac{1}{2} \alpha_2 t^2$$

حيث تمثل t درجة حرارة المنطقة الثانية مقدرة بالسلسيوس (الدرجة المتوية) و α_1 و α_2 ثوابت تتعلق بنوع المعادن المختلفة المستعملة.

يمكن أن تحدث هذه الظاهرة أيضاً في حالة سلك وحيد يحتوي على تدرج حراري Gradient thermique ووفق طوله، عند وجود فرق في درجة الحرارة قدره ΔT بين طرفي السلك، فإنه يسبب خللاً في

التوازن الحراري وينشأ تيار حراري $I_Q = dQ/dt$ وهذا يسبب ازدياداً في قيمة الأنتروبية عند الطرف البارد للسلك، على حين تنخفض قيمة الأنتروبية عند الطرف الساخن، أي يمكن القول إنه نشأ تيار من الأنتروبية عبر السلك يعرّف بأنه تيار العشوائية المنتقلة عبر السلك و يرمز له I_S و يمكن التعبير عن تغير الأنتروبية بالعلاقة (2):

$$\frac{dS}{dt} = I_Q \frac{\Delta T}{T^2} = I_S \frac{\Delta T}{T}$$

تمثل المعادلة 2 تعريفاً لتيار الأنتروبية بافتراض معامل ناقليتها هو نفسه معامل الناقلية الحرارية، وبالتالي فإن:

$I_S = I_Q / T$ كذلك عند تطبيق فرق في الكمون قدره ΔV على طرفي السلك ينشأ تيار كهربائي I يسبب

اختلاف درجة حرارة نهايتي السلك، وبالتالي تغير في تيار الأنتروبية وفق العلاقة (3):

$$\frac{dS}{dt} = I \frac{\Delta V}{T}$$

حيث تمثل $I\Delta V$ كمية الحرارة المتولدة في وحدة الزمن.

في الحالة العامة عند تطبيق كل من ΔT و ΔV بأن واحد على طرفي السلك سيكون معدل تغير الأنتروبية

مجموعهما أي يساوي وفق العلاقة (4):

$$\frac{dS}{dt} = I_S \frac{\Delta T}{T} + I \frac{\Delta V}{T}$$

وعندما يكون الابتعاد عن حالة التوازن صغيراً (بحيث تبقى التحولات عكوسة) أي عندما يكون تغير درجة الحرارة وتغير فرق الكمون صغيرين كفاية، تكتب العلاقة التي تربط التيار الكهربائي والتيار الأنترابية بدرجة الحرارة وفرق الكمون كما يلي :

$$I_S = L_{11} \frac{\Delta T}{T} + L_{12} \frac{\Delta V}{T} \quad (5)$$

$$I = L_{21} \frac{\Delta T}{T} + L_{22} \frac{\Delta V}{T}$$

حيث L_{11} و L_{22} ثوابت تمثل الناقلية الحرارية و الناقلية الكهربائية على الترتيب، أما L_{12} و L_{21} فهي ثوابت ارتباط توضح أثر فرق الكمون وأثر فرق درجة الحرارة على الأنترابية على الترتيب، غير أن قيمتي هذين الثابتين متساويتان أي $L_{12} = L_{21}$ ففي الحالة التي يكون فيها $TD = 0$ يتبين من المعادلة (5) أن:

$$S^* = I_S / I = L_{12} / L_{22} = L_{21} / L_{22} = \frac{I_Q}{IT} \quad (6)$$

حيث يمثل S^* معامل انتقال الأنترابية وهو يؤدي الدور الأساسي في نظرية المزدوجات الكهروحرارية وإذا كان التيار الكهربائي معدوماً أي $I = 0$ ينتج من المعادلة (5):

$$-\Delta V = S^* . \Delta T \quad (7)$$

استناداً إلى ذلك تُحسب القوة المحركة الكهربائية emf المتولدة في المزدوجة الكهروحرارية وفق مفعول سيبيك من العلاقة:

$$\varepsilon_{AB} = \int_{T_0}^T (S_A^* - S_B^*) dT \quad (8)$$

حيث A و B هما نقطتا تماس السلكيين، و T_0 و T هما درجتا حرارة نقطتي التماس على الترتيب في الحالة التي يكون فيها

$T_0 = 0$ تؤول العلاقة الأخيرة إلى الشكل :

$$\frac{d_{\varepsilon}AB}{dT} = S_A^* - S_B^* \quad (9)$$

يستفاد من هذا الأثر في قياس درجات الحرارة باستعمال المزدوجات الكهروحرارية بعد معايرتها.

ان الوحدة الأساسية لقياس معامل سيبك هي المايكرو فولت لكل درجة مئوية ($\mu V/K$) وتأخذ القدرة الكهروحرارية في اشباه الموصلات اشارة الشحنة نفسها أي تكون موجبة ل (p -Type) وسالبة ل (n-Type) [18,11,9].Type)

2. 7.2 أثر بلتية

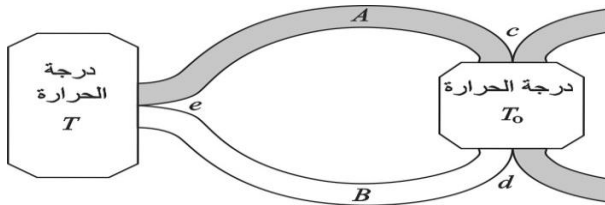
يعدّ أثر بلتية معكوس أثر سيبك فعند وضع نقطتي تماس معدنين مختلفين في درجة الحرارة نفسها، ثم إغلاق هذه الدارة بوصلها إلى مولد تيار كهربائي مستمر خارجي يسبب مرور تيار كهربائي فيها فرقاً في درجتي حرارة نقطتي التماس، أي تنخفض درجة حرارة إحدى نقطتي التماس وترتفع درجة حرارة نقطة التماس الأخرى، وعند عكس جهة التيار الكهربائي المار في الدارة يحدث انقلاب في تغير درجتي حرارة نقطتي التماس تدعى هذه الظاهرة أثر بلتية.

تتميز هذه الظاهرة بأنها عكوسة خلافاً لأثر جول الحراري ومن جهة ثانية تُعرف كمية الحرارة اللازم تطبيقها على هذه الدارة لإعادة درجة حرارة نقطتي التماس إلى ما كانت عليه في البداية بدرجة بلتيه وتناسب كمية حرارة بلتيه طرداً مع شدة التيار الكهربائي المار في الدارة I وفق العلاقة:

$$\varepsilon = P \cdot I \quad (1)$$

حيث يمثل المقدار P ثابت (معامل) بلتيه وهو يتعلق بدرجتي حرارة وصليتي المعدنين المستخدمتين ونوعهما. ونظراً لصغر كمية الحرارة المصاحبة لهذه الظاهرة مقارنة بكمية حرارة جول يتعذر قياسها مباشرة وتُحسب من معامل بلتيه .

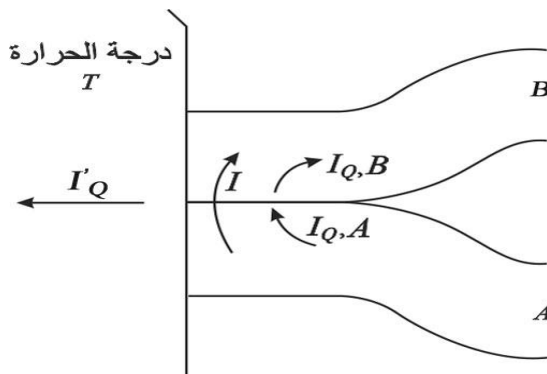
تتكون نقطة اتصال حرارية بين سلكيين معدنيين مختلفين A و B ودرجة حرارتها T (الشكل 4.2) .



وبهدف توضيح سلوك التيارات الحرارية عند النقطة e يمكن تفصيل ما يحدث عند نقطة التماس

هذه أكثر وفق ما هو مبين في الشكل (الشكل 5.2)

الشكل 4.2: مخطط لنقطة الاتصال الحراري e



فمع أن الوصلة في درجة حرارة منتظمة يوجد تيار حراري I_{QA} يدخل إلى نقطة التماس وتيار حراري I_{QB} يخرج من تلك النقطة وهذان التياران ينتقلان معاً ومع التيار الكهربائي I ويعزى سبب A

نشوء مثل هذه التيارات بثبات درجة الحرارة إلى

الشكل 5.2: مخطط لسلوك التيارات الحرارية عند النقطة e

اختلاف ما يعرف بكهروسلبية المعدن التي تعرف بميل

المادة لضم الإلكترونات إليها، أما جهة هذه التيارات فتكون من السلك A إلى B كما هو واضح من (الشكل 5.2) إن العلاقة بين التيارات الحرارية المختلفة عند نقطة التماس I_{QA} و I_{QB} و I_Q وحرارة جول المنتشرة تعطى بالعلاقة (2) :

$$I'_Q = RI^2 + (I_{QA})_{\Delta T=0} - (I_{QB})_{\Delta T=0} \quad (2)$$

حيث تمثل R مقاومة نقطة التماس و $(I_{QA})_{\Delta T=0}$ التيار الحراري عند ثبات درجة الحرارة للسلك A، و $(I_{QB})_{\Delta T=0}$ التيار الحراري عند ثبات درجة الحرارة للسلك B وبحسب تعريف كمية حرارة بلتيه:

$$P_{AB} I = I'_Q - RI^2 = (I_{QA})_{\Delta T=0} - (I_{QB})_{\Delta T=0} \quad (3)$$

$$P = \frac{I_{QA} - I_{QB}}{I} \quad (4)$$

واستناداً إلى المعادلة (6) في «أثر سيك» يكون:

$$I_{QB} = ITS_B^* \text{ و } I_{QA} = ITS_A^* \quad (5)$$

بوضع المعادلة (5) في المعادلة (4) تصبح:

$$P = \frac{IT(S_A^* - S_B^*)}{I} = T(S_A^* - S_B^*) \quad (6)$$

وباستعمال المعادلة (9) الواردة في بحث «أثر سيك» تأخذ المعادلة (6) الشكل:

$$(7) \quad \frac{P_{AB}}{T} = \frac{d\varepsilon_{AB}}{dT}$$

تبين هذه المعادلة أنه يمكن حساب القوة المحركة المتولدة باستخدام ثابت بلتية مما سبق يتبين أنه يحدث بشكل معاكس لأثر سيبك، وهو يستعمل الآن في تبريد الأدوات الصغيرة مثل الدارات الإلكترونية في الحاسوب ويؤمل استعماله على نطاق كبير في التبريد عندما تتوفر مواد جديدة معامل بلتية لها أفضل [18,11,9].

7.2. 3 أثر طومسون

أثر طومسون هو ظهور قوة محرّكة كهربائية نتيجة وجود تدرّج حراري في سلك مصنوع من المادة نفسها، لذلك يمكن أن يظهر مع انتقال كمية الحرارة على طول كل من سلكي المزدوجة الكهروحرارية حتى في حال عدم مرور تيار كهربائي فيها، في الحالة العادية عند انتقال كمية من الحرارة في سلك يصل بين منبعين حراريين ينشأ تدرّج منتظم في درجة الحرارة إذا كان السلك منتظم المقطع، فقد لاحظ طومسون عام 1854 م وجود اختلاف بين كمية الحرارة المقاس تجريبياً والحسابات الترموديناميكية النظرية كما لاحظ أن التوزيع الحراري على كل سلك يختلف اختلافاً بعيداً عن تفسير أثر جول الحراري، لذلك سميت هذه الظاهرة باسمه، يمكن تعريف حرارة طومسون بأنها كمية الحرارة التي يجب تقديمها أو سحبها وفق طول أسلاك المزدوجة الكهروحرارية، أو سلك معين بغية إعادة التوزيع الحراري إلى ما كان عليه قبل مرور التيار، إن كمية حرارة طومسون المنتقلة إلى جزء صغير من السلك الذي يمر فيه تيار شدته I ويسبب له تغيراً في درجة الحرارة بمقدار dT تعطى بالعلاقة:

$$(1) \quad \varepsilon = \sigma \cdot I \cdot dT$$

حيث يمثل المقدار σ (ثابت) معامل طومسون، وهو يتعلق بنوع السلك ومتوسط درجة حرارة الجزء المدروس، وبالتالي لقياس مقدار حرارة طومسون في جزء صغير من أي سلك يجب إحداث تدرج حراري معلوم في

هذا الجزء، ثم إمرار تيار كهربائي معلوم أيضاً في هذا الجزء على التوالي إما باتجاه التدرج الحراري وإما بعكسه لاستخلاص كمية حرارة طومسون، إذن كمية حرارة جول لا تتغير بتغير جهة التيار خلافاً لما يسببه أثر طومسون.

ولفهم أثر طومسون يؤخذ جزء صغير من سلك فرق درجة الحرارة بين طرفيه ΔT وكذلك فرق الكمون ΔV كما

في الشكل (الشكل 6.2) وعندما يمر تيار شدته I في السلك فإن التيار الحراري $I_{Q,T,\Delta T}$ المار في الجزء الساخن

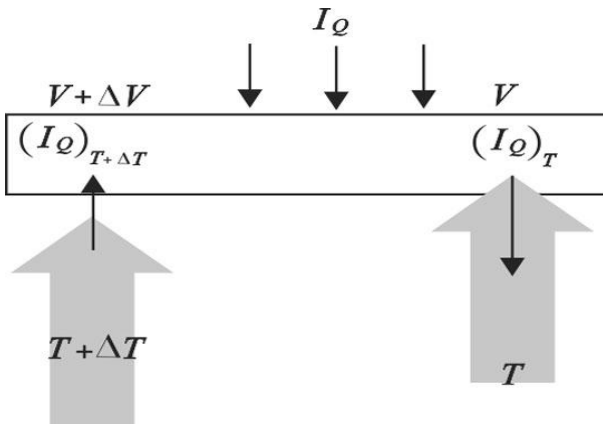
من السلك سوف يختلف عن التيار الحراري المار في الجزء البارد $I_{Q,T}$ إن التيار الحراري I_Q الذي يقاس

بامتصاصه على طول السلك زيادة على كمية حرارة جول $(I\Delta V)$ أو $I^2 \Delta R$ حيث ΔR المقاومة الكهربائية

لجزء السلك) المقدمة للحفاظ على الفرق نفسه لدرجة الحرارة الموجودة في حالة انعدام التيار الكهربائي يمثل حرارة

طومسون بوحدة الزمن إن نسبة كمية حرارة طومسون المنتقلة هي $\sigma I \Delta T$ لذلك تكتب كمية الحرارة الكلية على

الشكل :



$$I'Q = I\Delta V + (I_Q)_{T+\Delta T} - (I_Q)_T \quad (2)$$

وعندما تكون درجة الحرارة منتظمة T فإن معامل

$$S^* = \frac{I_S}{I} = \frac{I_Q}{IT} \quad \text{يكون } S^* \text{ انتقال الأنتروبية}$$

الشكل 6.2: مخطط لظاهرة طومسون

وبالتالي:

$$I_Q = ITS^*$$

أما إذا كانت درجة الحرارة غير منتظمة فإن S^* تأخذ قيماً مختلفة في نقطتين مختلفتين من السلك وعند درجة الحرارة $T + \Delta T$ يكون:

$$(I_Q) = I(T + \Delta T) + \left(S^* + \frac{dS^*}{dT} \right) \Delta T \quad (3)$$

في حين تعطى كمية الحرارة الممتصة على طول السلك بالعلاقة:

$$I'_Q = I^2 \Delta R + IT \frac{dS^*}{dT} \Delta T \quad (4)$$

من المعادلة (1) يتبين أن حرارة طومسون تساوي:

$$\sigma \cdot I \cdot \Delta T = - (I'_Q - I^2 \Delta R) \quad (5)$$

بالاستفادة من المعادلة (4) يمكن كتابة معامل طومسون على الشكل:

$$\sigma = -T \frac{dS^*}{dT} \quad (6)$$

بتطبيق المعادلة (6) على مزدوجة كهروحرارية مؤلفة من سلكين A و B كما في أثر بلتيه تأخذ المعادلة (6) الشكل :

$$\sigma_A - \sigma_B = -T \frac{d}{dT} (S_A^* - S_B^*) \quad (7)$$

يمكن إيجاد العلاقة التي تربط بين معامل طومسون و القوة المحركة الكهربائية المتولدة وفق المعادلة (9) من «أثر سيبيك» ليتبين أن:

$$\sigma_A - \sigma_B = -T \frac{d^2 \varepsilon_{AB}}{dT^2} \quad (8)$$

يستفاد من أثر طومسون في إجراءات المعايرة والتصحيح عند استعمال مزدوجات كهروحرارية لقياس درجة الحرارة، إضافة إلى أهميته النظرية عند مقارنة سلوك المعادن والمواد المختلفة، وكذلك عند البحث عن مواد جديدة ذات مردودات عالية سواء في التبريد أم في توليد قوى محركة كهربائية اعتماداً على فروق في درجات الحرارة [18,11,9].

8.2 الازدواج الحراري

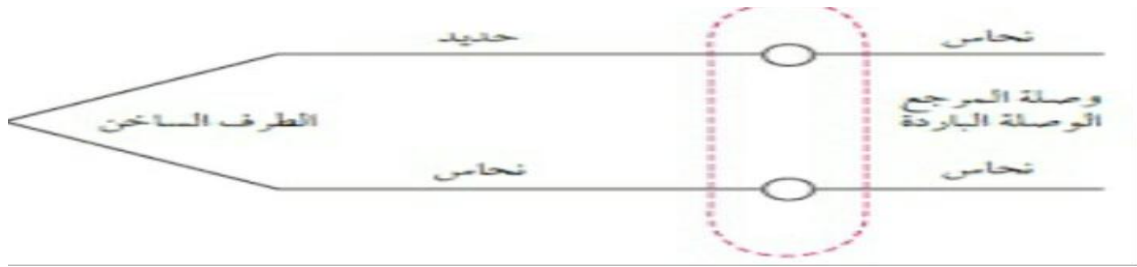
هو من أبسط أنواع المجسمات المستخدمة في قياس درجات الحرارة وأكثرها انتشاراً وخاصة في درجات الحرارة المرتفعة، ويتكون من سلكيين من نوعين مختلفين من السبائك (المعادن) موصولين في نهاية واحدة، عند ارتفاع درجة الحرارة يتولد فرق جهد قليل بين طرفي الأسلاك ويتناسب فرق الجهد مع فرق درجات الحرارة ويعتمد اصلاً على المادة المصنوعة منها. [19]



الشكل 7.2: صورة توضح المزدوج الحراري

1. 8.2 التركيب

يتكون من وصلتين وصلة القياس والوصلة المرجعية ويتوفر عدة أنواع بناء على مادة السبائك المصنوعة منها، والمشهورة مثل J, K, T, E وهناك أنواع أخرى منها R, S, C, G, B وهذه تستخدم لدرجات الحرارة العالية جدا. [19]



الشكل 8.2: تركيب المزدوج الحراري

2. 8.2 مميزات الأنواع المشهورة من الازدواج الحراري: الجدول رقم 2.2 [19].

الأوساط المناسبة للعمل	الحساسية ميكروفولت /درجة	EMF (mv)	مادة التصنيع والقطبية	نسبة الخطأ	C المدى الحراري	النوع
الحاملة والاختزالية والفرغ	25.6	0 الى 42.28	+حديد -كونستانتان	% 0.75	0--+750	J
النظيفة والمؤكسدة والحاملة	38.8	-5.97 الى 50.63	+كروميل -الوميل	% 0.75	-200--+1250	K

المؤكسدة والخاملة	67.9	8.82- إلى	+ كروميل - كونسنتان	0.5%	-200-+900	E
الرطوبة ومعتدلة الأكسدة ولاختزالية والفراغ	40.5	-5.60 إلى 17.82	+ نحاس - كونسنتان	% 0.75	-200-+350	T

3. 8.2 استخدام الازدواج الحراري

يستخدم الازدواج الحراري في التحكم الصناعي بشكل كبير لإمكانيته الواسعة لقياس درجات الحرارة وتحمله ظروف تشغيله الصعبة.

ويتم اختيار المزدوج الحراري على اساس:

- المدى الحراري.
- الظروف الكيميائية المحيطة.
- مقاومة الاهتزاز والتآكل.
- المواءمة مع الدوائر الالكترونية.

مميزاته:

- يخدم طويلا.
- يقاوم الصدمات والاهتزاز والتآكل.
- سهل التصنيع.

- لا يستهلك طاقة حرارية.
- مدى درجات حرارة واسعة.
- لا يحتاج الى طاقة.
- صغير الحجم.

مساوئه:

- يعطي فرق جهد قليل.
- غير خطي. [19]

الفصل الثالث

مناقشة وتحليل النتائج

3.1 المقدمة

لدراسة ظاهرة سيبيك، قام الدكتور عاشوري عبد الرحيم بتركيب تجريبي في جامعة ماتز الفرنسية وهذا تحت اشراف البروفسور جورج غاسير (J. J Gasser)، تم من خلال تجاربه الحصول على نتائج جيدة و أصلية وبدقة عالية و بطريقة جديدة وهذا لسبائك غير بلورية لمجموعة من العينات من بينها سبيكة $\text{Fe}_{76}\text{B}_{14}\text{Si}_7\text{Cr}_3$ ، ولذلك سنتطرق في هذا الفصل الى الجانب التجريبي للدراسة الكهروحرارية للسبيكة المختارة للدراسة، حيث يتمثل عملنا في قياس معامل سيبيك و المقاومة الكهربائية للعينات المدروسة وهذا في درجات حرارة مختلفة إبتداءً من درجة حرارة الغرفة حيث تم هذا العمل باستخدام برنامج **Labview** الذي يسهل لنا التحكم في الشروط التجريبية من أجل الحصول على نتائج جيدة وبدقة عالية.

3.2 الجانب التجريبي

3.2.1 مكونات العينة

السبيكة الابلورية المراد دراستها مكونة من معدن الحديد Fe و الكروم Cr و البورون B و السيليكون Si، حيث تم تحضير عينات من السبيكة في مخبر فيزيائي ألماني (وذلك من أجل الدراسة التجريبية المخبرية).

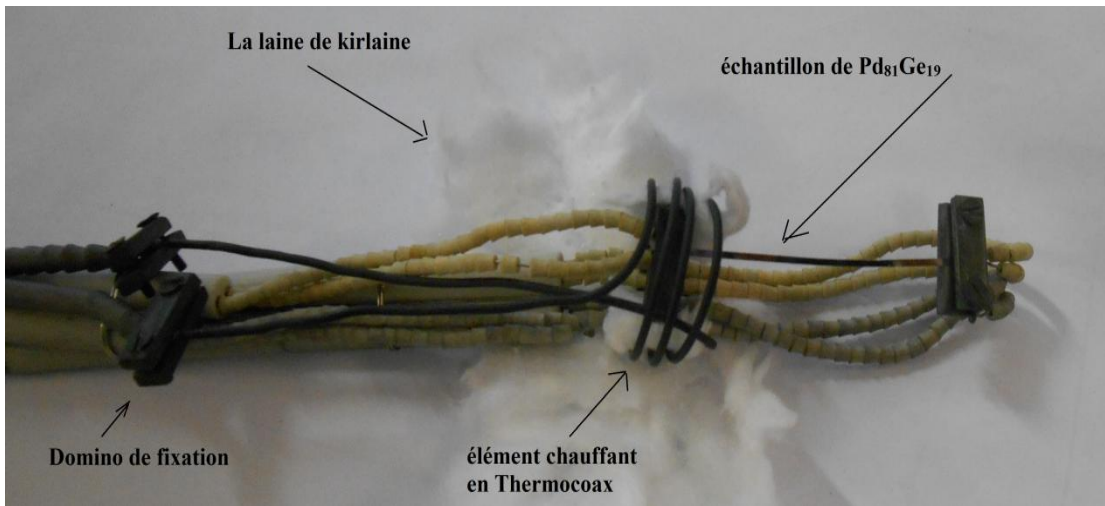


الشكل 3.1: صورة للعينة المدروسة قبل المعالجة

3. 2. 2. طريقة العمل

تمت هذه التجربة بواسطة فرن خاص، درجة تحمله 1000°C مصنوع من طرف أعضاء المخبر الفرنسي، وضعت السبيكة في هذا الفرن للدراسة مع تغيير منتظم في درجة الحرارة من الدرجة الاعتيادية (حوالي 25°C) إلى غاية (750°C)، حيث تعتمد الطرق المتبعة لقياس معامل سيبك على استحداث فرق في درجة الحرارة ΔT على طرفي العينة بعد ربط مسخن حراري على أحد طرفيها وربط الطرف الآخر من العينة بنقطة ذات درجة حرارة ثابتة .

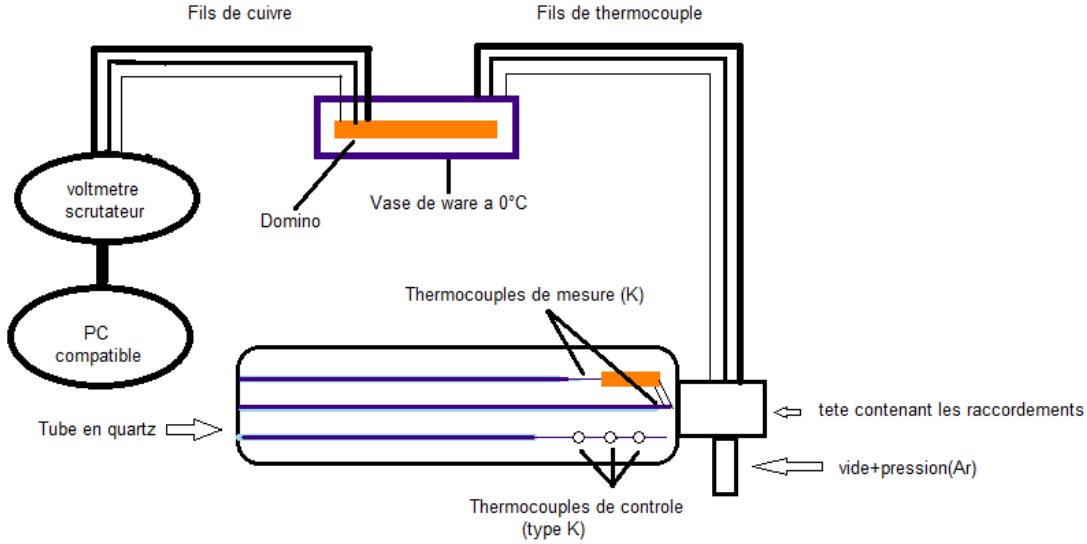
يولد الانحدار الحراري قوة دافعة كهربائية تظهر كفرق في الجهد ΔV على طرفي العينة، ومن أجل قياس مختلف درجات الحرارة تثبت مزدوجات حرارية (Thermocouples) من نوع K على وجهي العينة T_1 , T_2 على التوالي فإذا كانت ΔV تمثل القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الفرق في درجات الحرارة بين طرفي العينة أي ($\Delta T = T_1 - T_2$)، فإن معامل سيبك للدائرة المفتوحة يكون مساويا الى $(S = \Delta V / \Delta T)$ أي أن معامل سيبك له علاقة مباشرة بالفرق في الجهد وكذا الفرق الحاصل في درجة الحرارة للعينة قيد الدراسة.



الشكل 2.3: صورة للعينة المدروسة أثناء المعالجة

3. 2. 3 التركيب التجريبي

الشكل التالي هو التركيب التجريبي المستخدم في قياس معامل سيباك.



الشكل 3.3: رسم تخطيطي للتركيب التجريبي المستخدم

أستعمل في التركيب برنامج المتطور **Labview** إذ يمتاز بسهولة جمع العديد من الخصائص التجريبية وترجمتها إلى منحنيات قابلة للشرح والتفسير عكس ما تقوم به بعض البرامج الأخرى، مع استعمال و سائل تكنولوجية حديثة أخرى مثل نظام التشغيل **XP** الذي يعمل مع جميع أنظمة التشغيل (ويندوز - لينوكس - ماك.....)

أستخدم كذلك جهاز **Keithley** حديث إذ يعتبر من بين الأجهزة المتطورة متعدد القياسات (فولت مٲر، أمبير متر، أوم مٲر...)

أما أساس التركيب التجريبي فهو فرن حراري تم تركيبه في مخبر المواد المكثفة بجامعة ماتز (Metz) الفرنسية، حيث يستعمل لقياس الخصائص الكهروحرارية كمعامل سيباك (S) و المقاومة الكهربائية (ρ) للسبائك، حيث تتوفر فيه

بعض الشروط اللازمة مثل الاستقرار الحراري و التوزيع المنتظم في درجة الحرارة.

يتكون الفرن بصفة عامة من الاجزاء التالية:

أنبوب مركزي:مصنوع من مادة جد مقاومة لدرجة الحرارة ،محاطة بأسلاك من العناصر المسخنة (les éléments chauffants)والكل محاط بأنبوب ثاني كبير ثم أنبوب ثالث محاط بجميع الأنابيب السابقة الذكر الذي تم صنعه من مادة الحديد الغير قابل للأكسدة (Acier Inox).

مضخة تفريغ: أجل طرد الغازات المتواجدة حول العينة تفاديا لحدوث أكسدة أو أي تفاعل خارجي عند ارتفاع درجة الحرارة مستخدمين في هذه العملية غاز الأرجون (Argon) الحامل وذلك لعدم تفاعله مع العينات بغرض الحصول على عينة خالية من الشوائب.

المزدوجة الحرارية **les thermocouples**: عبارة عن سلكين من معدنين مختلفين إذ عند حدوث فرق في درجتي الحرارة بين طرفي الوصلتين ،أين توصل العينة بنهاية الموصلين فقط فينتج عن ذلك توليد تيار كهربائي وهو القوة الدافعة الكهربائية.

مسخن حراري ملفوف : وهو عبارة عن سلك كهربائي ذو مقاومة معينة يلف حول المزدوج الحراري المتصلة

مباشرة بالعينة وذلك لإنشاء تدرج طفيف في درجة الحرارة بين طرفي هذه الأخيرة أثناء إجراء التجربة.

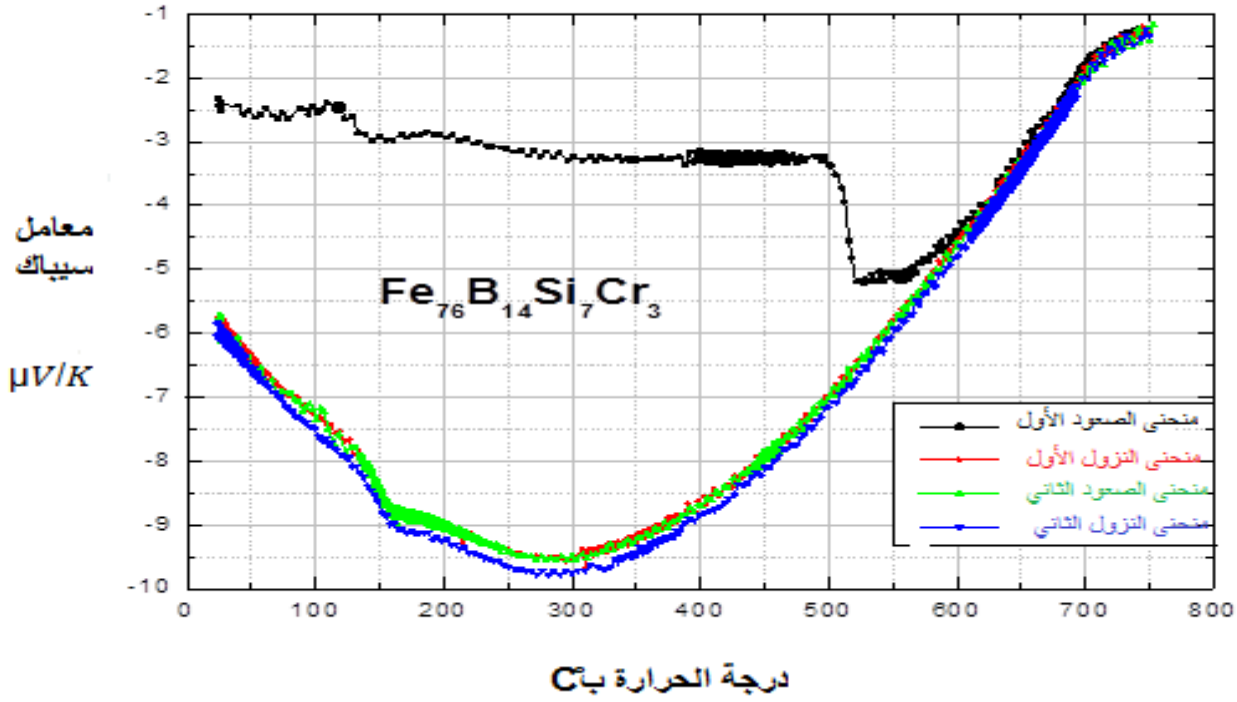
ومن أجل التحكم في الضغط استعملت مجموعة من المانومتراً (أجهزة قياس ومراقبة الضغط) بالإضافة إلى مولد تيار كهربائي و جهاز حاسوب للتحكم في مراحل التجربة.

3. 3 النتائج الكهروحرارية المتحصل عليها

3. 3. 1 نتائج معامل سيباك

من خلال التجارب التي قمنا بها تم الحصول على المنحنيات الموجودة في الشكل (4.3) نجد أن أول قيمة يأخذها معامل سيباك في منحنى الصعود الأول الذي يظهر باللون الاسود هي $2.4 \mu V/K$ - وهذا عند درجة حرارة الغرفة أي ($25^\circ C$) بخطوة قياس (La rampe) تقدر بـ $0.5^\circ C/m$ ثم يبدأ معامل سيباك بالتذبذب حول القيمة سالفة الذكر و هذا بـ $0.1 \mu V/K$ و $0.1 \mu V/K$ - مع تزايد درجة الحرارة الى أن تصل الى ($125^\circ C$) ، ولا يعتبر هذا التذبذب تغير في الطور لأنه راجع للفرن لا يزال بارد ولا يمكن تصحيح القيم المعطاة بالبرنامج، ومنه يبدأ معامل سيباك في نقصان الى أن يصل الى القيمة $3.3 \mu V/K$ - عند درجة الحرارة ($500^\circ C$) ، ثم نلاحظ نقصان مفاجئ في معامل سيباك الى أن يصل الى القيمة $5.2 \mu V/K$ - وهذا ما يعتبر التغير الأول الظاهر في الطور وهذا عند درجة حرارة ($520^\circ C$) ثم نلاحظ ارتفاع مستمر لقيمة المعامل الى $1.1 \mu V/K$ - عند درجة حرارة ($750^\circ C$) ومنه قيمة المعامل في زيادة مقارنة مع القيمة الأولى له ألا وهي $2.4 \mu V/K$ - وهذا تم تبريد العينة الى غاية درجة الحرارة الاعتيادية ($25^\circ C$) وهذا راجع الى أن الفرن لا يتجاوز الدرجة $1000^\circ C$ ، فنلاحظ نزول قيمة معامل سيباك الى غاية $9.4 \mu V/K$ - وهذا عند درجة حرارة ($300^\circ C$) وهذا ما يبينه منحنى النزول الأول ذو اللون الأحمر الذي يدل على أن العينة أصبحت في حالة بلورية صرفة دون الرجوع الى الحالة اللابلورية الأولى بعد وصولنا الى درجة حرارة الغرفة ، نعيد رفع درجة الحرارة الاعتيادية الى غاية ($750^\circ C$) فنلاحظ تطابق المنحنيات التالية: منحنى النزول الاول ذو اللون الأحمر ومنحنى الصعود الثاني ذو اللون الأخضر وهذا ما يوضح أن العينة لم تعد الى مسارها الأول ولتأكد من ذلك نعيد تبريد العينة

من (750°C) إلى (25°C) فنتج نزول موازي لمنحنى النزول الثاني باللون الأزرق مع المنحنيات ذات اللون الأحمر والأخضر ومنه نستطيع الجزم أن العينة انتقلت من الحالة اللابلورية إلى الحالة البلورية.

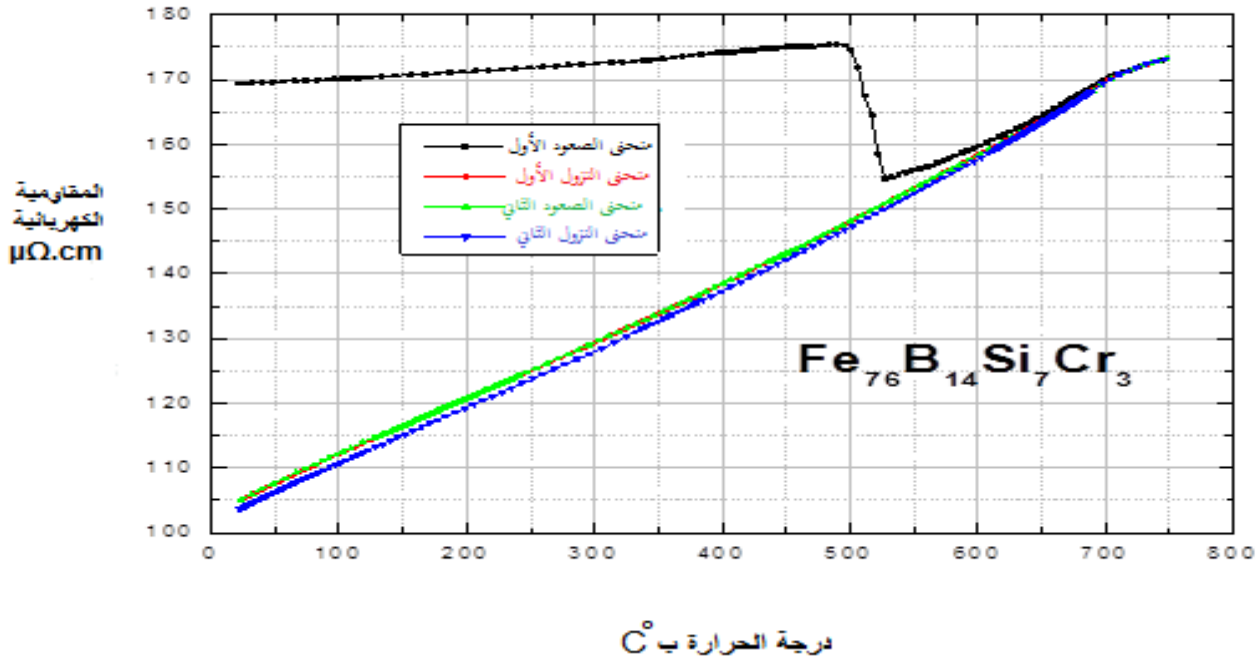


الشكل 4.3: يمثل منحنى سيبك لسبيكة $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$ بدلالة درجة الحرارة

3.3.2 نتائج المقاومة الكهربائية

من خلال المنحنيات المتحصل عليها بعد سلسلة من التجارب و الموضحة في (الشكل 5.3) والتي يمثل بعضها منحنى المقاومة الكهربائية لسبيكة $Fe_{76}B_{14}Si_7Cr_3$ بدلالة درجة الحرارة، بحيث أن أول قيمة يأخذها منحنى الصعود الأول ذو اللون الأسود هي (170µΩ.cm) وهذا عند درجة حرارة الغرفة (25°C) بنفس خطوة القياس التي أتخذت في قياس معامل سيبك، إلى أن يصل إلى (175 µΩ.cm) وهذا عند درجة الحرارة (500°C)، فلاحظ نقصان مفاجئ وسريع في قيم المقاومة الكهربائية إلى أن تصل إلى (155µΩ.cm) عند

درجة الحرارة (520°C) وهذا بدوره يعتبر التغير الأول الظاهر في الطور، ثم نلاحظ ارتفاع مستمر في قيمة المقاومة الى ان تصل الى ($173\mu\Omega.\text{cm}$) عند درجة الحرارة (750°C)، وعند إجراء التبريد الأول للعينة الى غاية درجة الحرارة الاعتيادية (25°C) لاحظنا ابتداءً من هذه اللحظة نزول مفاجئ ومستمر وبشكل مستقيم لقيم المقاومة الكهربائية من ($173\mu\Omega.\text{cm}$) الى ($105\mu\Omega.\text{cm}$) وهذا مايبينه خط النزول الأول ذو اللون الأحمر، وعند إعادة رفع درجة الحرارة الى (750°C) نرى تطابقاً لمنحنى النزول الأول مع منحنى الصعود الثاني ذو اللون الأخضر وهذا ما يفسر بأن العينة لم تعد الى مسارها الأول الموضح باللون الاسود أي أنها انتقلت من حالة لابلورية الى حالة بلورية بعد عملية التسخين العالي وهذا ما يؤكد أيضاً بمنحنى النزول الثاني بلون الأزرق وهذا بعد التبريد الثاني الذي استمر بدوره في النزول الى أن وصل الى قيمة المقاومة الكهربائية ($103\mu\Omega.\text{cm}$) عند درجة حرارة الغرفة (25°C).



الشكل 5.3: يمثل منحنى المقاومة الكهربائية لسبيكة $\text{Fe}_{76}\text{B}_{14}\text{Si}_7\text{Cr}_3$ بدلالة درجة الحرارة

3.3.3 المقارنة بين منحني معامل سيبك ومنحني المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة

نتج من المقارنة بين منحنيين معامل سيبك و المقاومة الكهربائية تبين أن كلا المنحنيين يحدث لهما تغير وحيد في الطور وهذا تبعا لنفس نقاط درجة الحرارة، فتغير الأول يحدث ابتداء من درجة الحرارة (500°C) فعندها ينقص معامل سيبك و المقاومة الكهربائية وصولا الى درجة الحرارة (520°C)، ثم نواصل الرفع في درجة الحرارة فيزيد معامل سيبك و المقاومة الكهربائية فقمنا بتغير درجة الحرارة من (750°C) الى غاية درجة الحرارة الاعتيادية (25°C) فلاحظنا نزول تدريجي لمنحني سيبك ونزول تدريجي ومستقيم لمنحني المقاومة الكهربائية، وبذلك تصبح العينة ذات بنية بلورية، وهذا ما تؤكده نتائج منحنيات التبريد والتسخين التي تأخذ نفس مسار الصعود والنزول دون أي تغير في الطور وتفسير تشابه مسار المنحنيات عند نفس نقاط درجة الحرارة المدروسة يرجع هذا الى أن التجربة أجريت في نفس الظروف والنتائج أخذت في نفس الوقت.

الخاتمة العامة

من خلال التجارب والدراسة التي تطرقنا إليها على عينة من سبيكة $\text{Fe}_{76}\text{B}_{14}\text{Si}_7\text{Cr}_3$ التي أجريت عليها عدة عمليات تسخين إلى غاية درجة (750°C)، يمكن القول أنها تتميز بخصائص كهروحرارية وهي القوة الدافعة الكهروحرارية المقصود بها هنا معامل سيبك وكذا المقاومة الكهربائية، أين يمكننا التعرف على درجات الحرارة التي تتغير عندها بنية العينة و أطوارها.

فانطلاقاً من دراسة نتائج معامل سيبك على العينة تحصلنا على النتائج التالية:

- عند درجة الحرارة الاعتيادية (25°C) تكون قيمة معامل سيبك هي $-2.3 \mu\text{V}/\text{K}$
- عند درجة (500°C) تكون القيمة $-3.3 \mu\text{V}/\text{K}$
- عند درجة الحرارة (750°C) تكون قيمة معامل سيبك هي $-1.1 \mu\text{V}/\text{K}$

نفس الشيء بالنسبة للمقاومية الكهربائية بعد مرور العينة بسلسلة من التجارب تم الحصول على النتائج التالية:

- عند درجة الحرارة الاعتيادية (25°C) تكون قيمتها $170 \mu\Omega \cdot \text{cm}$
- عند درجة (500°C) تكون القيمة $175 \mu\Omega \cdot \text{cm}$
- عند درجة الحرارة (750°C) تكون قيمة المقاومة الكهربائية هي $172 \mu\Omega \cdot \text{cm}$

من خلال الأعمال التحريية السالفة الذكر نستخلص ما يلي:

- الحصول على نتيجتين مهمتين (معامل سيبك و المقاومة الكهربائية) لنفس التجهيزات المخبرية وفي ان واحد وهذا ما لم يستطع القيام به قبلنا من الباحثين.
- الدقة العالية في العمل المخبري مكنتنا من الحصول على نتائج جيدة مقارنة بما قبلها من نتائج .
- تمكنا من الجزم بأن العينات المدروسة تحولت من حالة لابلورية إلى حالة بلورية دون الرجوع إلى الحالة الأولى وبذلك استطعنا الحصول على القيم المضبوطة للتغيرات في الطور حيث وجد أنه تغير وحيد في الطور في كل من منحني سيبك ومنحني المقاومة الكهربائية.

المراجع

- [1] علم المعادن للدكتور عماد محمد ابراهيم خليل 2014
- [2] سلسلة محاضرات آجلالي في الفيزياء - فيزياء الجوامد (الفصل الأول) - الدكتور محمد احمد آجلالي - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة الطائف
- [3] Anne Marie Helmenstine (6-3-2017), "Metal Definition"
- [4] www.thoughtco.com, Retrieved 20-12-2017. Edited
- [5] ranga.nr, "Different Types of Metals|Their Properties & Retrieved 21-12-2017. Edited.
- [6] "Metals", chemistry.tutorvista.com, Retrieved 3-1-2017. Edited
- [7] Anne Marie Helmenstine (10-8-2017), "Examples and Uses of Metals-5 and Nonmetals"www.thoughtco.com, Retrieved 21-12-2017. Edited.
- [8] http://gpc.edu/~pgore/geology/physical_lecture/mineral.html#Definitions
- [9] موقع موضوع أكبر موقع عربي بالعالم المعادن <http://mawdoo3.com/>
- [10] جزء من الباب الثاني من كتاب اساسيات تكنولوجيا التصنيع في سباكة المعادن للمؤلف الدكتور أحمد زكي حلمي
- [11] موقع ماتيرياليز جيكس أول مبادرة عربية تهتم بعلوم المواد
- [12] سلسلة محاضرات جامعة الأندلس الخاصة للعلوم الطبية المحاضرة السابعة الأشعة السينية
- [13] التحضيرات المجهريّة مقرر 261-262:الدكتور عمر حامد محمد عبد القادر أستاذ المجهري الإلكتروني المساعد بجامعة الملك سعود كلية العلوم المملكة العربية السعودية
- [14] "Convection, Conduction and Radiation", www.mansfieldct.org, Retrieved 14-5-2018. Edited
- [15] "Convection", physics.info, Retrieved 14-5-2018. Edited.

[16] "How does heat travel?", coolcosmos.ipac.caltech.edu, Retrieved 14-5-2018. Edited.

[17] www.uobabylon.edu.iq/uobColeges/ad_downloads/7_1357_448.pdf

[18] الموسوعة العربية موسوعة التقانة للآثار الكهروحرارية

[19] <http://www.electarial.com/> الازدواج الحراري

[20] موسوعة وزى وزى الخصائص المواد المعدنية

[21] مذكرة ماستر أكاديمي لحميدات نسرين و صحراوي مليكة قياس معامل سيباك بدلالة درجة الحرارة لسبيكة

$Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2017/2016

[22] مذكرة ماستر أكاديمي لركور كلثوم دراسة الخصائص الكهروحرارية لسبيكة $Cu_{47.5}Zr_{47.5}Al_5$ جامعة قاصدي مرباح

ورقلة 2018/2017

[23] سلسلة محاضرات آجلالي في الفيزياء - فيزياء الجوامد (الفصل الثالث) - الدكتور محمد احمد آجلالي - قسم الفيزياء -

كلية العلوم - جامعة الطائف

[24] سلسلة الفكر العربي للعلوم الاساسية-27-علم البلورات و الاشعة السينية/أ.د. نعيمة عبد القادر أحمد -أ.د محمد أمين

سليمان-2005

[25] سلسلة محاضرات جامعة الأندلس الخاصة للعلوم الطبية الفصل الرابع

[26] موقع موضوع أكبر موقع عربي بالعالم <http://mawdoo3.com/> الجماهر

الملخص

المهدف من هذه المذكرة هو القيام بدراسة الظواهر الكهروحرارية المتمثلة في قياس معامل سيباك و المقاومة الكهربائية وهذا على السبيكة الابلورية $\text{Fe}_{76}\text{B}_{14}\text{Si}_7\text{Cr}_3$ من درجة الحرارة الاعتيادية (25°C) إلى غاية (750°C). أين استطعنا من خلال النتائج المتحصل عليها إيجاد نقاط درجات الحرارة التي يحدث عندها تغير في طور العينة من الحالة الابلورية الى الحالة البلورية، وهذا ما أكدته لنا عملية مقارنة نتائج معامل سيباك مع المقاومة الكهربائية التي أجرينا في آن واحد وبنفس الشروط المخبرية التجريبية.

الكلمات المفتاحية: السبائك، معامل سيباك، المقاومة الكهربائية، بلورية، لابلورية.

Abstract

The objective of this project is to study the electrothermal phenomena of measuring the cipac coefficient and electrical resistivity, this is on the non-crystalline $\text{Fe}_{76}\text{B}_{14}\text{Si}_7\text{Cr}_3$ from the normal temperature (25°C) to the (750°C).

Where we were able through the results obtained to find points of temperature for which there is a change in the process and development of the sample from the case of no-crystalline to crystalline state, and this is confirmed by the process of comparing the results of the cipac coefficient with the electrical resistivity we conducted simultaneously and in the same laboratory conditions.

Keywords: alloy, cipac coefficient, electrical resistivity, crystalline, no-crystalline.