

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم مادة

شعبة: الفيزياء

اختصاص: فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

إعداد الطالبتين:

بن حمزة فاطمة الزهراء بن دادي حليلة

تحت عنوان:

تقنيات تحويل حرارة الأجسام الساخنة
إلى كهرباء

نوقشت يوم: 2022 /06/15

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر – أ	د. بن طويلة عمر
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر – أ	د. عاشوري عبد الرحيم
مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر – ب	بوعنان رابح

الموسم الدراسي: 2021\2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ
وَالَّذِي يُرِيهِمْ
آيَاتِهِ وَيُخَوِّدُهُمْ
وَالَّذِي يَخْتَارُ
مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ
وَالَّذِي يَخْتَارُ
مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ
وَالَّذِي يَخْتَارُ
مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ

إهداء

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والمهنة الذي لم يبخل بشيء من أخل
دفعني في طريق النجاح الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بالحكمة
وصبر إلى والذي العزيز بن حمزة محمد

إلى الينبوع الذي لا يهل العطاء من حاكك سعادتي بخيوط منسوجة من
قلبها إلى والتي العزيزة بالعزيم منيرة

إلى من حبهم يجري فب عروقي ويلهج بكراهم فؤادي إلى إخوتي
خالين سندس وأولادها (نور الإسلام، والكثيرة بيلسان)، مسلم، محمد
جمال دين، مودة ورحمة

إلى من سرنا سويًا ونحن نشق الطريق معًا نحو النجاح والإبداع إلى من
تكاتفنا يدا بيد ونحن نقطع زهرة تعلمنا إلى صدقاتي وزميلاتي
إلى من علموني حروفًا من ذهب وكلمات من درر وعبارات من أسمي
أجلى عبارات في العلم إلى من طاعوا لي من علمهم حروفًا ومن فكرهم
منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح إلى أساتذتي الكرام

إهداء

ما أجمل أن يجود المرء بأخلى ما لديه والأجمل ان يهدي
الغالي للأخلى

هي ذي ثمرة جهدي أجزئها اليوم هي هدية أهديها إلى:

نبع الحنان وجنتي أمي العزيزة **زهرة بن دادي**

من علمني أول خطوة أبي الغالي **بشير بن دادي**

سدي أخوي **محمد الرحمان ومحمد الجليل وأختي فاطيمة وأولادها**
(**حكيم فارس أبة سندس**)

صديقاتي حنان فريدة سعيدة بثينة بشري مبروكة عفاف فاطمة

وكل من حمل القلم سلاحا واتخذ العلم وشاحا إلى أساتذتي منذ

بداية مشواري الدراسي

شكر وعرفان

لله حمد كله والشكر أن وفقنا وألمنا الصبر على المشاق التي واجهتنا
لإنجاز هذا العمل المتواضع

والشكر موصول إلى كل معلم أفادنا بعلمه، من أولى المراحل الدراسية
حتى هذه اللحظة كمل نرفع كلمة شكر إلى أستاذ المشرف **بوعنان رايح**
الذي ساعدنا على إنجاز بحثنا ونشكر أساتذتنا الذين لم يبخلوا علينا
بنصائحهم وإرشاداتهم وساهموا في إنجاز هذا العمل، ونخص بالذكر:

عاشوري عبد الرحيم، بن طويبة عمر، محمدي لزمير

كما نتوجه بالجزيل الشكر إلى أساتذتنا الكرام لجنة المناقشة لقبولهم
مناقشة هذه المذكرة وأفادتنا بتصحيحاتهم وإثرائنا بتوجيهاتهم القيمة.
كما نتشكر كل من مد لنا يد عون من قريب أو بعيد، ونشكر كل
أستاذة قسم الفيزياء

أخيرا لا يفوتنا أن نعبر عن بالغ تحياتنا إلى كل من ساعدنا من قريب أو
بعيد في إنجاز هذا البحث المتواضع ونخص بذكر زميل

لؤي عرار

الفهرس

الصفحة	العنوان
II	الاهداء.....
IV	شكر وعرهان.....
V	الفهرس.....
IX	قائمة الأشكال.....
XI	قائمة الجداول.....
XIII	قائمة المنحنيات.....
XVIII	قائمة الرموز والاختصارات.....
1	المقدمة العامة.....
الفصل الأول: الطاقات الحرارية المتجددة والمستدامة	
4	تمهيد.....
4	1. تعريف الكهراء.....
4	2. تعريف الحرارة.....
5	1.2. طرق انتقال الحرارة.....
7	3. العلاقة بين الكهراء والحرارة.....
7	4. الحرارة الجوفية.....
10	5. الحرارة الجوية.....
12	6. المصادر الكيميائية والميكانيكية المنتجة للحرارة.....
13	7. طاقة الأجسام الساخنة والحرارة.....
الفصل الثاني: التقنيات الصناعية المستعملة في تحويل الحرارة إلى كهراء	
15	تمهيد.....
15	1. الخصائص الكهروحرارية.....
16	2. الموصلية.....
19	3. التأثيرات الكهروحرارية.....
19	1.3. تأثير سيباك.....
21	2.3. تأثير بلتيي.....
21	3.3. تأثير طومسون.....

22	.....4. المزدوج الحراري
22	.....1.4. تعريف المزدوج الحراري
23	.....2.4. مبدأ عمل المزدوج الحراري
23	.....3.4. أنواع المزدوج الحراري
27	.....5. طرق توصيل المزدوجات الحرارية
28	.....6. أثر سيباك
30	.....7. نظرة على المزدوج الحراري
31	.....8. معادلات الأنظمة الكهروحرارية
33	.....9. أشباه الموصلات
34	.....10. أشباه الموصلات وخلية بلتي

الفصل الثالث: الدراسة التجريبية لظاهرة تحويل الحرارة إلى كهرباء

37	.....1. نموذج خلية المزدوجات الحرارية
37	.....1.1. هدف من التجربة
37	.....2.1. مبدأ عمل
37	.....2.2. جزء الأول من تجربة
38	.....1.2. الأدوات المستعملة في التجربة
38	.....2.2. دور كل جهاز
40	.....3.2. في حالة مزدوج حراري واحد
41	.....4.2. في حالة مزدوجين على تسلسل
43	.....5.2. عند ربط أربع مزدوجات على تسلسل
45	.....6.2. عند ربط ست مزدوجات على تسلسل
47	.....7.2. مقارنة بين منحنيات
48	.....8.2. في حالة مزدوجين على تفرع
50	.....9.2. في حالة أربع مزدوجات على تفرع
51	.....10.2. في حالة ست مزدوجات على تفرع
53	.....11.2. مقارنة بين منحنيات

54	.....الجزء الثاني في التجربة.
54	.....1.3. الأدوات المستعملة في التجربة.
55	.....3.3. في حالة مزدوج حراري واحد مع مقاومة.
57	.....4.3. في حالة مزدوجين حراريين على تسلسل مع مقاومة.
59	.....5.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية على تسلسل مع مقاومة.
61	.....6.3. في حالة ست مزدوجات حرارية على تسلسل مع مقاومة.
63	.....7.3. مقارنة بين منحنيات.....
63	.....8.3. في حالة مزدوجين حراريين على تفرع مع مقاومة.
65	.....9.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية على تفرع مع مقاومة.
67	.....10.3. في حالة ست مزدوجات حرارية على تفرع مع مقاومة.
70	.....11.3. مقارنة بين منحنيات.....
71	.....12.3. مقارنة بين نتائج.....
72	.....13.3. حساب الإستطاعة لكل تجربة.....
72	.....1.13.3. قانون الإستطاعة.....
72	.....2.13.3. في حالة مزدوج حراري.....
73	.....3.13.3. في حالة ربط على تسلسل.....
73	.....1.3.13.3. في حالة مزدوجين حراريين.....
74	.....2.3.13.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية.....
75	.....3.3.13.3. في حالة ست مزدوجات حرارية.....
76	.....4.13.3. في حالة ربط على تفرع.....
76	.....1.4.13.3. في حالة مزدوجين حراريين.....
76	.....2.4.13.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية.....
77	.....3.4.13.3. في حالة ست مزدوجات حرارية.....
78	.....14.3. خصائص المعدن المستخدم.....
79	.....1.14.3. في حالة مزدوج واحد.....
82	.....2.14.3. في حالة الربط على التسلسل.....
82	.....1.2.14.3. في حالة مزدوجين على التسلسل.....
84	.....2.2.14.3. في حالة أربع مزدوجات على التسلسل.....

87	.....3.2.14.3 في حالة ست مزدوجات على التسلسل.....
89	.....3.14.3 في حالة الربط على التفرع.....
89	.....1.3.14.3 في حالة مزدوجين على التفرع.....
92	.....2.3.14.3 في حالة أربع مزدوجات على التفرع.....
95	.....3.3.14.3 في حالة ست مزدوجات على التفرع.....
101	.....الخاتمة.....
102	.....المراجع.....
105	.....الملخص.....

اشكال الفصل الأول	
5	شكل رقم (1.1): يوضح طرق انتقال الحرارة
8	شكل رقم (2.1): يوضح محطة بخار
9	شكل رقم (3.1): يوضح محطة تبخير
9	شكل رقم (4.1): يوضح منشأ طاقة حرارية جوفية
12	شكل رقم (5.1): يوضح إنتاج حرارة من الطاقة النووية
13	شكل رقم (6.1): يوضح مولد كهرو حراري
13	شكل رقم (7.1): يوضح الرقاقة المولدة للطاقة الكهروحرارية
اشكال الفصل الثاني	
19	شكل رقم (1.2): يوضح تركيب المزدوج الحراري.
20	شكل رقم (2.2): قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري.
22	شكل رقم (3.2): أشكال المزدوج الحراري.
24	شكل رقم (4.2): يوضح طريقة توصيل المزدوج الحراري على التوالي (تسلسل).
24	شكل رقم (5.2): يوضح طريقة توصيل المزدوج الحراري على التوازي (تفرع)
26	شكل رقم (6.2): يوضح رسم تخطيطي لظاهرة سيبياك.
27	شكل رقم (7.2): يوضح أثر طومسون.
28	شكل رقم (8.2): يوضح رسم تخطيطي لظاهرتي بلتير وطومسون
29	شكل رقم (9.2): يوضح رسم تخطيطي لمبدأ المزدوج الحراري
29	شكل رقم (10.2): يوضح رسم تخطيطي يوضح انتشار الالكترونات والجهد المتولد في ناقل خاضع لتدرج في درجة الحرارة
31	شكل رقم (11.2): يوضح رسم تخطيطي مزدوج خاضع لفرق في درجة الحرارة
35	شكل رقم (12.2): يوضح مخطط طريقة تحويل الحرارة الى كهرباء (بين اشباه الموصلات) بالخلية الكهروحرارية
اشكال الفصل الثالث	
37	شكل رقم (1.3): يوضح تجربة مدروسة

قائمة الأشكال والجداول والمنحنيات

38	شكل رقم (2.3): المزدوج الحراري
38	شكل رقم (3.3): جهاز قياس الحرارة
39	شكل رقم (4.3): جهاز قياس جهد
39	شكل رقم (5.3): مصدر الحرارة
39	شكل رقم (6.3): أسلاك توصيل
40	شكل رقم (7.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين طرفي المزدوج الحراري
42	شكل رقم (8.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين طرفي مزدوجين حراريين على تسلسل
44	شكل رقم (9.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف أربع مزدوجات حرارية على تسلسل
46	شكل رقم (10.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف ست مزدوجات حرارية على تسلسل
48	شكل رقم (11.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين طرفي مزدوجين حراريين على تفرع
50	شكل رقم (12.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف أربع مزدوجات حرارية على تفرع
52	شكل رقم (13.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف ست مزدوجات حرارية على تفرع
54	شكل رقم (14.3): مقاومة
55	شكل رقم (15.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين طرفي مزدوج الحراري
57	شكل رقم (16.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين طرفي مزدوجين الحراريين على تسلسل
59	شكل رقم (17.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف أربع مزدوجات الحرارية على تسلسل
61	شكل رقم (18.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف ست مزدوجات الحرارية على تسلسل
64	شكل رقم (19.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين طرفي مزدوجين الحراريين على تفرع

قائمة الأشكال والجداول والمنحنيات

66	شكل رقم (20.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف أربع مزدوجات الحرارية على تفرع
68	شكل رقم (21.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف ست مزدوجات الحرارية على تفرع

قائمة الجداول

	جداول الفصل الأول
10	جدول رقم (1.1): يوضح تغير درجة حرارة لمدينة ورقلة في فترة زمنية [2014-2018]
	جداول الفصل الثاني
22	جدول رقم (1.2): المواصفات الأساسية للأنواع المختلفة للمزدوج الحراري
30	جدول رقم (2.2): جدول يعطي معاملات موت-جونز لبعض المعادن الشائعة
	جداول الفصل الثالث
40	جدول رقم (1.3): ويوضح تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري
42	جدول رقم (2.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل
44	جدول رقم (3.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تسلسل
46	جدول رقم (4.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تسلسل
49	جدول رقم (5.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع
50	جدول رقم (6.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تفرع
52	جدول رقم (7.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تفرع
56	جدول رقم (8.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري

قائمة الأشكال والجداول والمنحنيات

58	جدول رقم (9.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل
60	جدول رقم (10.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل
62	جدول رقم (11.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية على تسلسل
65	جدول رقم (12.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع
66	جدول رقم (13.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع
68	جدول رقم (14.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية على تفرع
71	جدول رقم (15.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري
72	جدول رقم (16.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل
73	جدول رقم (17.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تسلسل
74	جدول رقم (18.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تسلسل
75	جدول رقم (19.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع
76	جدول رقم (20.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تفرع
77	جدول رقم (21.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تفرع
79	جدول رقم (22.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري بتطبيق قانون سيبيك

قائمة الأشكال والجداول والمنحنيات

82	جدول رقم (23.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل بتطبيق قانون سيبياك
84	جدول رقم (24.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل بتطبيق قانون سيبياك
87	جدول رقم (25.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تسلسل بتطبيق قانون سيبياك
89	جدول رقم (26.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع بتطبيق قانون سيبياك
92	جدول رقم (27.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع بتطبيق قانون سيبياك
95	جدول رقم (28.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع بتطبيق قانون سيبياك

قائمة المنحنيات:

41	منحني رقم (1.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري واحد
43	منحني رقم (2.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين على تسلسل
45	منحني رقم (3.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية
47	منحني رقم (4.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية
47	منحني رقم (5.3): يوضح الفرق في جهد بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تسلسل (مزدوج حراري، 2، 4، 6 مزدوجات حرارية)
49	منحني رقم (6.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجيين حراريين على تفرع
52	منحني رقم (7.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع المزدوجات على تفرع
54	منحني رقم (8.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة ستة المزدوجات على تفرع

قائمة الأشكال والجداول والمنحنيات

54	منحنى رقم (9.3): يوضح الفرق في جهد بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تفرع (مزدوج حراري، 2،4،6 مزدوجات حرارية)
57	منحنى رقم (10.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري
59	منحنى رقم (11.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل
61	منحنى رقم (12.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل
63	منحنى رقم (13.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية على تسلسل
64	منحنى رقم (14.3): يوضح شدة التيار بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تسلسل (مزدوج حراري، 2،4،6 مزدوجات حرارية)
66	منحنى رقم (15.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع
68	منحنى رقم (16.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع
70	منحنى رقم (17.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تفرع
70	منحنى رقم (18.3): يوضح اشدة التيار بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تفرع (مزدوج حراري، 2،4،6 مزدوجات حرارية)
71	منحنى رقم (19.3): يوضح تغير في فرق في جهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع وتسلسل
72	منحنى رقم (20.3): يوضح تغير في شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع وتسلسل
73	منحنى رقم (21.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري

قائمة الأشكال والجداول والمنحنيات

74	منحنى رقم (22.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل
75	منحنى رقم (23.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تسلسل
76	منحنى رقم (24.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تسلسل
77	منحنى رقم (25.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع
78	منحنى رقم (26.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تفرع
79	منحنى رقم (27.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تفرع
81	منحنى رقم (28.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري على تسلسل بتطبيق قانون سيياك
81	منحنى رقم (29.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري (قيم التجريبية وقيم قانون سيياك)
83	منحنى رقم (30.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل بتطبيق قانون سيياك
84	منحنى رقم (31.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل (قيم التجريبية وقيم قانون سيياك)
86	منحنى رقم (32.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل بتطبيق قانون سيياك
86	منحنى رقم (33.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل (قيم التجريبية وقيم قانون سيياك)
88	منحنى رقم (34.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تسلسل بتطبيق قانون سيياك
89	منحنى رقم (35.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تسلسل (قيم التجريبية وقيم قانون سيياك)

قائمة الأشكال والجداول والمنحنيات

91	منحنى رقم (36.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع بتطبيق قانون سيباك
92	منحنى رقم (37.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع (قيم التجريبية وقيم قانون سيباك)
94	منحنى رقم (38.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع بتطبيق قانون سيباك
94	منحنى رقم (39.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة للأربع مزدوجات حرارية على تفرع (قيم التجريبية وقيم قانون سيباك)
96	منحنى رقم (40.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع بتطبيق قانون سيباك
97	منحنى رقم (41.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع (قيم التجريبية وقيم قانون سيباك)

قائمة الرموز

الاستطاعة	Q
درجة الحرارة	T
رقم الاستحقاق (الجدارة) أو معامل الأداء	ZT
الموصلية الحرارية الكلية	K
الموصلية الكهربائية (الناقلية الكهربائية)	σ
معامل سيباك	S
الموصلية الحرارية الالكترونية	K_L
الموصلية الحرارية الشبكية	K_e
ثابت بولتزمان	$K_B \sigma$
شعاع الحالة	\vec{K}
تأثير سيباك	V_T
معامل سيباك	S_{ab}
تأثير يلتير	Q_η
تأثير طومسون	Q_t

مقدمة عامة

مقدمة عامة

الكهرباء هي واحدة من أهم مصادر الطاقة النظيفة في عالمنا المعاصر، وهي واحدة من أهم القواعد والعوامل التي تعتمد عليها العديد من الصناعات والمشاريع ووسائل المواصلات وبدونها تتوقف الكثير من مصادر التقدم في العالم. فهي على مدار سنوات تعتبر من الخدمات التي يتم الدفع للحصول عليها، لهذا تم البحث عن طرق أخرى لتوليدها مثل الكهرباء المولدة من طاقة المياه أو المولدة من الطاقة الحرارية حيث أن هذه الأخيرة لفتت انتباه الكثير من الباحثين المهتمين بحصاد الطاقة من كافة مصادرها المتاحة، ونظرا للمصادر الكثيرة لها مثل الحرارة التي تنتجها (الأجهزة، الآلات، المحركات الكهربائية، وسائل النقل العاملة على مختلف أنواع الوقود، حرارة جسم الإنسان والحرارة الناتجة من باطن الأرض) فهي تنتج بكميات كبيرة ولا يستفاد منها لهذا طور العلماء عدة تقنيات للاستفادة من هذه الحرارة المهذرة وتحويلها إلى طاقة كهربائية. ومن هنا نطرح إشكال كيفية استغلال حرارة الأجسام الساخنة لإنتاج الكهرباء بتقنية المزدوج الحراري، وكيفية تحسين كمية انتاج شدة تيار الكهربائي في تقنية مزدوج الحراري وتطرقنا في هذه الدراسة إلى الفصول الآتية:

- **الفصل الأول:** سنتطرق إلى طرق انتقال الحرارة والمصادر المنتجة لها واستخداماتها
- **الفصل الثاني:** تناولنا في هذا الفصل الكهروحرارية والتوصيلية (الكهربائية، الحرارية) ثم دراسة تقنية المزدوج الحراري والتأثيرات الكهروحرارية وخصصنا بالدراسة أثر سيباك، ثم عموميات على أشباه الموصلات والظواهر الفيزيائية المستغلة في الأنظمة الكهروحرارية.
- **الفصل الثالث:** دراسة تجريبية للمزدوج الحراري من النوع K وقياس الفرق في الجهد وشدة التيار بين طرفي مزدوج حراري عند تعريضه لمصدر حراري ثم قياس الفرق في الجهد وشدة التيار في حالتي الربط على التسلسل وعلى التفرع في وجود (مزدوجين، أربع، ست مزدوجات حرارية) وحساب الاستطاعة في كل الحالات وقمنا بالتحقق من صحة النتائج بتطبيق قانون سيباك ولقدّم الأجهزة أدى ذلك إلى ظهور إرتياب وفي الأخير خلاصة عامة نذكر فيها كل ما تناولناه من استنتاجات من خلال نتائج دراسة هذا الموضوع.

الفصل الأول:
الطاقات الحرارية
المتجددة والمستدامة

تمهيد:

الكهرباء هي إحدى الصورة المهمة للطاقات التي تستخدم في شتى المجالات والتي لا غنى عنها في حياتنا اليومية في الاستخدامات الصناعية والمنزلية كالإنارة والتدفئة وبها يتم تشغيل الأجهزة الكهرومنزلية وكافة المجالات الأخرى.

ولتوليد وإنتاج الطاقة الكهربائية عدة تقنيات وأنظمة، بدأ من استعمالات المحروقات والطاقة الاحفورية والطاقة الحركية للمياه والكيميائية ووصولاً إلى الطاقة النووية، وتحسباً لنضوب الطاقات الاحفورية حالياً تتجه الأبحاث العلمية إلى استغلال الطاقات المتجددة وغير ملوثة للبيئة في إنتاج الكهرباء.

هذه الطاقات المتجددة تتمثل في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والحرارة الجوفية والكتلية، ولتحويل الحرارة الطبيعية أو الناتجة عن تشغيل الأجهزة إلى كهرباء دور حيوي كبير في إعادة استغلال الحرارة في عملية رسكلة الطاقة.

1. تعريف الكهرباء:

تعرف الكهرباء بأنها إحدى أشكال الطاقة التي يمكن ملاحظتها والشعور بها في الطبيعة، حيث تنشأ الكهرباء نتيجةً لتدفق الشحنات الثابتة أو المتحركة، إذ تحمل الإلكترونات هذه الشحنات، ونتيجةً لذلك تنشأ أشكال الكهرباء المختلفة من خلال تراكم أو حركة عدد من الإلكترونات كما يمكن تعريف الكهرباء بأنها الطاقة اللازمة لتشغيل معظم الأجهزة الإلكترونية التي تعمل باستخدام الطاقة الكهربائية، كالهواتف والأضواء وحتى ألعاب الفيديو. ويعود الفضل لاكتشاف الكهرباء إلى العالم بنجامين فرانكلين، الذي تمكن من اكتشافها في عام 1752م. [1]

2. تعريف الحرارة:

هي شكل من أشكال الطاقة التي ترافق حركة الجزيئات أو الذرات أو أي جسم يدخل في تركيب المادة (النواة أو مكوناتها) ويمكن الحصول على الحرارة إما بطرق فيزيائية مثل الاحتكاك أو تهيج جزيئات المادة، أو بطرق كيميائية مثل الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاحتراق والتفاعلات النووية وغيرها، والحرارة طاقة قابلة للانتقال بطرق مختلفة مثل الإشعاع والحمل والتوصيل ولا يمكن للحرارة أن تنتقل بين جسمين إلا في حالة اختلاف درجة حرارتهما. [2]

1.2 طرق انتقال الحرارة:

تنتقل الحرارة تلقائياً من جسم درجة حرارته مرتفعة إلى جسم درجة حرارته اقل من الأول ونفس الشيء يقع بين جسم الإنسان ومحيطه، كالتسخين شتاء والتبريد صيفاً. (كما هو موضح في شكل الآتي):



شكل رقم (1.1): يوضح طرق انتقال الحرارة [4]

1.1.2 انتقال الحرارة بالإشعاع:

هو عملية تنتقل بها الحرارة من جسم ذي حرارة مرتفعة إلى جسم له درجة حرارة أقل عندما يكون الجسمان منفصلين في الفضاء أو حتى إذا كان يفصلهما وسط مفرغ من الهواء حيث تتم عملية تبادل الطاقة بواسطة الأشعة الكهرومغناطيسية التي تشع بواسطة الذرات لهذه المواد، فعندما تمتص ذرة ما الطاقة يرتفع مستوى الطاقة لها، وعندما تشع ينخفض مستوى الطاقة الخاص بها. [4]

$$(1) Q = \sigma A(T - T_0) \text{ (Watt)}$$

$$\sigma: \text{هي ثابت بولتزمان } \sigma = 5.67 * 10^{-8} \text{ (Watt)}$$

A : هي مساحة.

2.1.2 انتقال الحرارة بالحمل:

تنتقل الحرارة بالحمل عن طريق جزيئات المادة من أماكن ساخنة إلى أخرى باردة حاملة معها الحرارة. ولهذا الحمل الحراري يحدث في الغازات والسوائل، حيث تكون جزيئات المادة حرة الحركة. وأوضح مثال على الحمل الحراري هو تسخين إناء يحتوي على سائل حيث يسخن أولاً من أسفل، ثم تنتشر الحرارة

بالحمل في جميع أنحاء السائل، وكذلك عند تبريد سطح الساخن مثلا في الهواء، فالحرارة تنتقل من سطح إلى للهواء المجاور بالحمل الحراري.

في حالة انتقال الحرارة بالتوصيل تعبر الطاقة حدود الجسم الساخن إلى الجسم البارد نتيجة تلامس الجسمين دون أية حركة لهما، إما طريقة الحمل فالجزيئات المتحركة تحمل معها طاقة لهذا سميت بالحمل (تبادل بالطاقة ما بين الأجزاء المتحركة للمائع والسطح)[1]. ومن التجارب المخبرية توصل العالم إسحاق نيوتن عام 1701م إلى قانون انتقال الحرارة بالحمل هو:

$$(2) \quad \dot{Q} = h A \Delta T \quad (\text{Watt})$$

حيث ΔT : فرق في درجة الحرارة السطح، أو الجسم و درجة حرارة المائع (Ts-Tf) أو (Tw-T∞)

A:المساحة المعرضة لطبقة المائع

h: هو معامل تجريبي يسمى معامل انتقال الحرارة بالحمل وحدته $W/m^2.K$ أو $W/m^2.^\circ C$

3.1.2. انتقال الحرارة بالتوصيل:

في حالة التوصيل الحراري تظل جزيئات المادة ثابتة وتنتقل الحرارة بينهما بالتلامس ولذلك فإن التوصيل الحراري هو الطريقة الوحيدة لانتقال الحرارة في المواد الصلبة ويمثل نسبة ضئيلة جدا من انتقال الحرارة في السوائل والغازات ولا يحدث في الفراغ حيث لا توجد جزيئات.

وانتقال الحرارة بالتوصيل يتم نتيجة لاختلاف درجات حرارة الجزيئات أي اختلاف مستويات الطاقة الداخلية (طاقة الحركة لهذه الجزيئات) المتجاورة في المادة دون انتقال هذه الجزيئات فكلما كان الفرق بين درجتي حرارة النقطتين المتصلتين كبيرة تكون كمية الطاقة Q المنقلة إلى النقطة الأبرد كبيرة . [3]

وعبر عالم الرياضيات الفرنسي جوزيف موزيير عنها بالعلاقة (3) $Q = kA \frac{dT}{dx}$ (Watt)

K: معامل توصيل الحرارة للمادة

A: مساحة الوسط

$\frac{dT}{dx}$: تغير درجة الحرارة خلال الوسط.

3. العلاقة بين الكهرباء والحرارة:

العلاقة الحقيقية الوحيدة هي أن كلاهما يحدث باستخدام حركة الإلكترونات، الكهرباء هي موجة حركة أكثر تحكما في حركة الإلكترونات بينما تعمل الحرارة على تنشيط الإلكترونات التي تسبب الحركة، ولكن في مسار خطي يمكن للحرارة أيضاً أن تولد الكهرباء باستخدام طريقة الوصلة الساخنة والباردة مثل المزوجة الحرارية تماما كما يمكن استخدام الكهرباء لتوليد الحرارة.[5]

4. الحرارة الجوفية:

هي طاقات حرارية دفينية في أعماق الأرض وموجودة بشكل مخزون من المياه الساخنة أو البخار والصخور الحارة، لكن الحرارة المستغلة حالياً عن طريق الوسائل التقنية المتوافرة، هي المياه الساخنة والبخار الحار، بينما حقول الصخور الحارة مازالت قيد الدرس والبحث والتطوير. وحتى الآن ليس هناك دراسات شاملة حول حجم ومدى إمكانية استغلال هذه الموارد، إذ أن نسبة استخدامها لا تزال ضئيلة، وتبقى زيادة مساهمة هذا المصدر في تلبية احتياجات الإنسان رهنا بالتطورات التكنولوجية وأعمال البحث والتنقيب التي ستجري مستقبلاً. وتستعمل هذه الطاقات لتوليد الكهرباء، كما يمكن استعمالها في مجالات أخرى كالتدفئة المركزية والاستخدامات الزراعية والصناعية والأغراض الطبية وتجفيف المحاصيل في صناعة الورق والنسيج، وتستخدم الينابيع الساخنة في الجزائر لأغراض طبية وسياحية.[6]

1.4. استخدامات الحرارة الجوفية:

استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية (تعرف بالطاقة الحرارية الأرضية) وهي أحد مصادر الطاقة المتجددة والتي تعتمد على التقاط الحرارة من باطن الأرض وتسخيرها للاستخدامات المختلفة، وفيما يأتي استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية:

1.1.4. التدفئة: يتم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية بشكل مباشر لتدفئة المباني وحمامات السباحة والمرافق العلاجية وغيرها.

2.1.4. الطهي: يتم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية للطهي وتجفيف الفاكهة والخضروات وبسترة الحليب.

3.1.4 توليد الكهرباء: يتم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد الكهرباء، وتعتمد هذه العملية على بخار الماء الناتج من باطن الأرض وتوجيهه إلى توربينات تقوم بتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية.

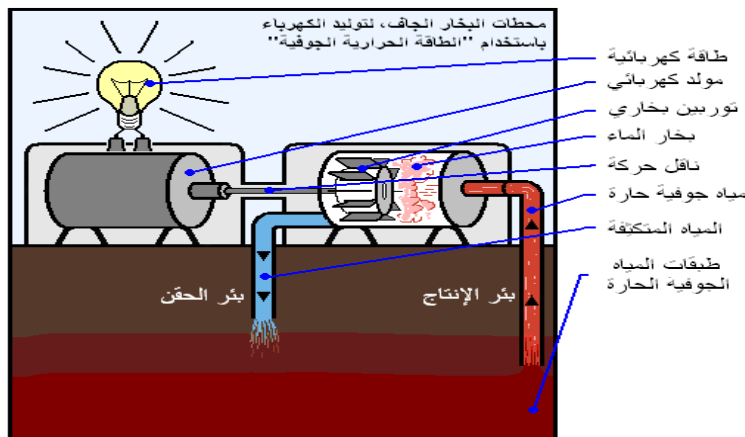
4.1.3 الصناعة: يتم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية في تدوير الجليد وعمليات التعدين المختلف. [7]

2.4. توليد الكهرباء من الطاقة الجوفية:

تختلف طرق إنتاج الكهرباء بواسطة الطاقة الحرارية الجوفية من حيث التصميم، في حين أنها تتشابه بآلية عملها (دوران العنفات بفعل بخار الماء) وبمحافظة للطاقة، إذ يتم تكثيف بخار الماء الزائد في كل مرة وإرساله إلى باطن الأرض، مما يسمح بالاستفادة منه لاحقاً، ومن أهم الطرق:

1.2.4. محطات البخار الجاف:

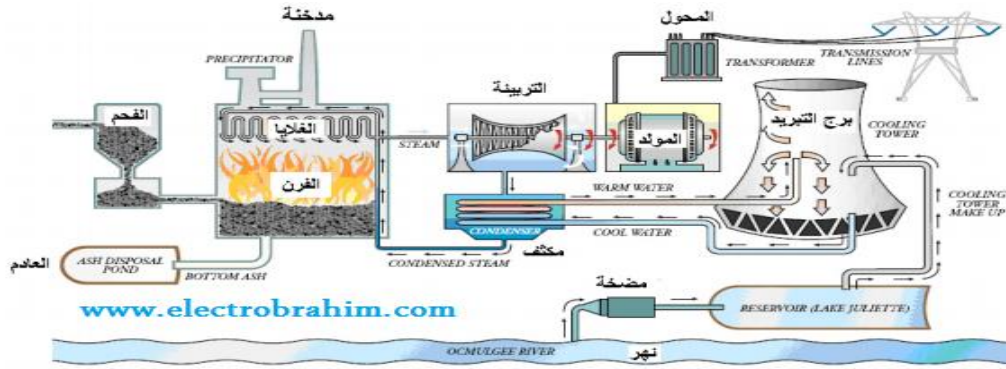
يتم تشغيل المولد الكهربائي بالاعتماد على قوة بخار الماء الساخن الذي يتم جمعه في باطن الأرض وتوجيهه نحو العنفات لتدويرها.



شكل رقم (2.1): يوضح محطة بخار [8]

2.2.4. محطات التبخير:

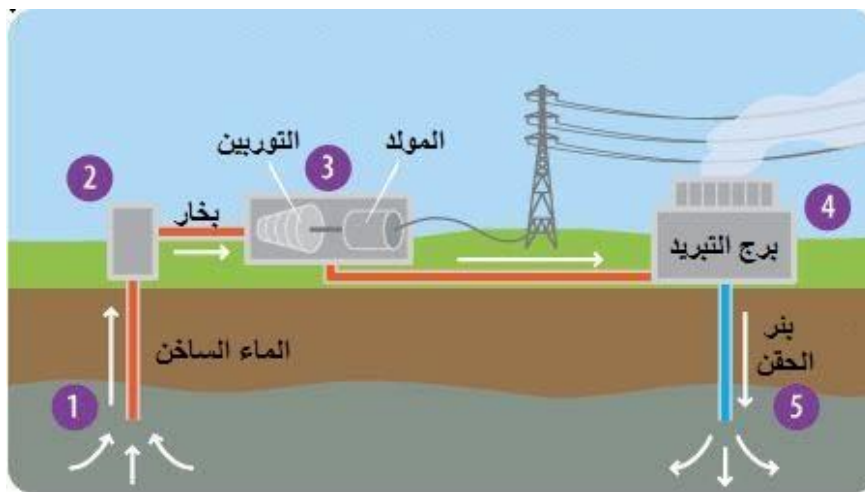
يتم دفع الماء الساخن من باطن الأرض لتنتقل إلى خزانات على سطحها يتبخر فيها الماء مباشرةً بفعل الانخفاض المفاجئ في الضغط، وبذلك يتولد البخار المستخدم لتشغيل العنفات.



شكل رقم (3.1): يوضح محطة تبخير [9]

3.2.4 محطات الدارة المزدوجة:

يُسحب الماء الساخن من باطن الأرض بواسطة أنابيب، لينتقل بعدها إلى مجموعة مختلفة من الأنابيب الحاوية على سائل ذي درجة غليان أخفض من الماء (الأمونيا)، والذي يتبخر بدوره بفعل حرارة الماء، ليُسجّل البخار الناتج العنفات. [5]



شكل رقم (4.1): يوضح منشأ طاقة حرارية جوفية [10]

5. الحرارة الجوية:

هي قياس لدرجة الحرارة في مستويات مختلفة من غلاف الأرض الجوي. وتحكمها عوامل عدة ومنها: الإشعاع الشمسي الوارد والرطوبة والارتفاع عند التحدث عن درجة حرارة السطح، يعتمد المدى الحراري السنوي في أي موقع جغرافي بصورة كبيرة على نوع المجال الحيوي البيئي كما تم قياسه بتصنيف كوبن للمناخ. [11]

1.5. درجة الحرارة:

هي كمية فيزيائية عيانية تعتبر مقياس لدرجة سخونة جسم، وتقاس وفق أجهزة خاصة تسمى موازين الحرارة (المحارير) والتي يمكن معايرتها لإظهار تدرجات مختلفة للحرارة، وهناك أنظمة عديدة لقياس درجة الحرارة ولكن النظام الأكثر شيوعاً بينهما هما درجة الحرارة المطلقة (كلفن K) ودرجة الحرارة المئوية (السيليزية °C). [1]

جدول رقم (1.1): يوضح تغير درجة حرارة لمدينة ورقلة في فترة زمنية [2016-2018][12]

السنة	شهر	Tc en °C	Th en °C
2016	جانفي	6,5	21,2
	فيفري	8,1	22,7
	مارس	9,7	25,7
	افريل	16,7	32,8
	ماي	21,3	36,0
	جوان	24,9	41,0
	جولية	27,4	42,6
	أوت	26,9	41,3
	سبتمبر	24,3	38,0
	أكتوبر	19,4	34,2
	نوفمبر	10,5	24,5
	ديسمبر	8,1	19,5

17,5	3,4	جانفي	2017
23,1	8,5	فيفري	
26,1	11,5	مارس	
29,9	15,2	أفريل	
37,5	22,9	ماي	
40,4	25,5	جوان	
43,1	27,3	جولية	
42,9	27,1	أوت	
36,6	21,9	سبتمبر	
29,4	16,1	أكتوبر	
22,9	9,4	نوفمبر	
18,2	5,4	ديسمبر	
20,7	5,5	جانفي	2018
19,7	6,9	فيفري	
26,8	11,9	مارس	
30,6	16,4	أفريل	
34,9	20,2	ماي	
39,7	24,5	جوان	
47,4	30,5	جولية	
40,4	26,8	أوت	
38,5	24,7	سبتمبر	
30,1	16,9	أكتوبر	
24,1	10,4	نوفمبر	
20,5	4,9	ديسمبر	

حيث Th درجة سخونة وTc درجة البرودة

6. المصادر الكيميائية والميكانيكية المنتجة للحرارة:

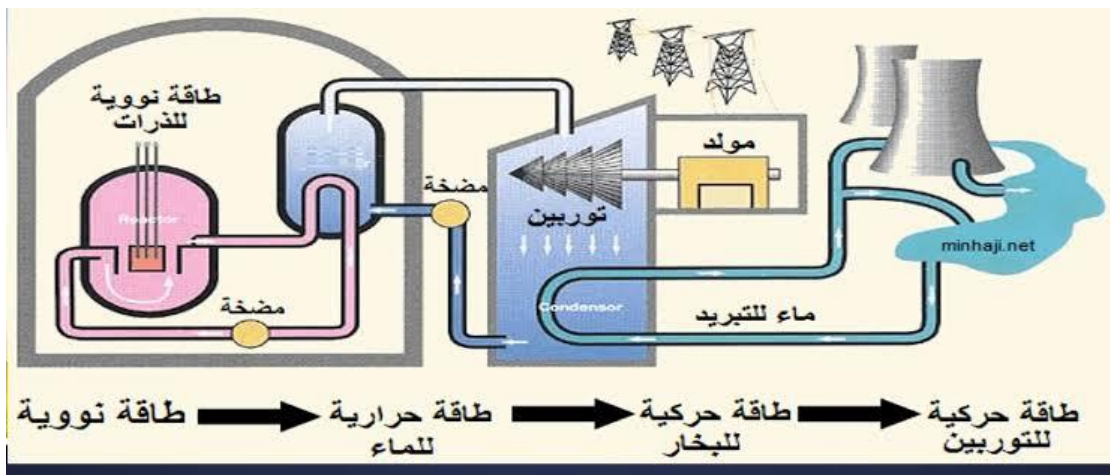
1.6. المصادر الكيميائية:

1.1.6. التفاعلات الطاردة للحرارة:

التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة معاكسة للتفاعلات الماصة للحرارة، فهي تأخذ الطاقة الحرارية من محيطها بل على العكس تطلق طاقة ناتجة عن تكسر الروابط في التفاعل إلى محيطها، وتكون هذه الطاقة على شكل حرارة أو ضوء، ولذلك يمكن القول بان الطاقة المطلوبة لبدء التفاعلات تكون أقل من الطاقة التي تنتجها بعد حدوثها (فحم) $(C+O_2=CO_2+heat)$ (4). [13]

2.1.6. الطاقة النووية:

يمكنها أن تنتج كميات كبيرة من الحرارة، فالأسلحة النووية تطلق كميات الحرارة بدرجة من الكثافة والسرعة بحيث تدمر كل ما هو موجود حول مكان سقوطها، ولا يمكن التحكم في الحرارة المنبعثة من هذه الأسلحة للاستفادة منها كما نريد ولكن من ممكن ان تنتج الحرارة من الطاقة النووية ببطء كاف للاستفادة منها في توليد الكهرباء وإنجاز اعمال أخرى وذلك في جهاز يسمى المفاعل النووي. [14]



شكل رقم (5.1): يوضح إنتاج حرارة من الطاقة النووية. [15]

2.6. المصادر الميكانيكية:

يمكن تعريف الحرارة المتولدة ميكانيكياً على أنها حرارة تنتجها عمليات ميكانيكية، تتضمن الحركة وتشوه المواد الصلبة اللزجة في المرنة وكذلك عن طريق الاحتكاك.

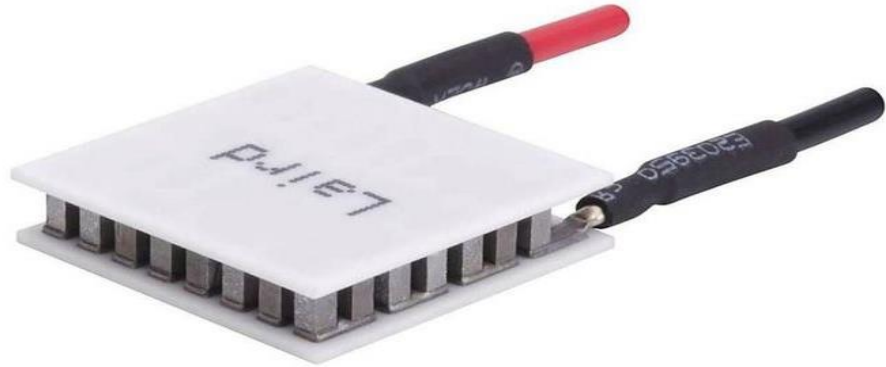
تلعب مصادر الحرارة هذه دوراً مهماً في العديد من العمليات الصناعية، مثل تشكيل المعادن، اللحام بالاحتكاك. يمكن أن يكون لدرجة الحرارة تأثير كبير على السلوك الميكانيكي للمواد مثل المعادن أو البوليمرات، على عكس من ذلك يمكن أن يكون النشاط الميكانيكي أصل منه توليد الحرارة (أو الامتصاص).

1.2.6. الاحتكاك:

عندما يحتك جسم بجسم آخر تنتج حرارة. ويمثل الاحتكاك في معظم الأحيان مصدر حرارة غير مرغوب فيه لأنه ربما يُتلف الأشياء. فمثلاً الحرارة التي تنتج في أية آلة عندما تحتك أجزاؤها بعضها ببعض ربما تؤدي إلى تآكل هذه الأجزاء. ولذا يوضع زيت التشحيم بين أجزاء الآليات المتحركة المتلامسة، وينقص زيت التشحيم فاعلية الاحتكاك وبالتالي يقلل توليد الحرارة. [14]

7. طاقة الأجسام الساخنة والحرارة:

حديثاً تم فتح الباب أمام كثير من مصادر الطاقة البديلة الغير مستخدمة لحد الآن، ومنها جهاز يحول الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية هذه التكنولوجيا تقدم حلول بديلة للطاقة لتطبيقاتها في أعمال الصناعة والاستهلاكية والتجارية (المولد الكهروحراري، رقاقة مولد لطاقة كهروحرارية):



شكل رقم (6.1): يوضح خلية بلنتير [16]

الفصل الثاني:

التقنيات الصناعية

المستعملة في تحويل

الحرارة إلى كهرباء

تمهيد:

إن تبديد الحرارة في حالة النقل الحراري أصبح تحدياً لتقليله أو استغلاله في شكل آخر (كهرباء)، إذ أنه يمكن تحسين التحويل المباشر للحرارة إلى كهرباء، وهي عملية عكسية تعرف باسم الظاهرة الكهروحرارية، ويتم ذلك إلى حد كبير لبعض المواد، عن طريق دمج عدد قليل من الجسيمات النانوية المغناطيسية.

تتميز المواد الكهروحرارية بقدرتها على تحويل الحرارة المهذرة إلى طاقة كهربائية، ولها تطبيقات في كل من توليد الطاقة، والتبريد. ومن بين التقنيات المستعملة في تحويل تقنية مزدوج الحراري واشباه الموصلات

1. الخصائص الكهروحرارية:

تعتبر الموصلية الحرارية للمواد السائبة مفتاحاً لدراسة المواد الكهروحرارية، حيث يعتمد أداء مواد الكهروحرارية بشدة على وحدة أقل كمية تسمى رقم الاستحقاق ZT أو معامل الكفاءة، إذ يعبر هذا عن قدرة المادة على العمل كمادة كهروحرارية (الأداء الكهروحراري). [17]

تصف كمية ZT العديد من الخصائص المتعلقة بكيفية تدفق الحرارة والكهرباء عبر المواد. ولأن هذه الخصائص أصلية في المواد، فإن كفاءة المبردات والمولدات الكهروحرارية مستقلة عن حجمها، على عكس الثلجات التي تعمل بضغط البخار، أو محركات الاحتراق الداخلي على سبيل المثال. ومن حيث المبدأ، يعني هذا أن الأجهزة الكهروحرارية تقدم أداءً متفوقاً على محركات الحرارة الميكانيكية في الحالات التي تتطلب طاقة أقل من 100W. [18]

$$(5) \quad ZT = \frac{\sigma TS^2}{K_e + K_L}$$

حيث σ : هي الموصلية الكهربائية، T : درجة الحرارة، S : معامل سيباك،

K_e : الموصلية الحرارية الإلكترونية، K_L : الموصلية الحرارية الشبكية (الصوتية).

يتضح من هذه المعادلة انه كلما انخفضت الموصلية الحرارية زادت الكفاءة، حيث تعتمد كفاءة التحويل الحراري على معامل ZT، أي أن المواد الكهروحرارية الجيدة هي التي لها سيباك عالي، موصلة كهربائية عالية، والموصلية الحرارية منخفضة. [17]

تعتبر الموصلية الكهربائية من المعاملات المستخدمة في تصنيف المواد، إذ تتمتع المعادن بموصلية كهربائية عالية بينما تكون منخفضة جداً في العوازل وفي ظل الظروف العادية يتم أخذها على أنها صفر مع احتلال أشباه الموصلات موقعا وسطياً بين الإثنين. في معادن تحمل الناقلات الكهربائية غالبية الحرارة، في حين أ، الموجات الشبكية في العوازل هي الناقل الحراري السائد. [19]

إن العائق الرئيسي في إنشاء مواد كهروحرارية فعالة هو الحاجة إلى مواد توصيل جيد للكهرباء دون الحرارة، في حين أن غالبية المواد ترتبط موصلية للحرارة بموصلية للكهرباء. توفير المواد الجديدة ذات الهندسة النانوية طريقة للتغلب على ذلك. [20]

2. الموصلية:

هي مقياس السهولة التي يمكن أن تمر بها الشحنة الكهربائية أو الحرارة عبر مادة ما. [21]

1.2. الموصلية الكهربائية:

1.1.2. تعريف الموصلية الكهربائية:

هي قياس لكمية التيار الكهربائي (الشحنة الكهربائية) التي يمكن أن تمر عبر مادة تحت تأثير الجهد المطبق أو المجال الكهربائي المطبق [22]. وهي إحدى الخصائص المهمة للجسم الصلب. وتساوي إلى مقلوب المقاومة النوعية P $\sigma = \frac{1}{P}$ (6) [23]

في المعادن تكون المقاومة كبيرة جداً وبالتالي عدد التصادمات أكبر ومنه الناقلية الكهربائية ضعيفة جداً وتكاد تنعدم أي عدم وجود إلكترونات حرة.

أما أشباه الموصلات فتحل مرتبة بين الإثنين، وبوجود نوعان من أشباه الموصلات النوع N، الغالبية تكون هي الإلكترونات والأقلية هي الثقب (الشحنات الموجبة). والنوع P، تكون الغالبية هي الثقب (الشحنات السالبة) والألية هي الإلكترونات.

2.2. الموصلية الحرارية:

إن انتقال الحرارة بالتوصيل يعني انتقال الطاقة الحرارية من جزيئات المادة ذات الطاقة العالية إلى الجزيئات الأقل كنتيجة طبيعية لحركة هذه الجزيئات فيما بينها، ويحدث التوصيل في المواد السائلة والغازية

نتيجة تصادم الجزيئات. أما في المواد الصلبة فيحدث التوصيل نتيجة لاهتزازات الجزيئات. وتنتقل الكافة الحرارة عبر ناقلات الكهربائية (إلكترونات حرة أو ثقوب)، أو موجات الشبكية (فوتونات) أو موجات كهرومغناطيسية أو موجات سينية، أو أي إثارة أخرى.

1.2.2. الموصلية الحرارية للمادة:

تعرف أنها معدل انتقال الحرارة عبر المادة بالنسبة للفرق في درجة الحرارة، وتسمى أيضا معامل انتقال الحرارة بالتوصيل ويرمز لها بالرمز K . تقيس الموصلية الحرارية كيف يمكن للحرارة (الطاقة الحرارية المتحركة) أن تمر عبر مادة تحت اختلاف درجة الحرارة. كلما كان معامل مرتفع كانت المواد جيدة التوصيل وكلما كان منخفض كانت المواد رديئة التوصيل (عازلة). [23][24][25][26] ويعطى بالعلاقة:

$$K = -\frac{\vec{Q}}{\vec{\nabla}T} \quad (7)$$

Q : هو متجه معدل تدفق الحرارة (أو تدفق الحرارة) عبر عرضي للوحدة عموديا على Q .

T : درجة الحرارة المطلقة.

من المعروف أن المساهمة الرئيسية للتوصيل الحراري تأتي من تفاعلات الفوتون، كما يمكن أن يكون للإلكترونات أيضا مساهمة كبيرة، أو حتى سائدة (في معادن، في أشباه الموصلات ...) في الحرارة. عندما يحدث هذا يكون هناك انقسام واضح للتوصيل الحراري الكلي حيث $K = K_e + K_L$ [17](9).

K_e : الموصلية الحرارية الالكترونية، عند انتقال الإلكترونات فإنها تحمل طاقة حرارية على شكل $K_B T$ ، بحيث K_B : ثابت بولتزمان، T : درجة الحرارة.

K_L : الموصلية الحرارية الشبكية، نتيجة موجات اهتزازات الأنوية داخل الشبكة (الفوتونات).

2.2.2. الموصلية الحرارية في المعادن:

يتم النقل الحراري في المعادن أساسا بواسطة إلكترونات النقل بالإضافة إلى الدور الثانوي للفوتونات، وتكون الموصلية الحرارية عبارة عن مجموعة كل من عامل النقل بالفوتونات ومعامل النقل بالإلكترونات كما ذكرنا سابقا [24].

4.2.2. الموصلية الحرارية في العوازل:

يخضع النقل الحراري في النظام لحركة الجسيمات الحرة التي تحاول استعادة التوازن الديناميكي الحراري في النظام الخاضع لتدرج درجة الحرارة. بالنسبة للمواد العازلة، يمكننا بشكل عام تجاهل مساهمات الإلكترونات في النظام الخاضع لتدرج درجة الحرارة. بالنسبة للمواد العازلة، لأن في العوازل لا توجد إلكترونات حرة. ومن ثم يتم نقل الحرارة من طرف إلى آخر عن طريق اهتزازات الذرات الموجودة في البنية الشبكية (الفوتونات الصوتية).

بشكل عام، نبدأ بمفهوم المادة الصلبة التوافقية المثالية (أي التي يتم جميع التفاعلات بشكل جيد بواسطة المذبذبات التوافقية) كونها ناقلاً مثالياً للحرارة. لأن هذا ليس هو الحال بالنسبة لأي مادة عازلة تحت أي ظرف من ظروف، فإننا نسعى لفهم التوصيل الحراري من حيث آليات المقاومة الحرارية [27] [28].

يعتمد النهج الشائع لفهم التوصيل الحراري للمواد الصلبة الغاوية البسيطة البلورية على ديبياي لنقل الحراري في الغازات، ومعالجة الاهتزازات الشبكية على أنها غاز من الفوتونات:

$$K = \frac{1}{3} CV\lambda(8)$$

حيث C : هي سعة الحرارة لكل وحدة من الحجم. V : متوسط سرعة مجموعة الفوتون. λ : متوسط المسار الحر للفوتونات بين الإصطدامات [29] [30].

5.2.2. الموصلية الحرارية في أشباه النواقل:

شهدت العقود الأخيرة العديد من الإجراءات التجريبية لخلق عدم تجانس حاد للغاية في درجة الحرارة المكانية في المواد المختلفة، وبالتالي يمكن إنشاء تدرجات درجة الحرارة تصل إلى 10^{10} k/cm عن طريق إشعاع الليزر على أشباه الموصلات. ومن هنا تأتي أهمية التحقق من خصائص أشباه الموصلات تحت درجات حرارة كبيرة. يؤدي الاتجاه نحو تصغير محولات الطاقة الكهربائية أيضاً إلى إنشاء تدرجات حرارة كبيرة في مواد أشباه الموصلات، ومنه تنشأ أهمية دراسة ظواهر النقل في أشباه الموصلات تحت ظروف درجات الحرارة القصوى، و نتحصل على ذلك باستخدام البني ذات الأحجام الدقيقة والنانوية [19].

نطاق التوصيل الحراري في أشباه الموصلات كبير للغاية أعلى من أي معدن، وهو مجموع التوصيل الحراري الإلكتروني K_e والتوصيل الحراري الشبكي K_L [31].

3. التأثيرات الكهروحرارية:

يحمل لفظ الكهرباء الحرارية دلالة مزدوجة، فهو يعبر من جهة عن الكيفية التي يستغل بها الفرق الحراري لإنتاج الطاقة الكهربائية، بينما في المقابل يتم توليد الطاقة الحرارية انطلاقاً من المحروقات أو غيرها من الوسائل التقليدية في إنتاج الحرارة.

يعتبر كل من التوصيل الحراري والتوصيل الكهربائي من التأثيرات المباشرة ننتقل الآن إلى مناقشة الآثار غير المباشرة.

1.3. تأثير سيبيك (Seebeck Effect):

يعرف اثر سيبيك بأنه القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المزوج الحراري أي وصلتين (A.B)، عند تسخين إحدى وصلتيه مع بقاء الأخرى باردة وتتوقف القوة الدافعة الكهربائية على مادتي المزوج الحراري وكذلك الفرق بين درجتي حرارة الوصلتين، وأوضحت التجارب أن القوة الدافعة الكهروحرارية متناسبة مع الفرق بين درجة حرارة الوصلتين.

$$V_T = S_{ab}(T - T_0) \quad (9)$$

S_{ab} : قوة الدافعة الكهروحرارية النوعية أو معامل سيبيك وترتبط بدرجة الحرارة ومادة التوصيل وتعطى بالعلاقة:

$$S_{ab} = dV_T/dT \quad (10)$$

قام سيبيك بترتيب الوصلات على شكل سلسلة في المزوج الحراري حين يمر التيار، فوجد أن الدافعة الكهروحرارية تزداد كلما كانت الوصلتين ابعداً. [32]

1.1.3. القوة الدافعة الكهربائية:

هي مقدار الشغل الذي تبذله البطارية (المصدر) لنقل الشحنات الكهربائية وحركتها داخل المصدر، أي عملية توليد الكهرباء في مزوجة حرارية وتسمى أيضاً معامل سيبيك.

الفصل الثاني التقنيات الصناعية المستعملة في تحويل الحرارة إلى كهرباء

فإذا فرضنا شحنة كهربائية مقدارها dq مرت في دائرة كهربائية مغلقة في زمن dT يكون الشغل المنجز

$$\text{حسب تعريف القوة الدافعة الكهربائية مساويا: } \varepsilon = dW/dT \quad (11)$$

نقسم المعادلة على الزمن فتصبح:

$$dW/dT = \varepsilon dq/dT \quad (12)$$

يستفاد من هذا الشغل في سريان التيار، أي تكتسبه الشحنة على شكل طاقة كهربائية ثم تتحول إلى حركية لتنتقل الشحنة من قطب موجب إلى السالب خارج المصدر ثم تفقد هذه الطاقة في المقاومة الخارجية على شكل حرارة أو صورة أخرى للطاقة. [32]

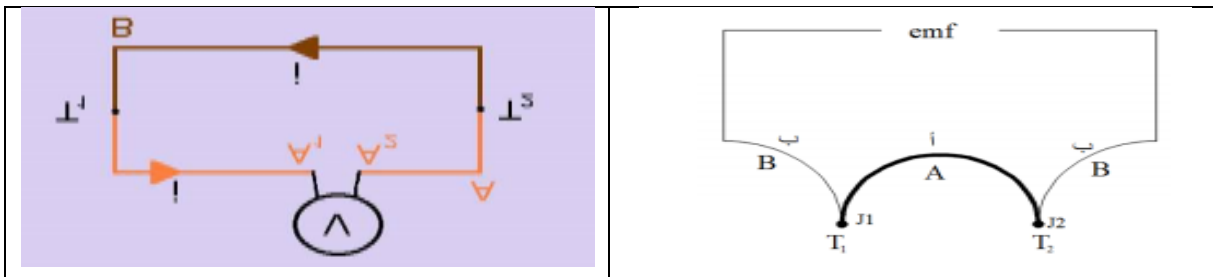
1.1.1.3. أنواع مصادر الجهد:

مصدر الجهد المثالي: المصدر الذي تكون مقاومته الداخلية تستهلك جزء من الطاقة على شكل حرارة وتكون موصولة على التوالي مع المصدر، وعندها يكون فرق الجهد بين طرفيه أكبر أو أصغر من القوة الدافعة الكهربائية حسب اتجاه التيار. [32]

2.1.1.3. مصادر القوة الدافعة الكهربائية:

- البطاريات
- الخلايا الشمسية
- المولدات الكهربائية

تكمُن أهميتها في العمل على تحريك الشحنات الحرة يعني أنها تقوم بدور المضخة. [32]



شكل رقم (1.2): يوضح رسم تخطيطي لظاهرة سيبيك. [32]

2.3. تأثير بلتيي (Peltier Effect):

اكتشف العالم بلتيي في عام 1834م أنه عند عكس ظاهرة (Seebeck)، أي أنه عند إمرار تيار كهربائي ثابت، خلال مزدوج حراري (Thermo-couple) مكونة من معدنين مختلفين، تكون أحد الوصلتين باردة ويمكنها امتصاص حرارة من الوسط المحيط بها، والوصلة الأخرى ساخنة ويمكنها طرد الحرارة من الوسط، ينشأ امتصاص أو طرد الحرارة عن اختلاف القوة الدافعة الكهربائية (α_N) و (α_P) للمادة السالبة والمادة الموجبة على التوالي عند الوصلة. [33]

تعرف الحرارة الممتصة و الحرارة المطرودة بحرارة Peltier و تعين بالمعادلة:

$$Q_{\eta} = \eta \cdot i \quad (13)$$

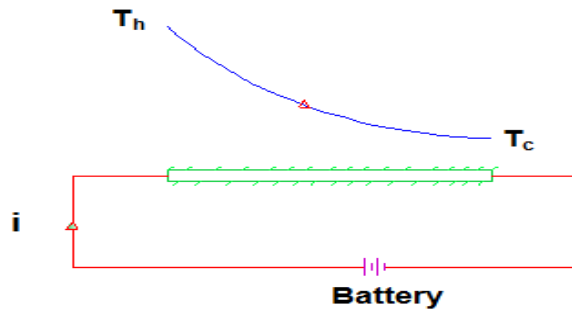
حيث (i): شدة التيار الثابت و (η) معامل Peltier ومعادلته:

$$T_{\eta} = (\alpha_P - \alpha_N)$$

(T): درجة الحرارة المطلقة للوصلة الساخنة أو الباردة.

3.3. تأثير طومسون (Thomson Effect):

اكتشف العالم طومسون عام 1856م أنه عند تمرير تيار كهربائي ثابت خلال قضيب معدني، نهايتي في وسطين درجتا حرارتيهما مختلفتين، تبرد أو تسخن خلال نهايتي القضيب بالإضافة إلى الحرارة الناشئة عن المقاومة الكهربائية، وتعرف الحرارة الممتصة أو المعطاة بحرارة طومسون، وهي عبارة عن العمل المبذول ضد فرق الجهد الانتشاري بطول القضيب. [33]



شكل رقم (2.2): يوضح أثر طومسون. [33]

معادلة طومسون هي:

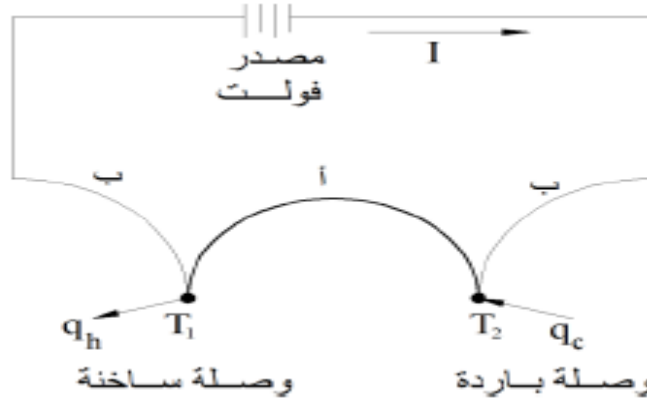
$$Q_t = \int t \cdot i \, dt \quad (14)$$

(t) معامل طومسون ومعادلته: $t = (t_p - t_N) \text{ [w/k.amp]}$

العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية (α)، معامل طومسون (t) ومعامل بلتيي (η) هي:

$$(15) d/dt (\eta_{P,N}) + (t_P - t_N) = (\alpha_P - \alpha_N)$$

حيث (N) يرمز للمادة السالبة و (P) يرمز للمادة الموجبة.

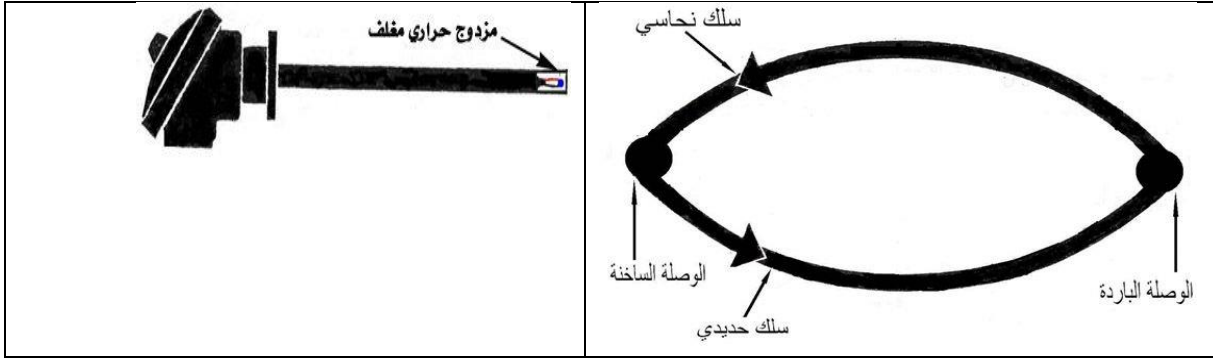


شكل رقم (3.2): يوضح رسم تخطيطي لظاهرتي بلتيي و طومسون [32]

4. المزدوج الحراري:

1.4. تعريف المزدوج الحراري:

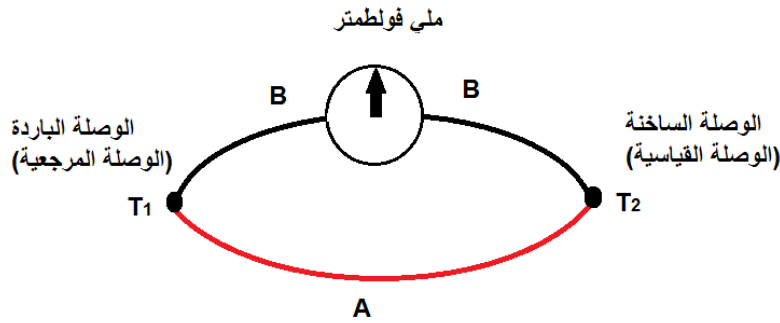
هو عبارة عن جهاز لقياس الحرارة، يتكون من سلكين معدنيين مختلفين في النوع معزولين عن بعضهما متصلين في نهايتهما بنقطة، أما الطرفان الأخران فيوصلان إلى جهاز الملي فولطمتر. وتسمى الوصلة الأولى T1 الوصلة القياسية أو الوصلة الساخنة (Hot Junction) التي توضع في المكان المراد قياس درجة حرارته وتسمى الوصلة الثانية T2 الوصلة المرجعية أو الوصلة الباردة ذات درجة الحرارة المنخفضة (Cold Junction). [34].



شكل رقم (4.2): يوضح تركيب المزدوج الحراري. [34]

2.4. مبدأ عمل المزدوج الحراري:

يعتمد مبدأ عمله على تحويل الطاقة الحرارية إلى كهربائية، فإذا سخنت نقطة اتصال المعدنين بدرجة حرارة مقدارها (T2) فإن درجة حرارة نهاية الطرفين الآخرين للسلكين هي (T1) ومقدار الفرق بين (T2) و (T1) تتناسب طردياً مع قيمة القوة الدافعة الكهربائية التي ستولد من المزدوج الحراري. ولقياس القوة الدافعة الكهربائية يستخدم جهاز قياس الفولطية (ملي فولطمتر)، أو مسجل ذي مقاومة عالية موصلة مع المزدوج الحراري بواسطة سلكين طويلين، فعندما تكون النقطة الساخنة ملاسمة لجسم ساخن فإنه تتولد قوة دافعة كهربائية في الدارة الكهربائية وينحرف مؤشر الملي فولطمتر أو المسجل بمقدار يتناسب مع درجة حرارة الوسط الموضوعه فيه (الوسط الساخن)، ويتم عملياً تدرج الملي فولطمتر بوحدات قياس درجة الحرارة للحصول على درجة حرارة الوسط مباشرة. [34]



شكل رقم (5.2): قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري. [34]

3.4. أنواع المزدوج الحراري:

يمكن التمييز بين الأنواع الآتية من المزدوج الحراري [34]:

1.3.4. المزدوج الحراري نوع E:

يتكون الطرف الموجب لهذا المزدوج الحراري من سبيكة الكروميل (نحاس بنسبة 90% وكروم بنسبة 10%). أما الطرف السالب فيتكون من سبيكة كونستانتان (نحاس بنسبة 55% ونيكل بنسبة 45%). يستخدم هذا المزدوج لقياس درجات الحرارة حتى 1600°C فهرنهايت (871°C مئوية)، كما أنه يناسب الأوساط ذات الأكسدة العالية. ويمتاز هذا النوع من المزدوجات عن غيره من الأنواع بما يأتي:

- ارتفاع قيمة الفولطية المولدة مقارنة بالأنواع الأخرى.
- لا يعاني من مشاكل الصدأ.

2.3.4. المزدوج الحراري نوع K:

يتكون الطرف الموجب لهذا النوع من المزدوج الحراري من سبيكة كروميل (نيكل بنسبة 90% ومنغنيز بنسبة 10%)، أما الطرف السالب فيتكون من سبيكة الألوميل (نيكل بنسبة 95% ومنغنيز بنسبة 2.5% وألومنيوم بنسبة 2% وحديد بنسبة 0.5%). يستخدم هذا النوع من المزدوجات لقياس درجات الحرارة حتى 2300°C فهرنهايت (1260°C مئوية) في الأوساط النظيفة الخالية من الشوائب المؤكسدة. في هذا المزدوج تعد نسبة الفولطية المولدة الى درجات الحرارة المسببة ذات قيمة متوسطة.

3.3.4. المزدوج الحراري نوع J:

يتكون الطرف الموجب لهذا النوع من المزدوجات الحرارية من الحديد بينما يتكون الطرف السالب من سبيكة كونستانتان (نحاس بنسبة 55% ونيكل بنسبة 45%) ويستخدم هذا النوع لقياس درجات الحرارة حتى 1600°C فهرنهايت (871°C مئوية) ولا ينصح باستخدام هذا المزدوج في الظروف التي تكون درجة الحرارة فيها تحت الصفر مئوية بسبب معاناته من صدأ الحديد المكون للطرف الموجب وتآكله وتعد نسبة الفولطية المولدة الى درجة الحرارة المسببة لها في مزدوج أقل من مثيلتها (E) وأكبر منها للنوع (K).

4.3.4. المزدوج الحراري نوع T:

يتكون الطرف الموجب لهذا النوع من المزدوج الحراري من النحاس بينما يتكون الطرف السالب من سبيكة كونستانتان (نحاس بنسبة 55% ونيكل بنسبة 45%)

الفصل الثاني التقنيات الصناعية المستعملة في تحويل الحرارة إلى كهرباء

يستخدم هذا المزدوج لقياس درجات الحرارة المنخفضة حتى 1400°F (نهاية 750°C مئوية)، ويناسب هذا المزدوج الأجواء الرطبة ومتوسطة الأكسدة. وتعد نسبة الفولطية المتولدة الى درجة الحرارة المسيبة لها من أفضل الأنواع بعد النوع (E).

5.3.4. المزدوج الحراري نوع R:

يتكون الطرف الموجب لهذا المزدوج الحراري من سبيكة (بلاتينيوم 87% وروديوم بنسبة 13%) بينما يتكون الطرف السالب من البلاتين

6.3.4. المزدوج الحراري نوع S:

يتكون الطرف الموجب لهذا المزدوج الحراري من سبيكة (بلاتين بنسبة 90% وروديوم بنسبة 10%) بينما يتكون الطرف السالب من البلاتين

7.3.4. المزدوج الحراري نوع B:

يتكون الطرف الموجب لهذا المزدوج من سبيكة (بلاتين بنسبة 70% وروديوم بنسبة 30%)، بينما يتكون الطرف السالب من سبيكة (بلاتين بنسبة 94% وروديوم بنسبة 6%).

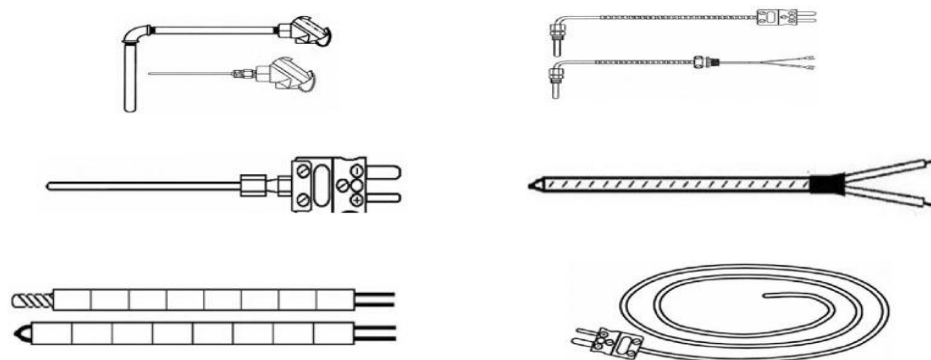
تستخدم المزدوجات من الأنواع R, B, S لقياس درجات الحرارة العالية حتى (1500-1600)

درجة مئوية. وتمتاز بمقاومة عالية للصدأ والتأكسد وتستخدم عندما يتعذر استخدام K بسبب

قابليته للصدأ والتآكل. كما إن نسبة الفولطية المولدة إلى درجة الحرارة لها قليلة، إذا ما قورنت

بالأنواع الأخرى. ويمكن المقارنة بين أنواع المزدوج الحراري المختلفة من الجدول الذي يبين المواصفات

الأساسية له. [34]



شكل رقم (6.2): أشكال المزدوج الحراري. [34]

ويمكن المقارنة بين أنواع المزدوج الحراري المختلفة من الجدول الذي يبين المواصفات الأساسية له.

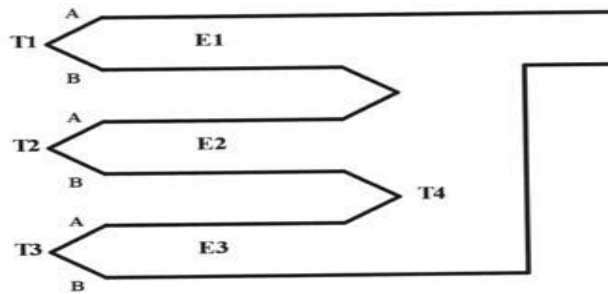
جدول رقم (1.2): المواصفات الأساسية لأنواع المختلفة للمزدوج الحراري. [34]

نوع المزدوج الحراري	التركيب	مجال القياس (درجة مئوية)	الفولتية المولدة (ملي فولت)	الحساسية (ميكرو فولت/درجة مئوية)	الأوساط المناسبة للاستخدام
E	كروم-كروميتان	-200→900	-8→68	67.9	-الوسط المؤكسد أو الخامل. -محدود الاستخدام في الفراغ أو الوسط الاختزالي
J	حديد-كروميتان	0→750	0→24.3	25.6	-الأوساط الخاملة و الاختزالية والفراغ. -لا يستخدم في الأوساط مرتفعة الحرارة ومنخفضة الحرارة -لا يستخدم في الوسط المؤكسد
K	كروم-ألوميل	-200→250	-5.9→50.6	38.8	-الأوساط النظيفة المؤكسدة والخاملة. -استخدام محدود في الوسط الفراغي الاختزالي

الأوساط معتدلة الأكسدة و الاختزالية والفراغ. -يمكن استخدامها في الأجواء الرطبة	40.5	-5.9→17.8	-200→350	نحاس- كونستانتان	T
-يمكن إستخدامها في الأوساط المؤكسدة أو الخاملة	12	0→16.7	0→1450	(بلاتين+روديوم) +بلاتين	R
	10.6	0→14.9	0→1450	(بلاتين+روديوم) +بلاتين	S
	7.6	0→12.4	0→1700	(بلاتين+روديوم) (بلاتين+روديوم)	T

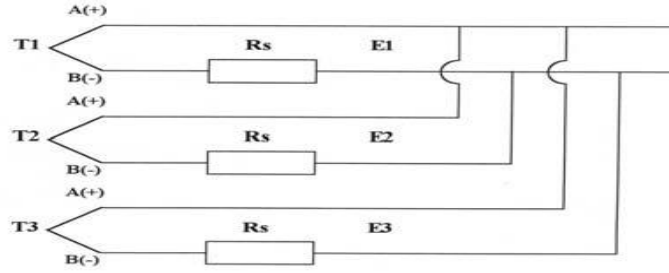
5. طرق توصيل المزدوجات الحرارية:

يتم توصيل المزدوج الحراري في بعض الحالات على التوالي من أجل الكشف عن التغيرات الطفيفة لدرجات الحرارة، وفي هذه الحالة تكون القوة الدافعة الكهربائية لمجموعة المزدوجات الحرارية عالية نسبيا ومساوية لمجموع القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على أطراف المزدوجات الحرارية.[34]



شكل رقم (7.2): يوضح طريقة توصيل المزدوج الحراري على التوالي (تسلسل).[34]

فعلى سبيل المثال: مجموعة مزدوجات حرارية مكونة من 10 مزدوجات من نوع K تعطى فولطية حوالي 1.5 ملي فولط/درجة مئوية. أما إذا وصل عدد من المزدوجات الحرارية على التوازي فيتم ذلك من أجل الحصول على قوة دافعة كهربائية متوسطة درجة الحرارة للأماكن التي توجد فيها وصلات القياس للمزدوجات الحرارية.[35]



شكل رقم (8.2): يوضح طريقة توصيل المزدوج الحراري على التوازي (تفرع). [34]

6. اثر سيباك:

تأثير سيباك الذي سمي على اسم الفيزيائي الالماني الذي اكتشفها في 1821. اظهر توماس سيباك أن هناك فرقا في الجهد في أطراف من المعدنين المختلفين والتي تعتمد على درجة الحرارة، وفقا للمعادلة التالية:

$$(16) \Delta V = \int_{T_0}^T S dT$$

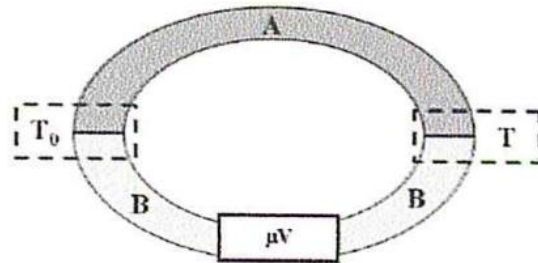
حيث:

T_0 : درجة حرارة الجانب البارد وحدتها [K]

T : درجة حرارة الجانب الساخن وحدتها [K]

S : معامل سيباك للمعادن وحدته $[V.K^{-1}]$

تأثير سيباك هو الفاعل الأساسي في عمل المزدوجات الحرارية وجود معدنين مختلفين A و B متصلين في نهاية الأطراف ويشكل وصلة، حيث F هي الوصلة الباردة في درجة حرارة مرجعية T_0 ، الوصلة الساخنة في درجة حرارة T. ويتم إدراج فولطمتر في الدارة



شكل رقم (9.2): يوضح رسم تخطيطي لمبدأ المزدوج الحراري. [35]

الفصل الثاني التقنيات الصناعية المستعملة في تحويل الحرارة إلى كهرباء

من المعادلة (1.1) الجهد المقاس بالفولطمتر يتم التعبير عنه بالمعادلة

$$(17) \Delta V_{AB} = \int_{T_0}^T (S_A - S_B) dT = \int_{T_0}^T S_{AB} dT$$

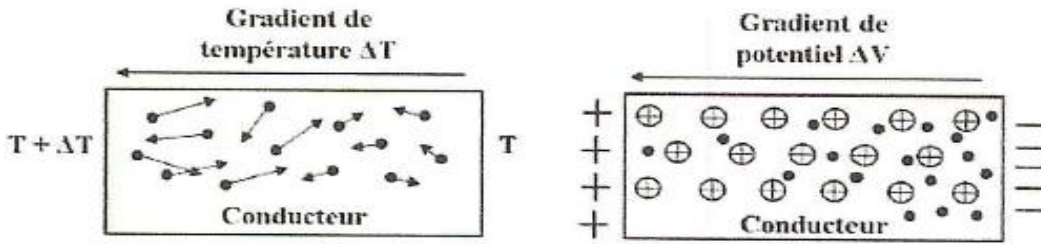
حيث S_{AB} معامل سيبك للمزدوج (B.A).

مبدأ قياس درجة الحرارة بالمزدوج الحراري يقيس الجهد للمزدوج في الوصلة ساخنة ويكون على اتصال بمنطقة القياس وتأخذ الوصلة الباردة هي درجة الحرارة المرجعية يجب أولاً معايرة معامل سيبك للمزدوج المستخدم. [35]

1.6. نظرية تأثير سيبك:

فيزيائياً بإمكاننا شرح سيبك على أن تفسير ظاهرة سيبك الاستقطاب لجزيئات معدن عند خضوعه لتدرج في درجة

الحرارة غير معدوم هذا التدرج يولد انتشار للإلكترونات من الجانب الساخن إلى البارد ما يجعل الطرف الساخن مشحوناً إيجابياً والبارد سلباً



شكل رقم (10.2): يوضح رسم تخطيطي يوضح انتشار الإلكترونات والجهد المتولد في ناقل خاضع

لتدرج في درجة الحرارة. [35]

هذا ما يجعل سطح الناقل كأنه مولد جهد حيث القوة الدافعة الكهربائية تعطى بالقانون التالي :

$$\Delta V = \int_T^{T+\Delta T} S dT (18)$$

T: درجة حرارة الطرف البارد

T+ΔT: درجة حرارة الطرف الساخن

S: معامل سيبك

الفصل الثاني التقنيات الصناعية المستعملة في تحويل الحرارة إلى كهرباء

حيث معامل سيبك يميز بالخصائص الذاتية للمادة ويتعلق بدرجة الحرارة $S=S(T)$

N.F. MOTT و HJONES قاما بوضع قانون لحساب وإعطاء قيمة تقريبية للمعامل لبعض المعادن الأساسية. [35]

$$(19) S \approx \frac{\pi^2 K_B T}{3 e E_{F0}} * \chi$$

K_B : ثابت بولتزمان $1, 3805 * 10^{-23}$

e : شحنة الإلكترون $1,66 * 10^{-19}$

E_{F0} : طاقة مستوى فيرمي عند $K(0)$

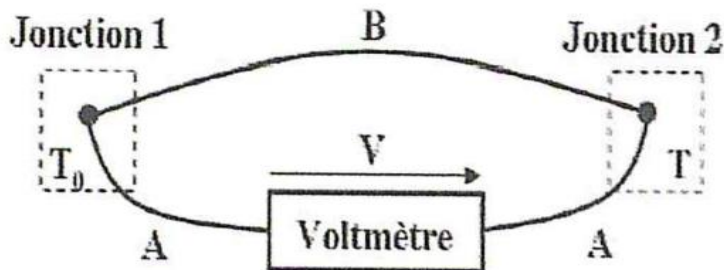
جدول رقم (2.2): جدول يعطي معاملات موت-جونز لبعض المعادن الشائعة. [35]

Métal	$S \text{ à } 0 \text{ °C } [\mu\text{V.K}^{-1}]$	$S \text{ à } 27 \text{ °C } [\mu\text{V.K}^{-1}]$	$E_{F0} [\text{eV}]$	χ
Al	-1,6	-1,8	11,6	2,78
Cu	+1,70	+1,84	7,0	-1,79
Ag	+1,38	+1,51	5,5	-1,14
Au	+1,79	+1,94	5,5	-1,48

7. نظرة على المزدوج الحراري:

المزدوج الحراري عبارة عن نوعين مختلفين من الأسلاك ملتحمان عند الأطراف لتشكيل نقطتي

اتصال، الوصلة 1 في T_0 والوصلة 2 في درجة الحرارة T حيث $T > T_0$ [35]



شكل رقم (11.2): يوضح رسم تخطيطي مزدوج خاضع لفرق في درجة الحرارة. [35]

إذن تأثير سيبك مطبق، ما يولد فرق كمون V_{AB} المعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$(20) V_{AB} = \int_{T_0}^T S_A dT - \int_{T_0}^T S_B dT$$

$$(21) V_{AB} = \int_{T_0}^T (S_A - S_B) dT$$

بتعويض عبارة معامل سيباك من المعادلة موت-جونز، يتحصل على العلاقة التالية:

$$(22) V_{AB}(T) \approx -\frac{\pi^2 K_B^2}{6e} \left(\frac{x_A}{E_{FA0}} - \frac{x_B}{E_{FB0}} \right) (T^2 - T_0^2)$$

$$(23) V_{AB} \approx C(T^2 - T_0^2)$$

حيث: C ثابت يتعلق فقط بمعاملات موت-جونز للمعادن المشكلة للوصلات.

يمكن التعبير عن قيمة V_{AB} بدلالة $\Delta T = T - T_0$

$$(24) V_{AB} \approx 2CT_0\Delta T + C\Delta T^2$$

تصبح المعادلة الأخيرة من الشكل: العلاقة الرياضية التي تصف العلاقة بين الجهد الكهربائي الناتج ودرجات الحرارة:

$$(25) E = C(T_1 - T_2) + K(T_1^2 - T_2^2) \quad mV$$

E : الجهد الكهربائي الناتج ويقاس بوحدة الملي فولط.

C و K : ثوابت تعتمد على مادة المزوج الحراري

T_1 : درجة حرارة الطرفين الموصلين معا (الوصلة الساخنة) وتقاس بالدرجات السليزيوس (المئوية)

T_2 : درجة حرارة الطرفين الموصلين معا (الأطراف الباردة) وتقاس بالدرجات السليزيوس (المئوية)

8. معادلات الأنظمة الكهروحرارية:

لتحليل أنظمة الكهروحرارية يجب معرفة معادلات الطاقة للعناصر الستة التالية [33]:

1.8. حرارة بلتي:

هي الحرارة المنقلة خلال الوصلة نتيجة اختلاف القوى الدافعة الكهربائية ودرجة الحرارة الوصلة وتعطى:

للوصلية الباردة:

$$(26) Q_{\eta_c} = \alpha_{P,N} \cdot i \cdot T_c$$

للوصلية الساخنة:

$$(27) Q_{\eta_h} = \alpha_{P,N} \cdot i \cdot T_h$$

حيث $(\alpha_{P,N})$ عبارة عن فرق القوى الدافعة الكهربائية للوصلة ومعادلتها:

$$\alpha_{P,N} = (\alpha_P - \alpha_N)$$

2.8. حرارة طومسون:

هي الحرارة الناشئة عن سريان التيار الكهربائي الثابت (i) خلال العنصر الذي نهايته عند درجتي حرارة مختلفة للوصلة وتعطي بالمعادلة:

$$(28) Q_{t=t_{P,N}} = i \cdot (T_h - T_c)$$

حيث $t_{P,N}$ عبارة عن فرق معامل طومسون ومعادلتها:

$$t_{P,N} = t_P - t_N$$

3.8. القدرة اللازمة:

هي القدرة اللازمة للتغلب على مقاومة المادة السالبة، والمادة الموجبة والأسلاك ومعادلتها:

$$W = \alpha_{P,N} \cdot i \cdot (T_h - T_c) \quad (29)$$

4.8. حرارة التوصيل:

هي الحرارة المنقلة من الوصلة الساخنة إلى الوصلة الباردة نتيجة فرق درجات الحرارة خلال العناصر الموجبة والسالبة ومعادلتها:

$$(30) Q_K = K_{P,N} \cdot (T_h - T_c)$$

حيث $(K_{P,N})$ عبارة عن موصلية الازدواج الحراري ومعادلتها:

$$K_{P,N} = K_P + K_N$$

5.8. حرارة جول:

هي الحرارة الناشئة عن مرور التيار الكهربائي خلال لعنصر الحراري ومعادلتها

$$(31) Q_t = I^2 \cdot R$$

حيث (R) مقاومة العنصر ومعادلتها:

$$R = (L / A)$$

حيث (A) مساحة مقطع العنصر، (L) ارتفاع العنصر.

معادلة حرارة جول للازدواج الحراري هي:

$$(32) Q_j = I^2 \cdot R_{P,N}$$

حيث: $R_{P,N} = R_P + R_N$

6.8. حرارة مقاومة التلامس:

هي الحرارة الناشئة عن مرور تيار كهربائي خلال ألواح النحاس التي تربط العناصر السالبة N بالعناصر الموجبة P ومادة لحام ألواح النحاس بالعناصر (P,N) وتعطى بالمعادلة:

$$(33) Q_{C,R} = I^2 \cdot R_{C,R}$$

حيث: $R_{C,R} = R_S + R_{CP}$

(R_S) هي مقاومة لحام الوصلة و (R_{CP}) هي مقاومة لوح النحاس.

9. أشباه الموصلات:

1.9. تعريف أشباه الموصلات:

تعرف أشباه الموصلات بأنها مجموعة من المواد الصلبة البلورية، التي تمتلك قدرة متوسطة على توصيل الكهرباء بكفاءة المواد الموصلة لكنها ليست أيضاً من المواد العازلة وتمتاز أشباه الموصلات بكفاءتها في مجال الطاقة، وبانخفاض أسعارها لذلك فهي تستخدم على نطاق واسع في مجال صناعة الأجهزة الإلكترونية، بما في ذلك الديودات والترانزستورات و الدوائر المتكاملة. [36]

2.9. العناصر المكونة لأشباه الموصلات:

تتكون أشباه الموصلات من مجموعة متنوعة من العناصر والمركبات، نذكر أبرزها فيما يأتي:

عنصر السيليكون .

عنصر الجرمانيوم

مركب زرنيخيد الغاليوم .

مركب كبريتيد الرصاص .

الفصل الثاني التقنيات الصناعية المستعملة في تحويل الحرارة إلى كهرباء

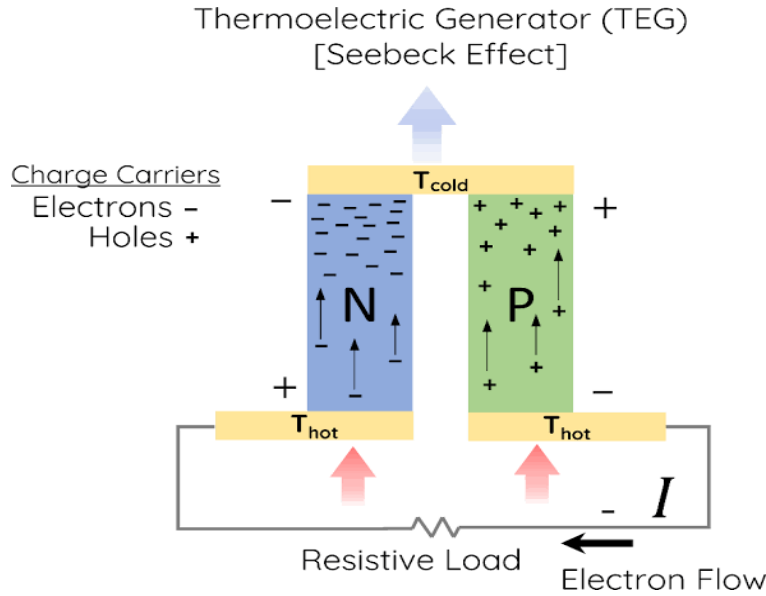
مركب فوسفيد الإنديوم .

مواد أخرى كـ بعض أنواع البلاستيك، التي تُستخدم لتصنيع الصمامات الثنائية الباعثة للضوء والتي تُعرف اختصاراً بـ(LEDs)، وذلك لأن البلاستيك عبارة عن مادة مرنة قابلة للتشكّل بصور مختلفة. [37]

10. أشباه الموصلات وخلية بلتيي:

يعد توليد الطاقة الكهروحرارية شبه الموصلة طريقة جديدة لتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية ن إي أنه يمكن أنتولد جهداً للتيار المستمر عند طرفي اثنين من أشباه الموصلات مختلفة عن طريق إضافة اختلاف في درجة الحرارة.

ولها العديد من الخصائص الممتازة مثل عدم وجود ضوضاء، وحياة طويلة، وعدم تلوث، عدم الصيانة، وأداء مستقر. يمكن استخدام طاقة منخفضة الدرجة بشكل معقول، مثل طاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الشمسية، وحرارة النفايات الصناعية، وتحولها إلى كهرباء لتحسين كفاءة الطاقة في وقت نفسها. حيث حين تمر الحرارة في أعلى الجهاز عبر مواد نصف ناقلة (أشباه الموصلات) حتى تصل إلى الجزء البارد من جهة الجهاز، وبقل الفارق في درجة الحرارة بين الجزء العلوي والجزء السفلي من الجهاز، تتحرك الإلكترونات داخل المواد نصف الناقلة، مما يؤدي إلى حدوث فرق في الجهد يولد تياراً كهربائياً. [38]



شكل رقم(12.2): يوضح مخطط طريقة تحويل الحرارة الى كهرباء (بين اشباه الموصلات) بالخلية

الكهروحرارية [37]

الفصل الثالث:
الدراسة التجريبية لظاهرة
تحويل الحرارة إلى
كهرباء

1. نموذج خلية المزدوجات الحرارية:

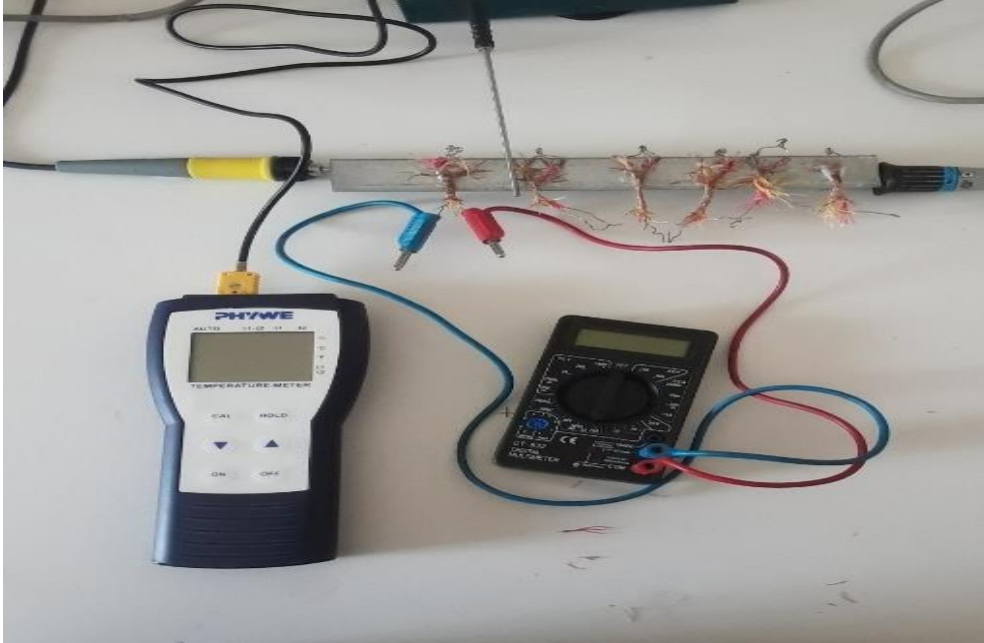
تم إجراء التجربة في مخبر الفيزياء (مخبر الإلكترونيات) لجامعة قاصدي مرباح

1.1. هدف من التجربة:

- دراسة ظاهرة المزدوج الحراري
- اقتراح النموذج الرياضي للمزدوج الحراري
- انتاج الكهرباء من الحرارة
- تحسين مردود أنتاج الكهرباء

2.1. مبدأ عمل:

تعتمد التجربة على زيادة في درجة الحرارة وقياس فرق في الجهد وشدة التيار الكهربائي



شكل رقم (1.3): يوضح تجربة مدروسة

2. جزء الأول من تجربة:

يعتمد على قياس فرق في الجهد بين طرفي مزدوج حراري وعدة مزدوجات حرارية في حالة ربط على التسلسل وتفرع.

1.2. الأدوات المستعملة في التجربة:

- مزدوج الحراري
- جهاز قياس الحرارة
- جهاز قياس جهد
- مصدر للحرارة
- اسلاك توصيل

2.2. دور كل جهاز:

1.2.2. المزدوج الحراري نوع (K):



يتكون الطرف الموجب لهذا النوع من المزدوج الحراري من سبيكة كروميل، أما الطرف السالب فيتكون من سبيكة الألوميل، يتكون من نوعين مختلفين من معادن، يتم ضمهما معا في نهاية واحدة عند تسخين او تبريد تقاطع معدنين يتم انشاء جهد

شكل رقم (2.3): المزدوج الحراري

2.2.2. جهاز قياس الحرارة:



هو أداة تستخدم لقياس درجات الحرارة غازات وسوائل والمواد الصلبة

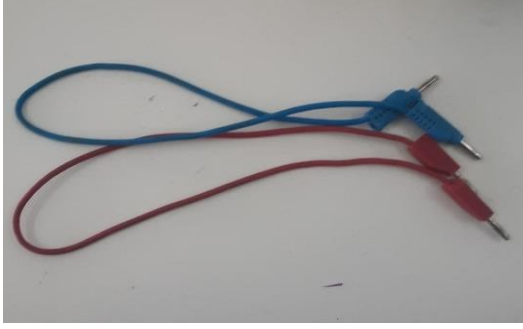
شكل رقم (3.3): جهاز قياس الحرارة

3.2.2. جهاز قياس الجهد (فولطمتر):

هو جهاز يستخدم لقياس الجهد الكهربائي يتكون من غلفانومتر ذو ملف متحرك (DT-830B)
(DIGITAL MULTIMETER)



شكل رقم (4.3): جهاز قياس جهد



5.2.2. أسلاك توصيل:

توصيل بين اجهزة

شكل رقم (6.3): أسلاك توصيل



4.2.2. مصدر الحرارة:

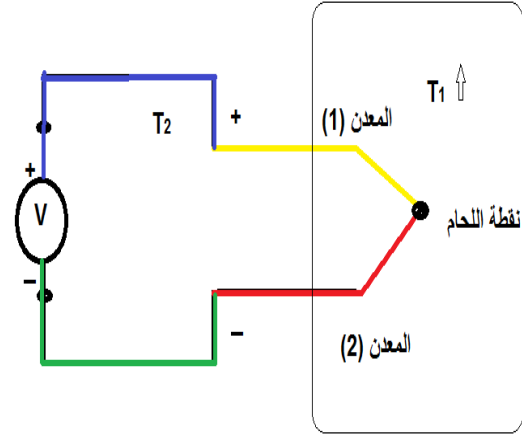
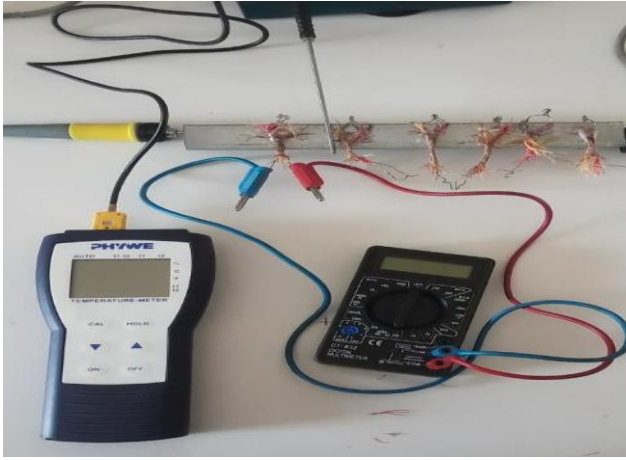
تسخين وصلة ملحمة للمزدوج الحراري

شكل رقم (5.3): مصدر الحرارة

3.2. في حالة مزدوج حراري واحد:

1.3.2. خطوات التجربة:

يتم وصل أطراف المزدوج الحراري بالفولطمتر مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم فرق في جهد وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



• شكل يوضح تجربة مدروسة

• رسم تخطيطي كيفية ربط مزدوج

حراري لتجربة

شكل رقم (7.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين طرفي المزدوج الحراري

2.3.2. نتائج التجربة:

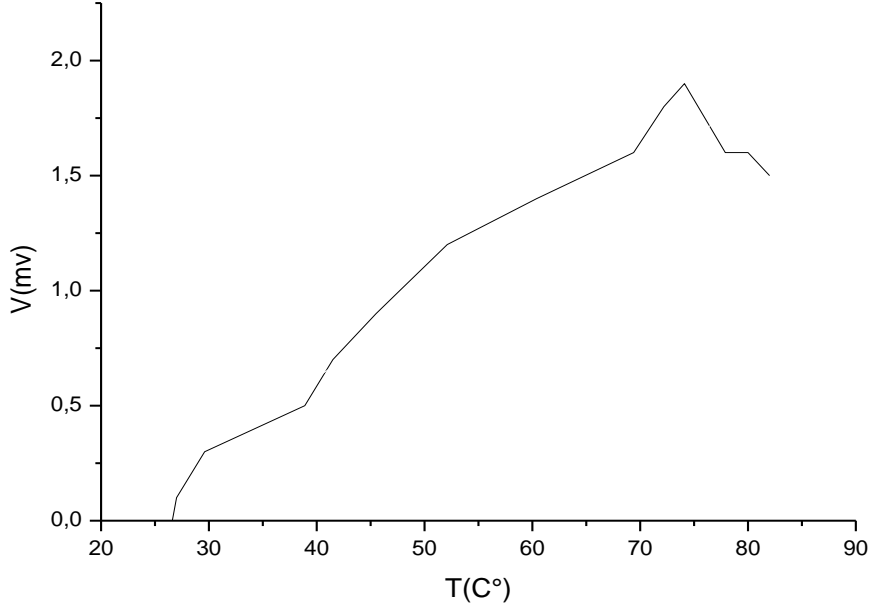
ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (1.3): ويوضح تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري

T(°C)	26,5	27	29,6	38,6	41,5	45,5	47,7	52,1
V(mv)	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1,2

T(°C)	60,1	69,4	72	74,1	77,9	80
V(mv)	1,4	1,6	1,8	1,9	1,6	1,6

3.3.2. رسم منحنى:



منحني رقم (1.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري واحد

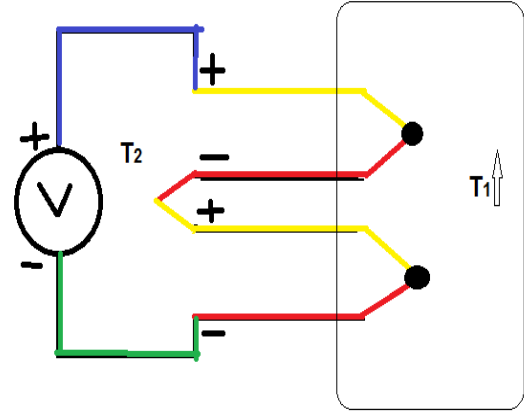
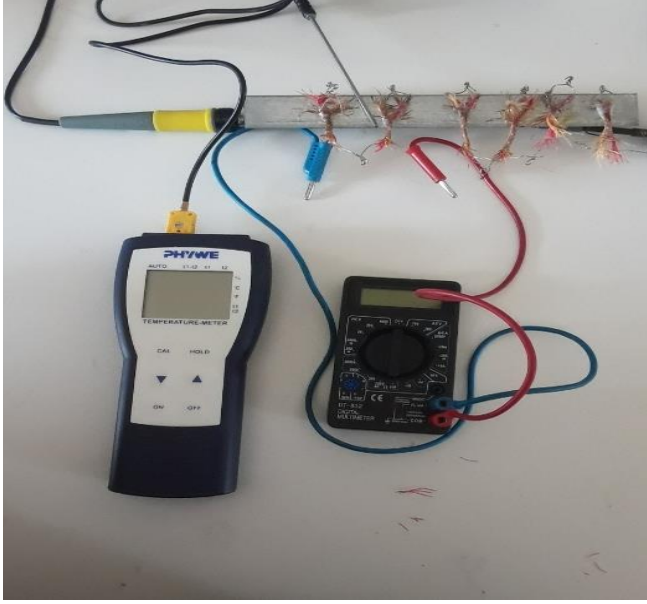
4.3.2. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجياً بزيادة درجة الحرارة بفارق 0,3 وعند وصوله لنزوة [T=74,1°C .V=1,9mV] يتناقص، ونلاحظ أيضاً انه شبه خطي من [T=26,6 إلى غاية 1, T=74

4.2. في حالة مزدوجين على تسلسل:

1.4.2. خطوات التجربة:

يتم ربط المزدوجين على تسلسل والفولطمتر مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم فرق في جهد وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



• شكل يوضح تجربة المدروسة

• رسم تخطيطي يوضح ربط مزدوجين على تسلسل

شكل رقم (8.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين طرفي مزدوجين حراريين على تسلسل

2.4.2. نتائج التجربة:

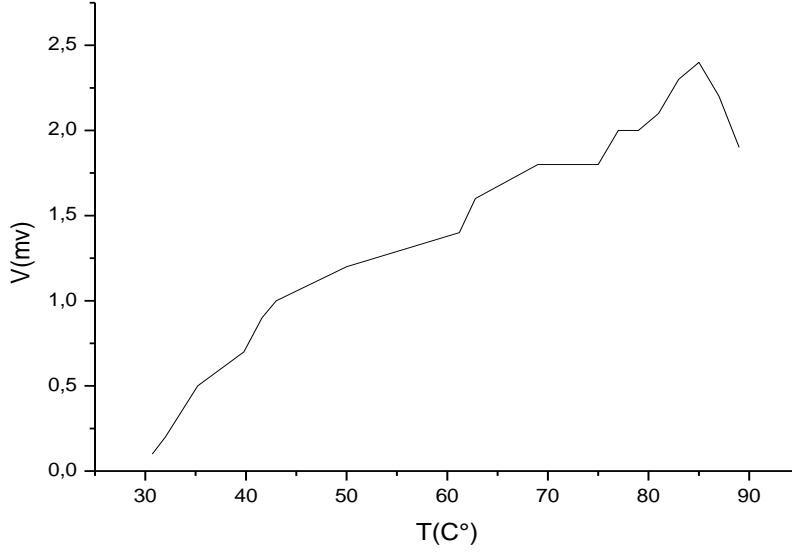
ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (2.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل

T(°C)	27	30,7	32	35,2	39,8	41,6	43	50	61,2
V(mv)	0	0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	1	1,2	1,4

T(°C)	62,8	69	75	77	79	81	83	85	87	89
V(mv)	1,6	1,8	1,8	2	2	2,1	2,3	2,4	2,2	1,9

3.4.2. رسم منحنى:



منحنى رقم (2.3): منحنى تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين على تسلسل

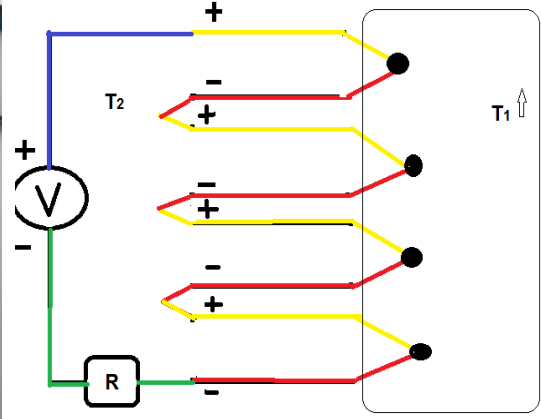
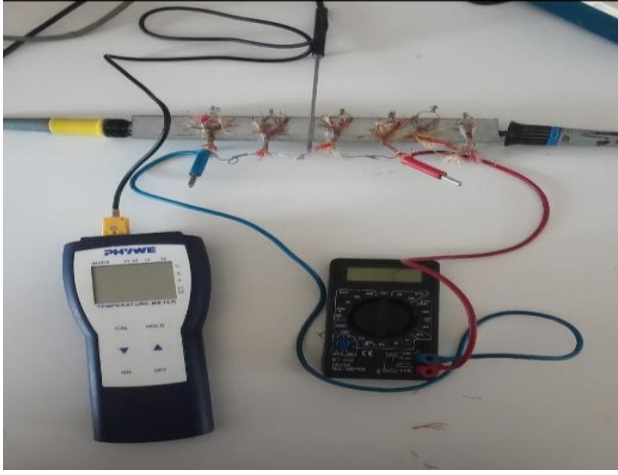
4.4.2. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجياً بزيادة درجة الحرارة بفارق 0,2، وعندما وصوله لذروة [T=87C°.V=2,2mV] تناقص، ونلاحظ أيضاً أنه شبه خطي من [T=27 إلى غاية T=85]

5.2. عند ربط أربع مزدوجات على تسلسل:

1.5.2. خطوات التجربة:

يتم ربط أربع مزدوجات على تسلسل وبالفولطمتر مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم فرق في جهد وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



• شكل يوضح تجربة المدروسة

• رسم تخطيطي يوضح ربط أربع

مزدوجات على تسلسل

شكل رقم (9.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف أربع مزدوجات حرارية على تسلسل

2.5.2. نتائج التجربة:

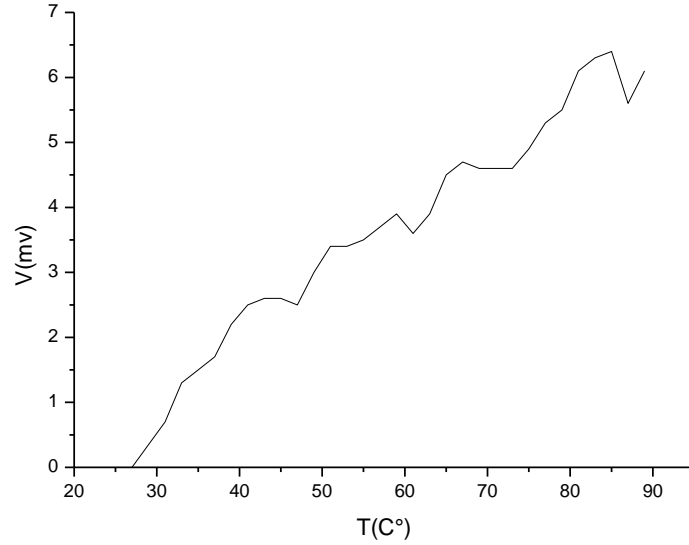
ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (3.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تسلسل

T(°C)	27	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59
V(mV)	0	0,7	1,3	1,5	1,7	2,2	2,5	2,6	2,6	2,5	3	3,4	3,4	3,5	3,7	3,9

T(°C)	61	63	65	67	69	73	75	77	79	81	83	85	87	89
V(mV)	3,6	3,9	4,5	4,7	4,6	4,6	4,9	5,3	5,5	6,1	6,3	6,4	5,6	6,1

3.5.2. رسم منحنى:



منحنى رقم (3.3): منحنى تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية

4.5.2. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجياً بزيادة درجة الحرارة بفارق 0,3-0,4 وعند وصوله للقيمة

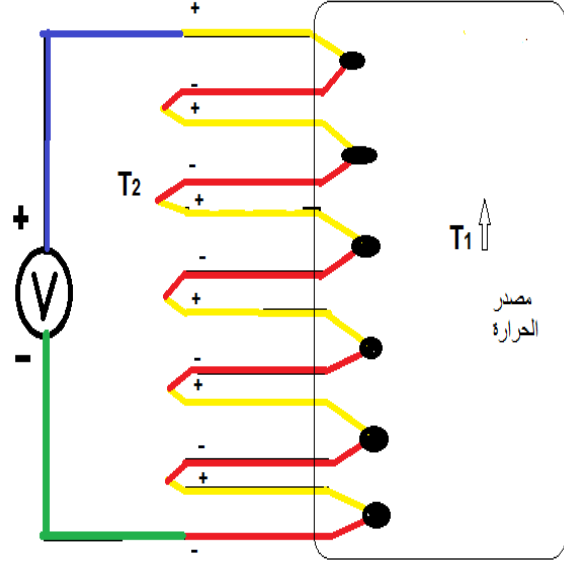
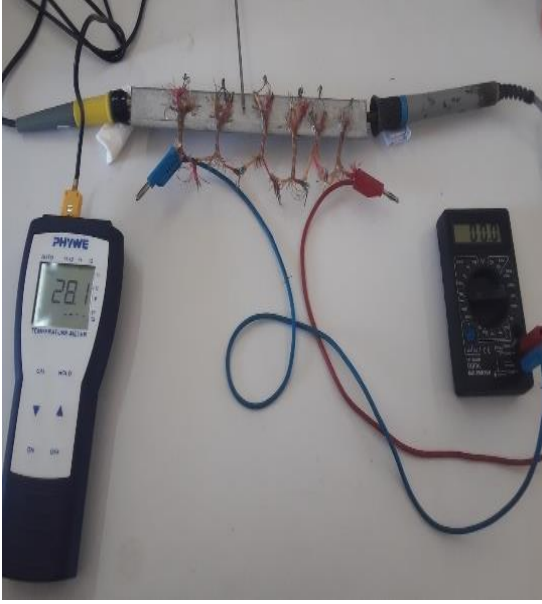
[$T=85^{\circ}\text{C}$, $V=6,4\text{mV}$] يناقص، ونلاحظ أيضاً أنه شبه خطي من [$T=27$ إلى غاية $T=85$]

6.2. عند ربط ست مزدوجات على تسلسل:

1.6.2. خطوات التجربة:

يتم ربط ست مزدوجات على تسلسل وبالفولطمتر مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات

الحرارة وتسجيل قيم فرق في جهد وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



- شكل يوضح تجربة المدروسة
- رسم تخطيطي يوضح ربط ست مزدوجات على تسلسل

شكل رقم (10.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف ست مزدوجات حرارية على تسلسل

2.6.2. نتائج التجربة:

ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

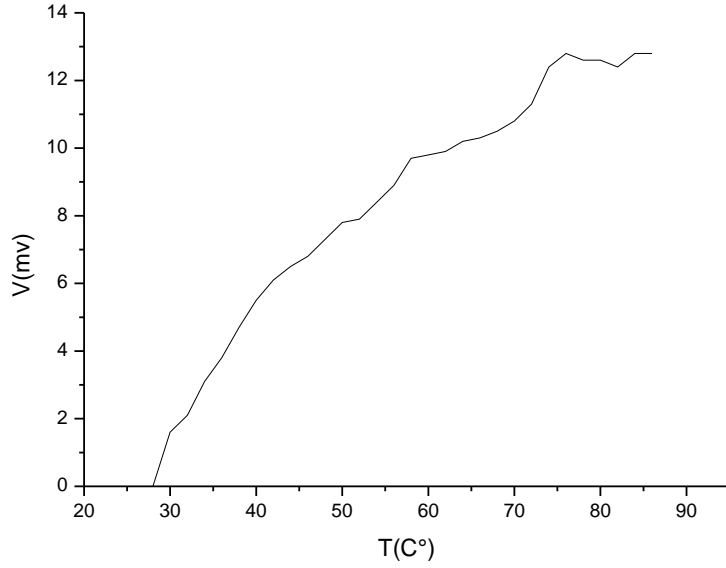
جدول رقم (4.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تسلسل

T(°C)	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
V(mV)	0	1,6	2,1	3,1	3,8	4,7	5,5	6,1	6,5	6,8	7,3	7,8	7,9	8,4	8,9

T(°C)	58	60	62	64	66	68	70	72	74
V(mV)	9,7	9,8	9,9	10,2	10,3	10,5	10,8	11,3	12,4

T(°C)	76	76	78	80	82	84	86
V(mV)	12,8	12,8	12,6	12,6	12,4	12,8	12,8

3.6.2. رسم منحنى:

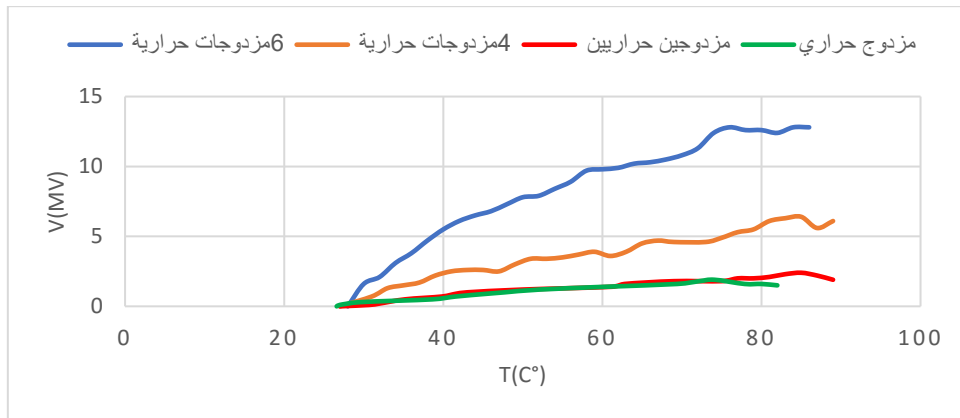


منحنى رقم (4.3): منحنى تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية

4.6.2. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجياً بزيادة درجة الحرارة بفارق 0,2 إلى غاية ثبوته عند قيمة [T=84°C.V=12,8mv] ونلاحظ أيضاً أنه شبه خطي من [T=27°C إلى غاية T=80°C]

7.2. مقارنة بين منحنيات:



منحنى رقم (5.3): يوضح الفرق في جهد بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تسلسل (مزدوج

حراري، 2، 4، 6 مزدوجات حرارية)

1.7.2. ملاحظة وتعليق:

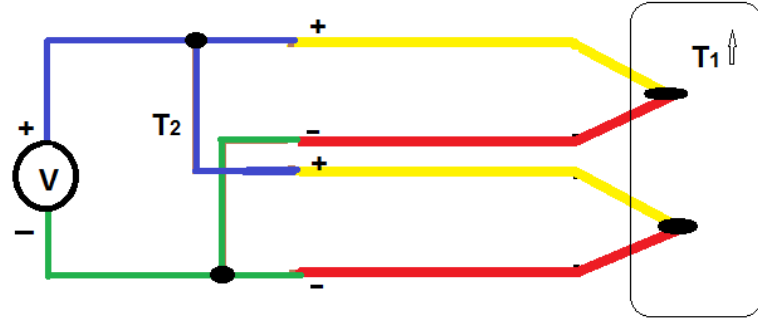
نلاحظ أن جميع منحنيات في زيادة بالنسبة لقيمة فرق في جهد بالزيادة في درجة الحرارة، كما نلاحظ ان عدد مزدوجات حرارية يؤثر على زيادة في فرق في جهد، ونلاحظ أيضاً وجود علاقة طردية بين فرق في جهد ودرجة الحرارة وعدد مزدوجات الحرارية، أي انه كلما كان عدد المزدوجات أكثر يزداد الفرق في الجهد بوتيرة أسرع.

8.2. في حالة مزدوجين على تفرع:

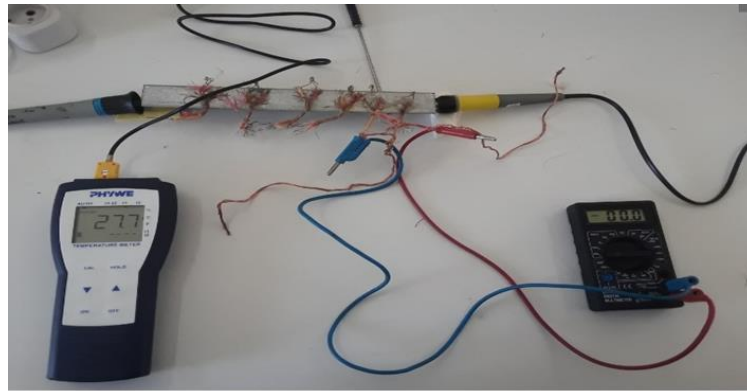
1.8.2. خطوات التجربة:

يتم ربط المزدوجين على تفرع وبالفولتметр مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم فرق في جهد وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:

- رسم تخطيطي يوضح ربط مزدوجين على تفرع



- شكل يوضح التجربة المدروسة



شكل رقم (11.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين طرفي مزدوجين حراريين على تفرع

2.8.2. نتائج التجربة:

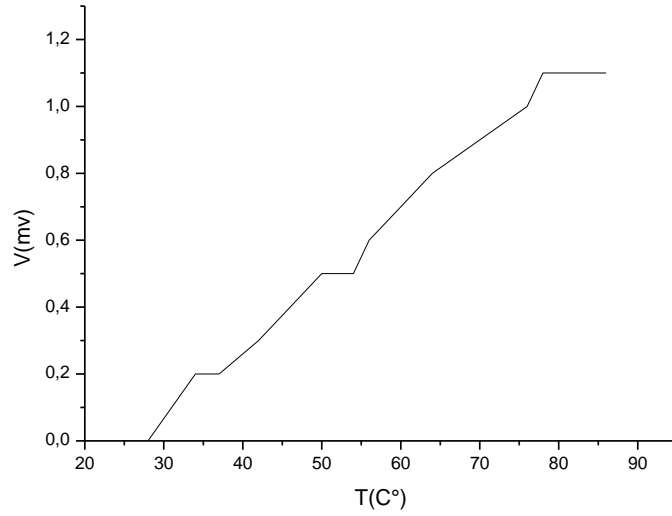
ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (5.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع

T(°C)	28	31	34	37	42	46	50	54	56	60
V(mv)	0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7

T(°C)	70	76	78	82	86
V(mv)	0,9	1	1,1	1,1	1,1

رسم منحنى:



منحني رقم (6.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع

3.8.2. ملاحظة وتعليق على منحنى:

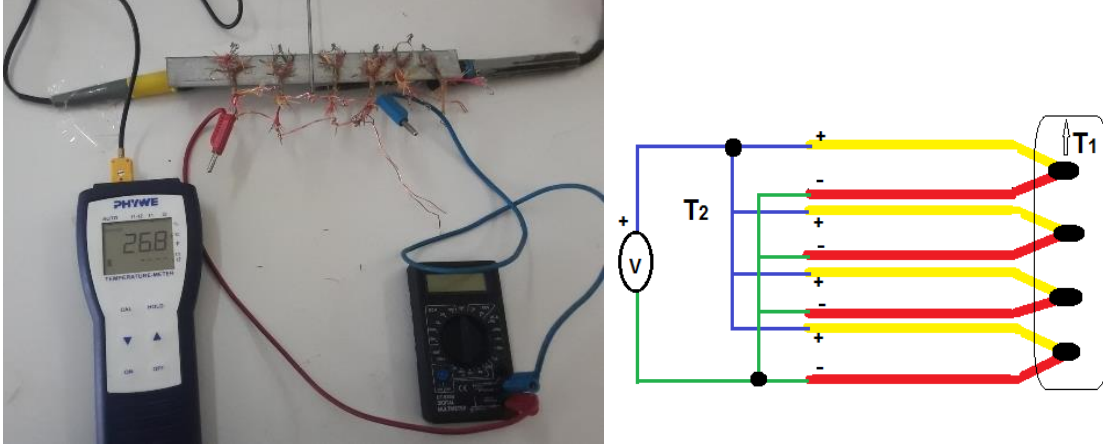
نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجياً بزيادة درجة الحرارة إلى غاية ثبوته عند

[$T=78^{\circ}\text{C}$, $V=1,1\text{mv}$] ونلاحظ أيضاً أنه شبه خطي من [$T=28^{\circ}\text{C}$ إلى غاية $T=78^{\circ}\text{C}$]

9.2. في حالة أربع مزدوجات على تفرع:

1.9.2. خطوات التجربة:

يتم ربط أربع لمزدوجات على تفرع وبالفولطمتر مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم فرق في جهد وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



• شكل يوضح التجربة المدروسة

• رسم تخطيطي يوضح ربط أربع

مزدوجات على تفرع

شكل رقم (12.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف أربع مزدوجات حرارية على تفرع

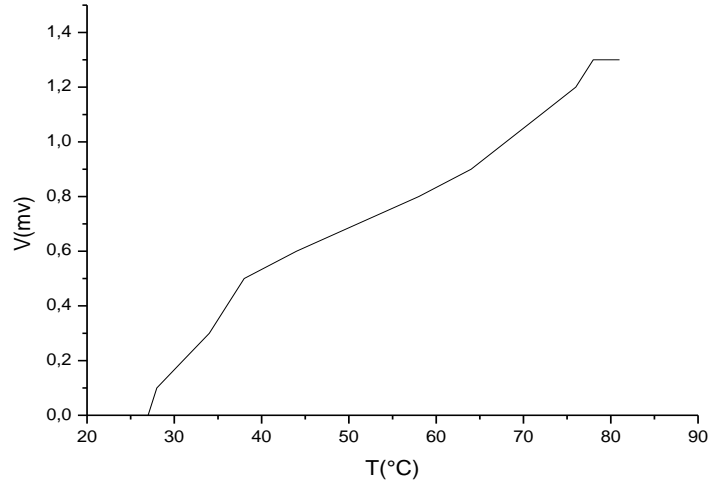
2.9.2. نتائج التجربة:

ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (6.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تفرع

T(°C)	27	28	31	34	36	38	44	51	58	64	68	72	76	78	81
V(mv)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,3

وسم منحنى:



منحني رقم (7.3): منحني تغير الجهد بدلالةدرجة الحرارة لأربع المزدوجات على تفرع

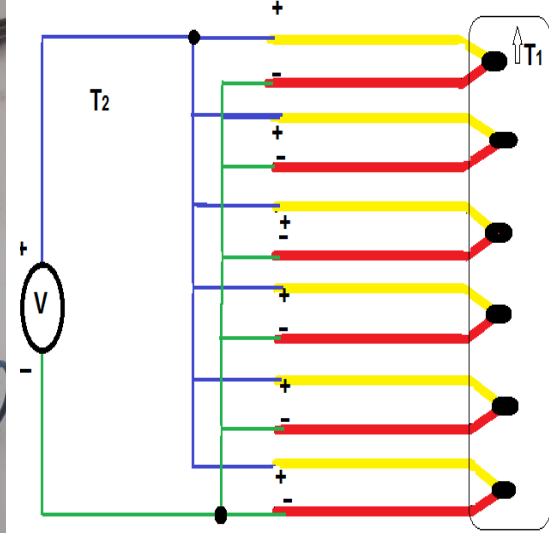
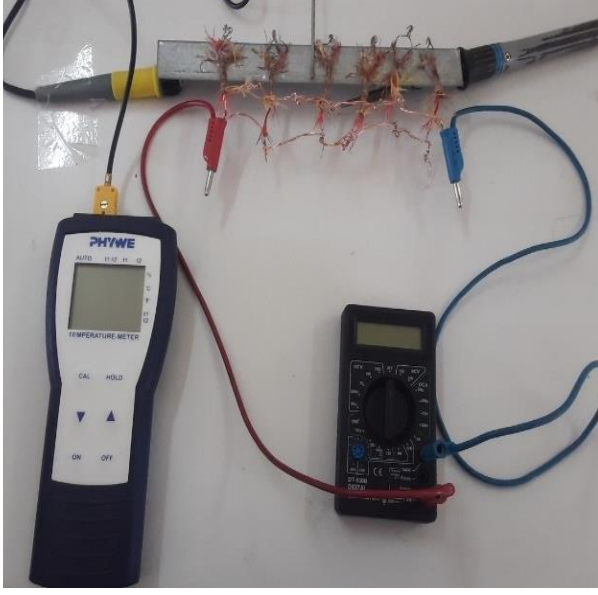
3.9.2. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة إلى غاية ثبوته عند $[T=78^{\circ}C \cdot V=1,3mv]$ ، ونلاحظ أيضاً انه شبه خطي من $[T=27^{\circ}C$ إلى غاية $T=78^{\circ}C$

10.2. في حالة ست مزدوجات على تفرع:

1.10.2. خطوات التجربة:

يتم ربط ست المزدوجات على تفرع وبالفولطمتر مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم فرق في جهد وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



• شكل يوضح التجربة المدروسة

• رسم تخطيطي يوضح ربط ست مزدوجات على تفرع

شكل رقم (13.3): يوضح كيفية قياس الجهد بين أطراف ست مزدوجات حرارية على تفرع

2.10.2. نتائج التجربة:

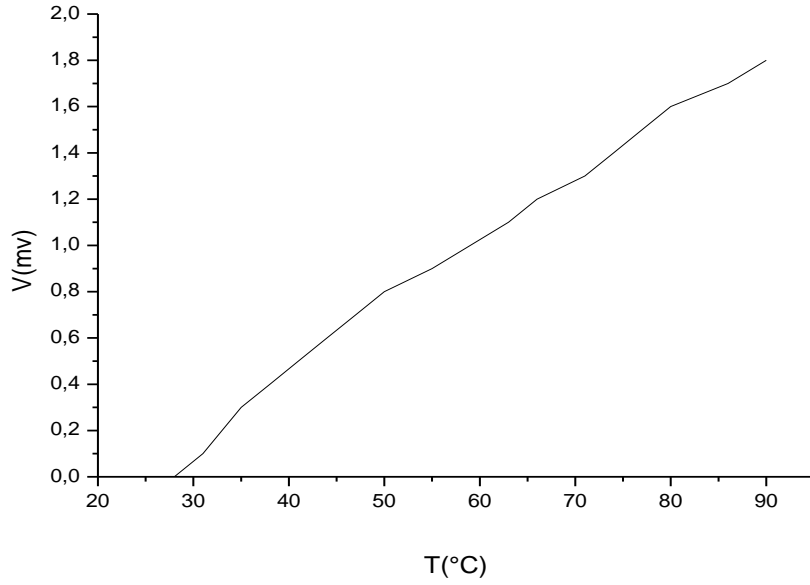
ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (7.3): تغيرات قيم جهد بدلالة درجة الحرارة لسته مزدوجات حرارية على تفرع

T(°C)	28	31	33	35	38	41	44	47	50	55	59
V(mv)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1

T(°C)	63	66	71	74	77	80	86	90
V(mv)	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

رسم منحنى:

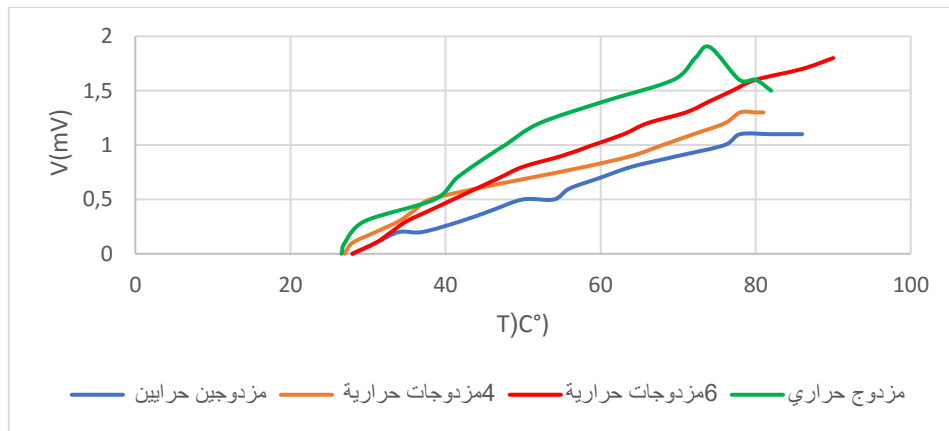


منحني رقم (8.3): منحني تغير الجهد بدلالة درجة الحرارة ستة المزدوجات على تفرع

3.10.2. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجياً بطريق رتيبة بزيادة درجة الحرارة حيث سجلنا أعلى قيمة عند $[T=90^{\circ}\text{C}, V=1,8\text{mV}]$. ونلاحظ أيضاً أنه خطي من $[T=28^{\circ}\text{C}]$ إلى غاية $T=90$

11.2. مقارنة بين منحنيات:



منحني رقم (9.3): يوضح الفرق في جهد بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تفرع (مزدوج حراري،

2، 4، 6 مزدوجات حرارية)

1.11.2. ملاحظة وتعليق:

نلاحظ أن جميع منحنيات في زيادة بالنسبة لقيمة فرق في جهد بالزيادة في درجة الحرارة، كما نلاحظ ان عدد مزدوجات حرارية يؤثر على زيادة في فرق في جهد، ونلاحظ أيضاً وجود علاقة طردية بين فرق في جهد ودرجة الحرارة وعدد مزدوجات الحرارية، أي انه كلما كان عدد المزدوجات أكثر يزداد الفرق في الجهد بوتيرة أسرع.

3. الجزء الثاني في التجربة:

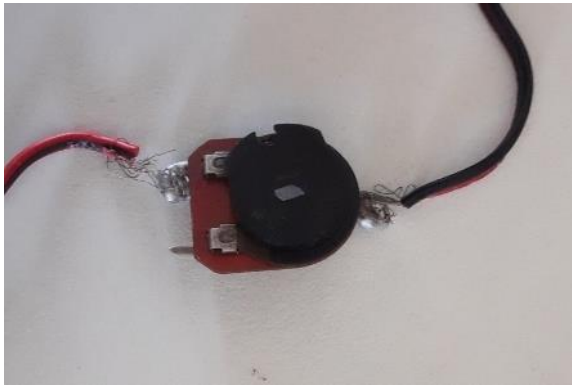
يعتمد على قياس شدة التيار بين طرفي مزدوج حراري وعدة مزدوجات حرارية في حالة ربط على التسلسل وتفرع.

1.3. الأدوات المستعملة في التجربة:

- مزدوج الحراري
- جهاز قياس الحرارة
- جهاز قياس شدة التيار
- مصدر للحرارة
- اسلاك توصيل
- مقاومة

2.3. دور كل جهاز:

1.2.3. مقاومة:



تمنع تدفق التيار الكهربائي فيها عند وصلها بمصدر تيار كهربائي، وتقاس بالأوم (Ω)
 $R=104\Omega$

شكل رقم (14.3): مقاومة

2.2.3. جهاز قياس شدة التيار:

هو جهاز قياس يستخدم لقياس التيار في الدوائر.

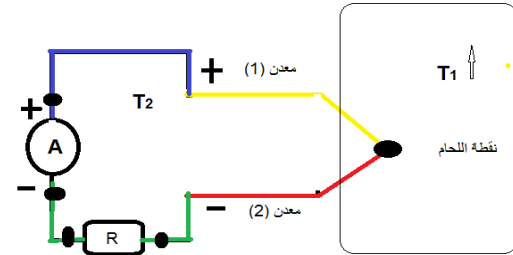
(DT-830B DIGITAL MULTIMETER)



3.3. في حالة مزدوج حراري واحد مع مقاومة:

1.3.3. خطوات التجربة:

يتم وصل أطراف المزدوج الحراري بالفولتметр ومع المقاومة مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم شدة التيار وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



• شكل يوضح التجربة المدروسة

• رسم تخطيطي يوضح ربط مزدوج

حراري مع مقاومة

شكل رقم (15.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين طرفي مزدوج الحراري

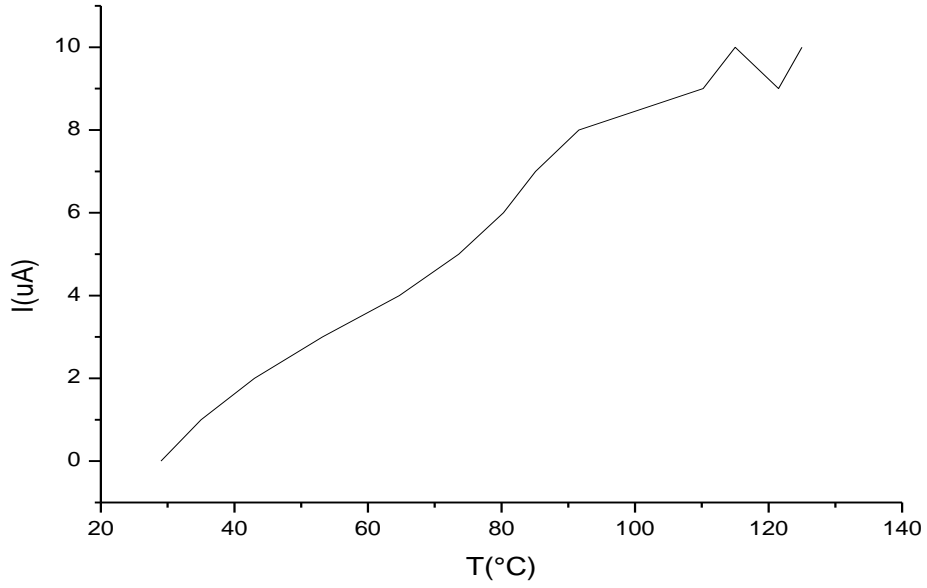
2.3.3 نتائج التجربة:

ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (8.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري

T(°C)	29	35	43	53,2	64.7	73,6	80,3	91,6	110,2	115	121,5	125
I(μA)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10

رسم منحنى:



منحنى رقم (10.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري

3.3.3 ملاحظة وتعليق على منحنى:

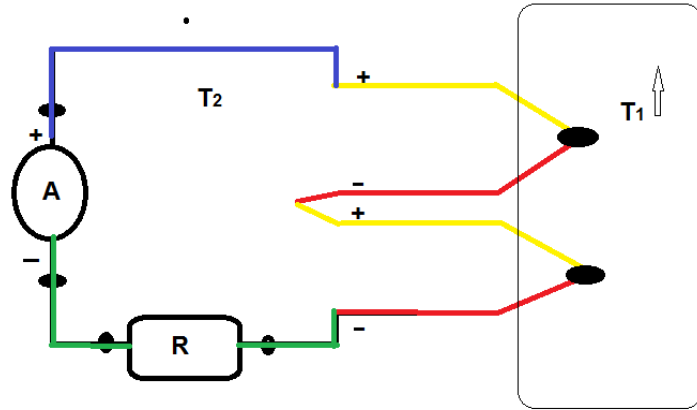
نلاحظ أن الشدة التيار يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بفارق 1 إلى غاية ثبوتيه عند

[T=121,5°C .A=10μA]. ونلاحظ أيضاً أنه شبه خطي من [T=29°C إلى غاية T=121,5°C]

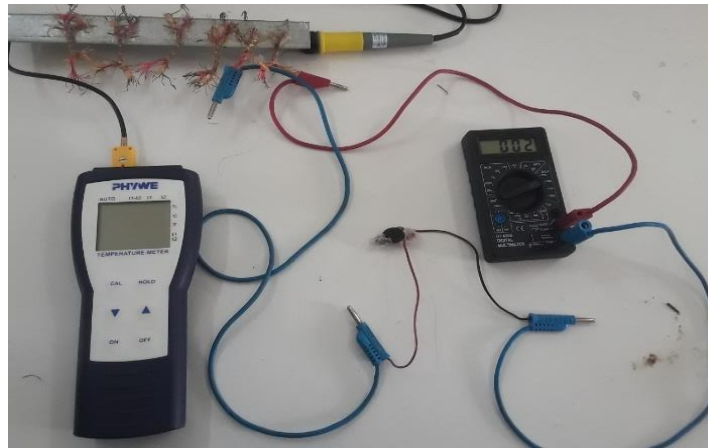
4.3. في حالة مزدوجين حراريين على تسلسل مع مقاومة:

1.4.3. خطوات التجربة:

يتم وصل أطراف المزدوجين الحراريين بالفولتметр ومع المقاومة على تسلسل مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم شدة التيار وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



- رسم تخطيطي يوضح ربط مزدوجين مع مقاومة على تسلسل



- شكل يوضح التجربة المدروسة

شكل رقم (16.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين طرفي مزدوجين حراريين على تسلسل

2.4.3 نتائج التجربة:

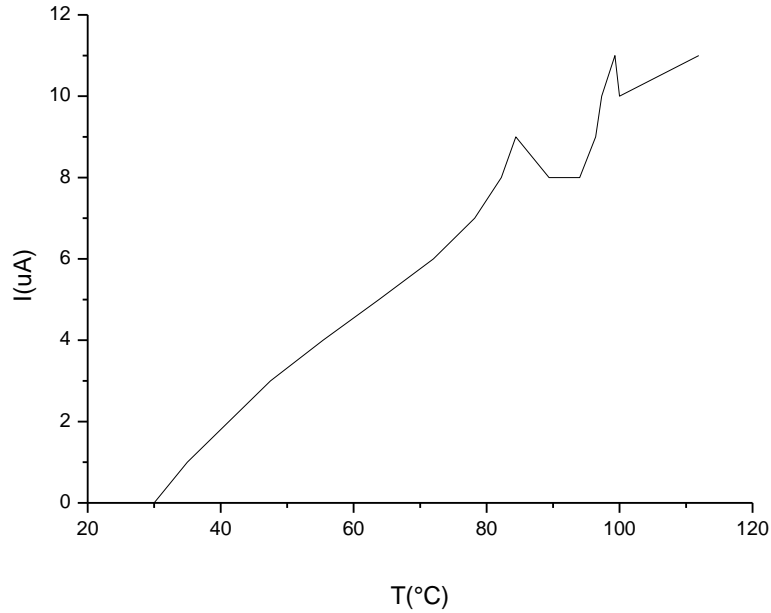
ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (9.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل

T(°C)	30	35	47,5	55,4	63,8	72	78,2	82,2	84,4	89,4	91
I(μA)	0	1	3	4	5	6	7	8	9	8	8

T(°C)	94	96,4	97,3	98,3	99,3	100	111,9
I(μA)	8	9	10	9	11	10	11

رسم منحنى:



منحنى رقم (11.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل

3.4.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

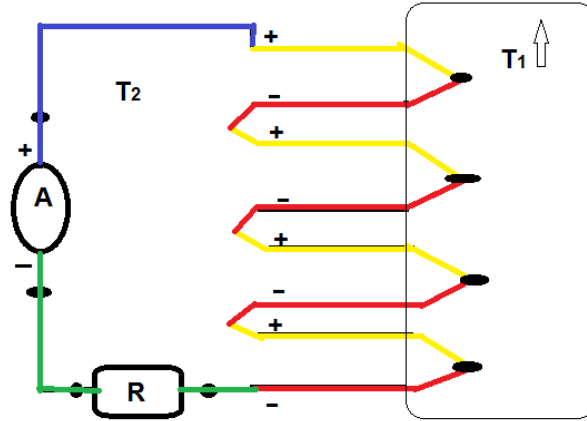
نلاحظ أن الشدة التيار يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة، حيث سجلنا أعلى قيمة عند $[T=111,5^{\circ}\text{C}.A=11\mu\text{A}]$. ونلاحظ أيضاً أنه شبه خطي من $[T=30^{\circ}\text{C}]$ إلى غاية $T=97,3^{\circ}\text{C}$

5.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية على تسلسل مع مقاومة:

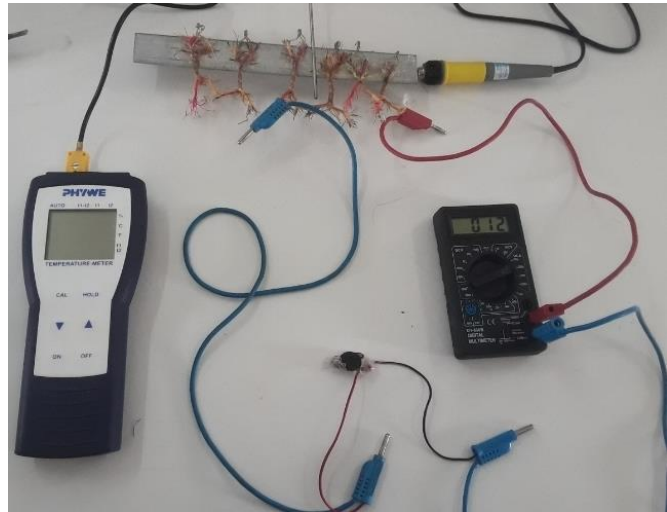
1.5.3. خطوات التجربة:

يتم وصل أربع أطراف المزدوجات الحرارية بالفولطمتر ومع المقاومة على تسلسل مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم شدة التيار وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:

- رسم تخطيطي يوضح ربط أربع مزدوجات مع مقاومة على تسلسل



- شكل يوضح التجربة المدروسة



شكل رقم (17.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف أربع مزدوجات الحرارية على تسلسل

2.5.3. نتائج التجربة:

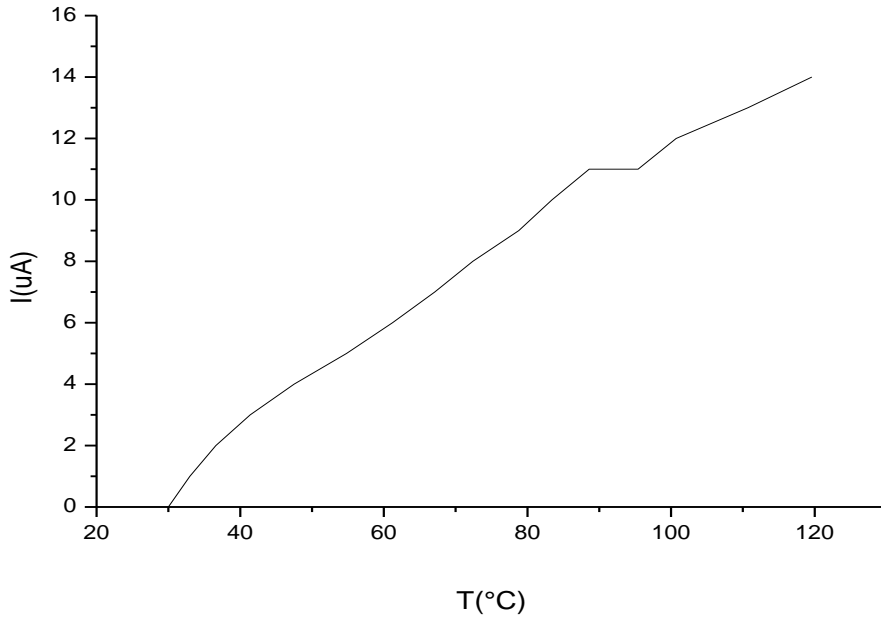
ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (10.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل

T(°C)	30	33	36,7	41,4	47,5	54,8	61,2	67,1	72,4	78,8
I(μA)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

T(°C)	83,4	88,6	95,4	100,7	117,6	119,6
I(μA)	10	11	11	12	13	14

رسم منحنى:



منحنى رقم (12.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل

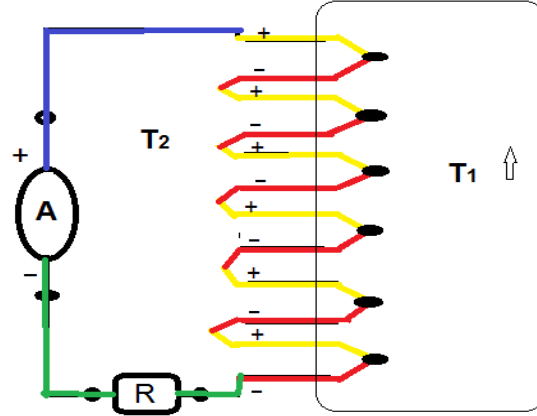
3.5.3 ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن الشدة التيار يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة، حيث سجلنا أعلى قيمة عند $[T=119,6^{\circ}C.A=14\mu A]$ ، ونلاحظ أيضاً انه شبه خطي من $[T=30^{\circ}C]$ إلى غاية $T=111,9^{\circ}C$

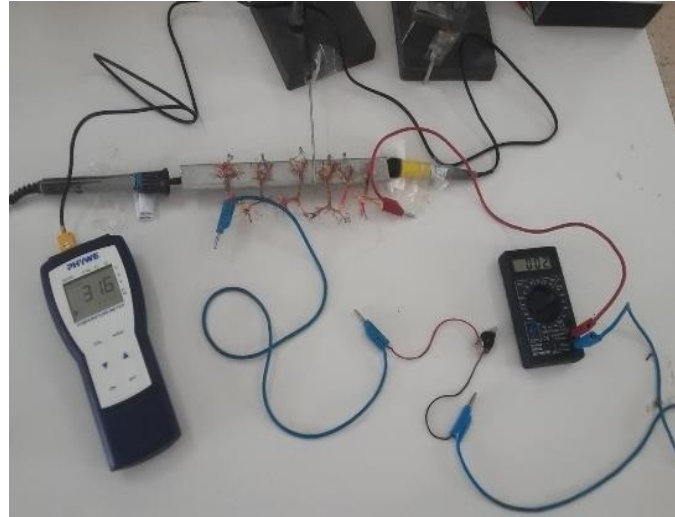
6.3. في حالة ست مزدوجات حرارية على تسلسل مع مقاومة:

1.6.3. خطوات التجربة:

يتم وصل ستة أطراف المزدوجات الحرارية بالفولتметр ومع المقاومة على تسلسل مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم شدة التيار وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



- رسم تخطيطي يوضح ربط أربع مزدوجات مع مقاومة على تسلسل



- شكل يوضح التجربة المدروسة

شكل رقم (18.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف ست مزدوجات الحرارية على تسلسل

2.6.3. نتائج التجربة:

ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

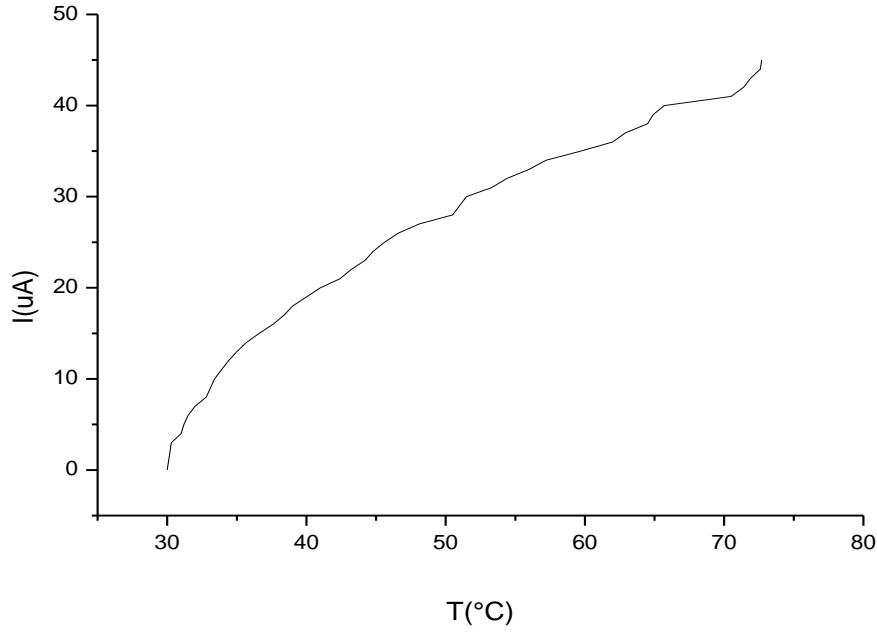
جدول رقم (11.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية على تسلسل

T(°C)	30	30,2	30,3	31	31,2	31,5	32	32,8	33,4	33,9
I(μA)	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10

T(°C)	34,4	35	35,7	36,6	37,6	38,4	39	40	41	42,4
I(μA)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

T(°C)	71,4	71,9	72,6	72,7
I(μA)	42	43	44	45

رسم منحنى:



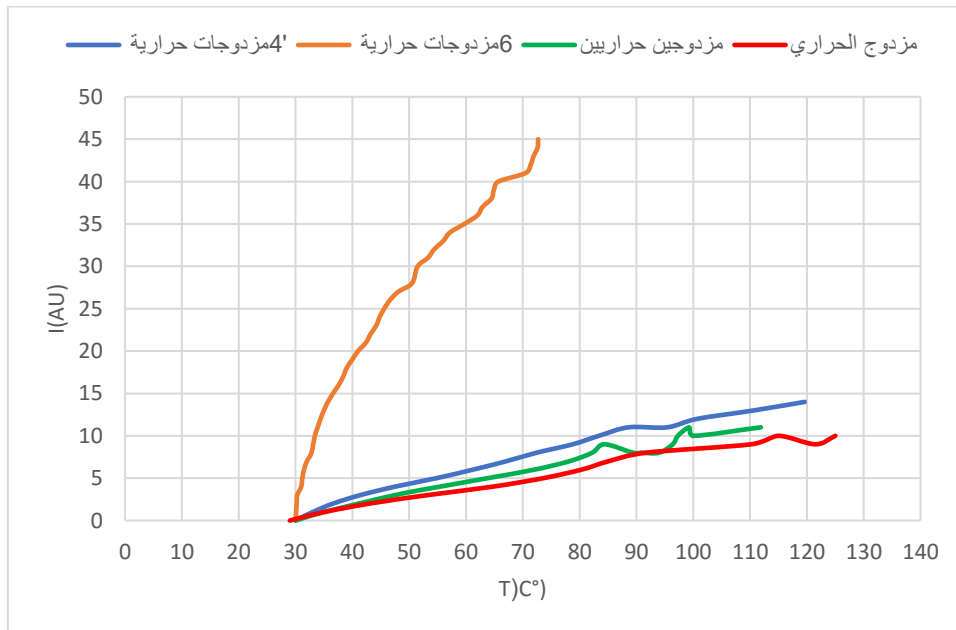
منحنى رقم (13.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية على تسلسل

3.6.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن الشدة التيار يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة، حيث سجلنا أعلى قيمة عند

$[T=72,7^{\circ}C, A=45\mu A]$, ونلاحظ أيضاً انه شبه خطي من $[T=30^{\circ}C]$ إلى غاية $T=72,7^{\circ}C$

7.3. مقارنة بين منحنيات:



منحنى رقم (14.3): يوضح شدة التيار بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تسلسل (مزدوج حراري، 2،4،6 مزدوجات حرارية)

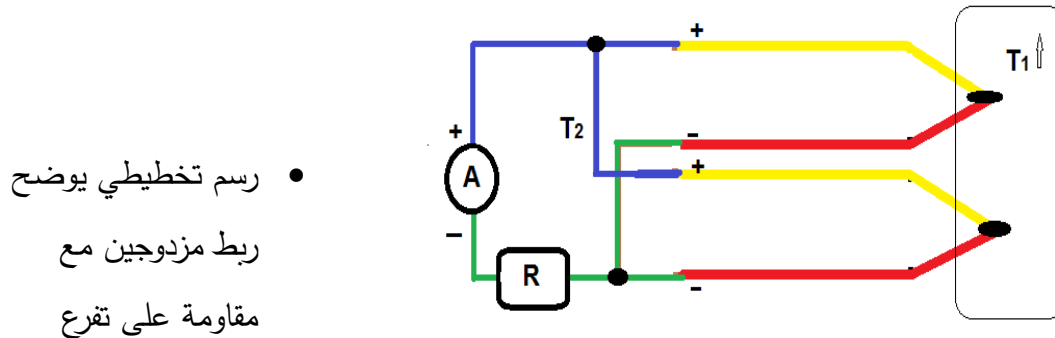
1.7.3. ملاحظة وتعليق:

نلاحظ أن جميع منحنيات في زيادة بالنسبة لقيمة شدة التيار بالزيادة في درجة الحرارة، كما نلاحظ ان عدد مزدوجات حرارية يؤثر على زيادة في شدة التيار، ونلاحظ أيضاً وجود علاقة طردية بين شدة التيار ودرجة الحرارة وعدد مزدوجات الحرارية، أي انه كلما كان عدد المزدوجات أكثر تزداد شدة التيار بوتيرة أسرع.

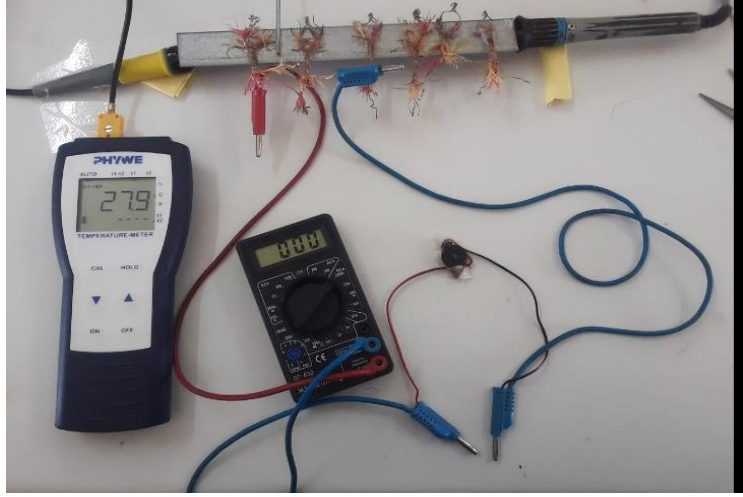
8.3. في حالة مزدوجين حراريين على تفرع مع مقاومة:

1.8.3. خطوات التجربة:

يتم وصل أطراف المزدوج الحراري بالفولطمتر ومع المقاومة مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم شدة التيار وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:



- شكل يوضح التجربة المدروسة



شكل رقم (19.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين طرفي مزدوجين حراريين على تفرع

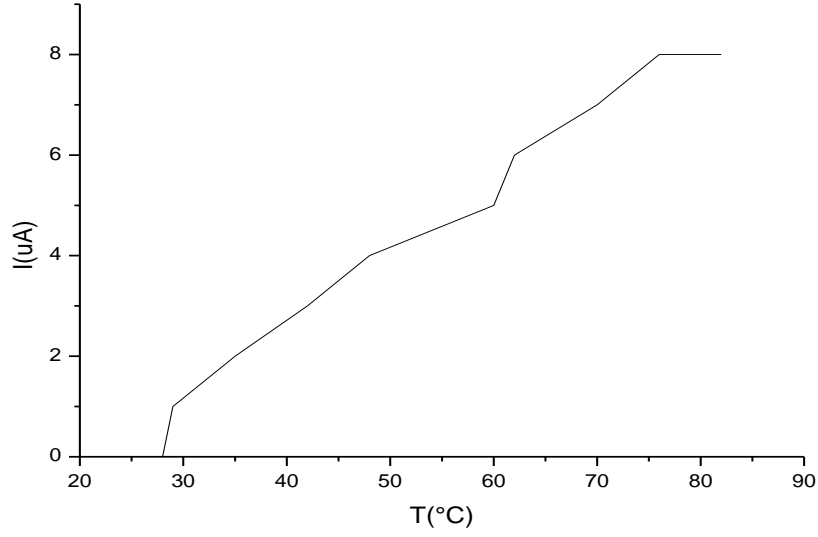
2.8.3. نتائج التجربة:

ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (12.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع

T(°C)	28	29	35	42	48	60	62	70	76	79	82
(μ A)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8

رسم منحنى:



منحنى رقم (15.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع

3.8.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

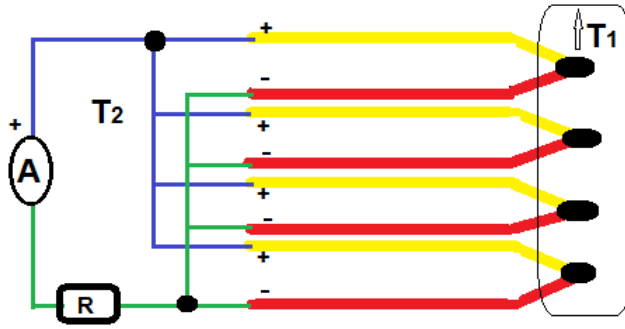
نلاحظ أن الشدة التيار يتزايد تدريجياً بزيادة درجة الحرارة إلى غاية ثبوته عند $[T=76^{\circ}\text{C}, A=8\mu\text{A}]$. ونلاحظ أيضاً أنه شبه خطي من $[T=29^{\circ}\text{C}]$ إلى غاية $[T=76^{\circ}\text{C}]$.

9.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية على تفرع مع مقاومة:

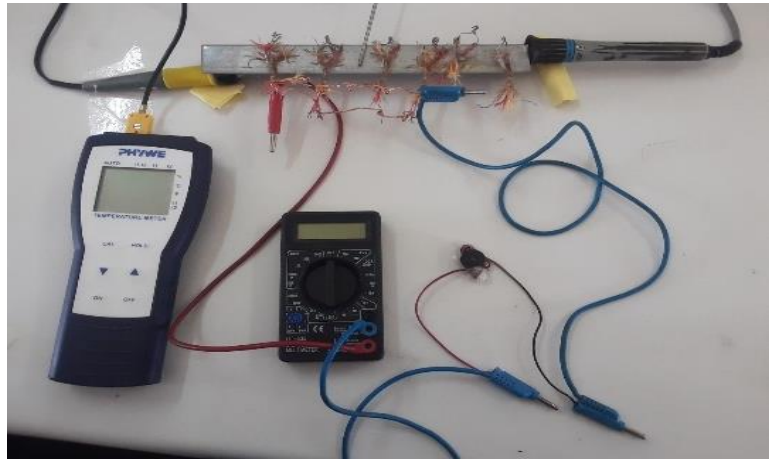
1.9.3. خطوات التجربة:

يتم وصل أربع أطراف المزدوجات الحرارية بالفولطمتر ومع المقاومة مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم شدة التيار وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:

- رسم تخطيطي يوضح ربط أربع مزدوجات مع مقاومة على تفرع



- شكل يوضح التجربة المدروسة



شكل رقم (20.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف أربع مزدوجات الحرارية على تفرع

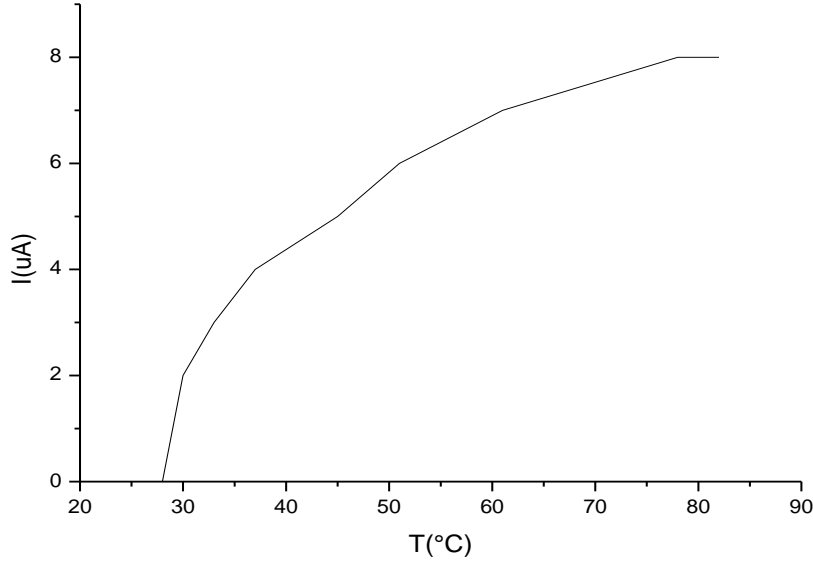
2.9.3. نتائج التجربة:

ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (13.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع

T(°C)	28	29	30	33	37	45	51	61	78	80	82
I(μA)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8

رسم منحنى:



منحنى رقم (16.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع

3.9.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

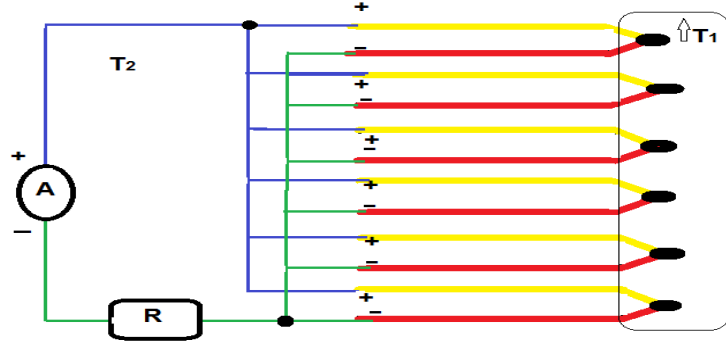
نلاحظ أن الشدة التيار يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة إلى غاية ثبوته عند قيمة $[T=78^{\circ}\text{C}, A=8\mu\text{A}]$. ونلاحظ أيضاً انه شبه خطي من $[T=30^{\circ}\text{C}]$ إلى غاية $[T=78^{\circ}\text{C}]$

10.3. في حالة ست مزدوجات حرارية على تفرع مع مقاومة:

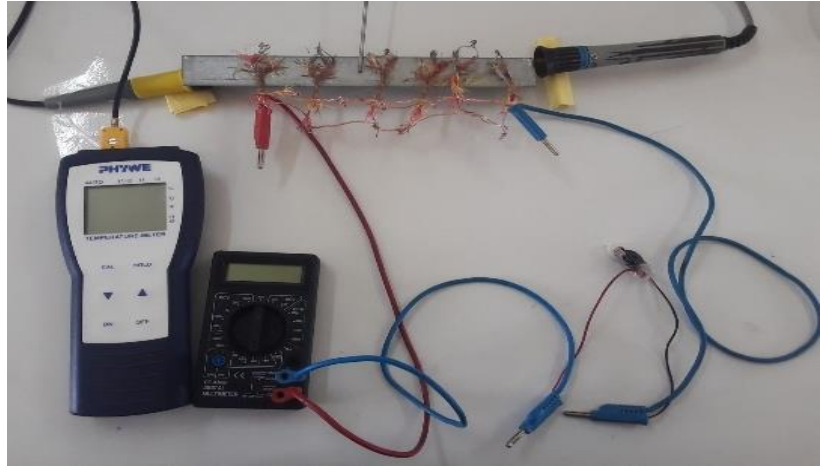
1.10.3. خطوات التجربة:

يتم وصل ستة أطراف المزدوجات الحرارية بالفولطمتر ومع المقاومة مع تعريض الوصلة لمصدر حراري نقوم برفع درجات الحرارة وتسجيل قيم شدة التيار وتغير في درجة الحرارة. كمل هو موضح في الشكل التالي:

- رسم تخطيطي يوضح ربط أربع مزدوجات مع مقاومة على تفرع



- شكل يوضح التجربة المدروسة



شكل رقم (21.3): يوضح كيفية قياس شدة التيار بين أطراف ست مزدوجات الحرارية على تفرع

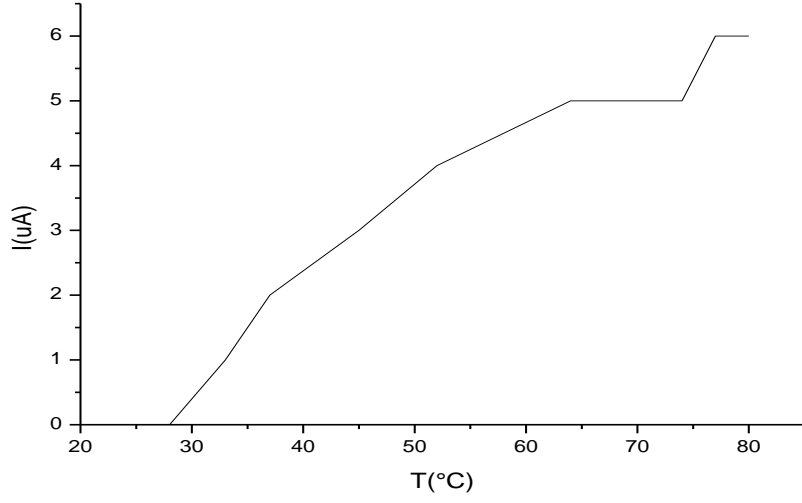
2.10.3. نتائج التجربة:

ندون النتائج متحصل عليها في جدول التالي:

جدول رقم (14.3): تغيرات قيم شدة التيار بدلالة درجة الحرارة ست مزدوجات حرارية على تفرع

T(°C)	28	33	37	45	52	64	74	77	80
I(μA)	0	1	2	3	4	5	5	6	6

رسم منحنى:

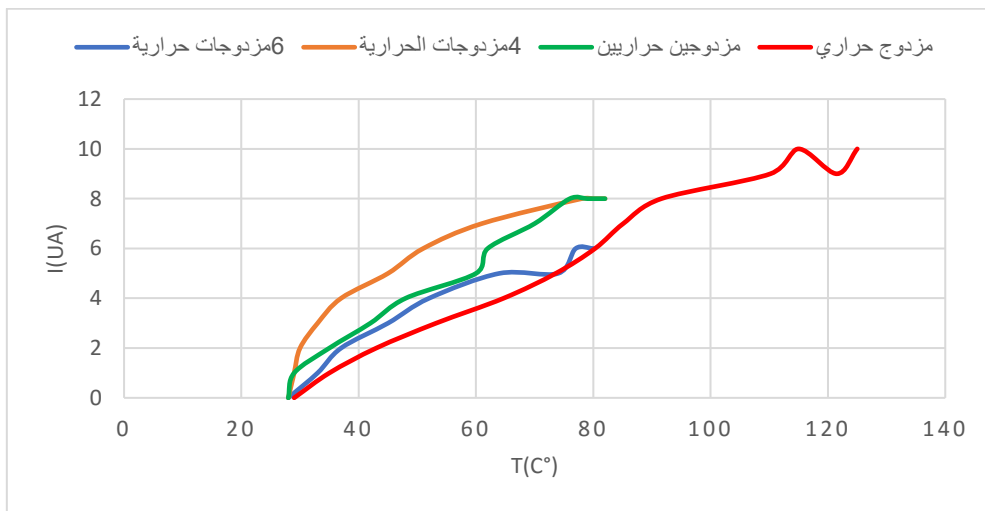


منحنى رقم (17.3): منحنى تغير الشدة تيار بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تفرع

3.10.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن الشدة التيار يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة إلى غاية ثبوته عند قيمة حيث سجلنا أعلى قيمة عند $[T=77^{\circ}\text{C}, A=6\mu\text{A}]$. ونلاحظ أيضاً انه شبه خطي من $[T=30^{\circ}\text{C}]$ إلى غاية $T=78^{\circ}\text{C}$

11.3. مقارنة بين منحنيات:



منحنى رقم (18.3): يوضح شدة التيار بدلالة درجة الحرارة في كل حالات على تفرع (مزدوج حراري،

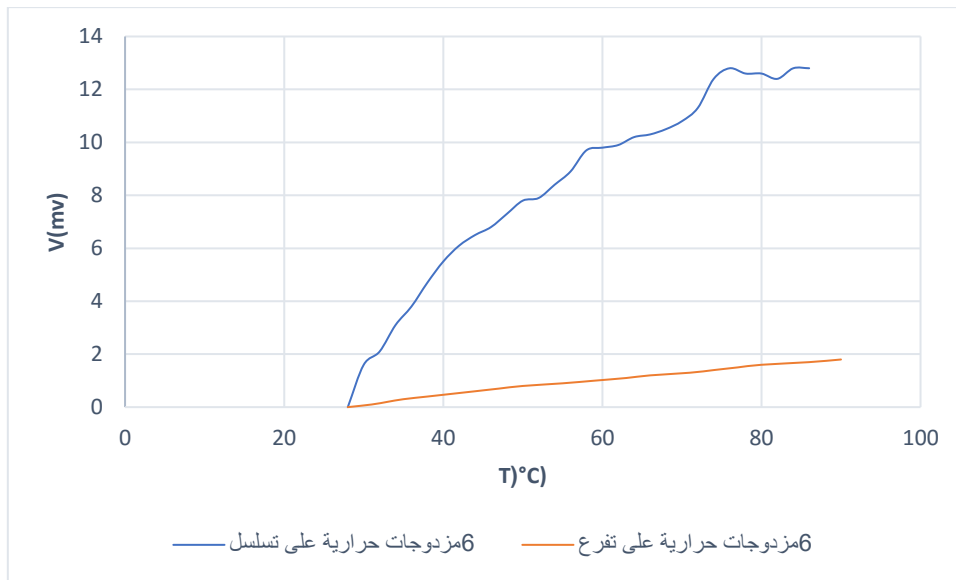
6،4،2 مزدوجات حرارية)

1.11.3. ملاحظة وتعليق:

نلاحظ أن جميع منحنيات في زيادة بالنسبة لقيمة شدة التيار بالزيادة في درجة الحرارة، كما نلاحظ ان عدد مزدوجات حرارية يؤثر على زيادة في شدة التيار، ونلاحظ أيضاً وجود علاقة طردية بين شدة التيار ودرجة الحرارة وعدد مزدوجات الحرارية، أي انه كلما كان عدد المزدوجات أكثر تزداد شدة التيار بوتيرة أسرع.

12.3 مقارنة بين نتائج:

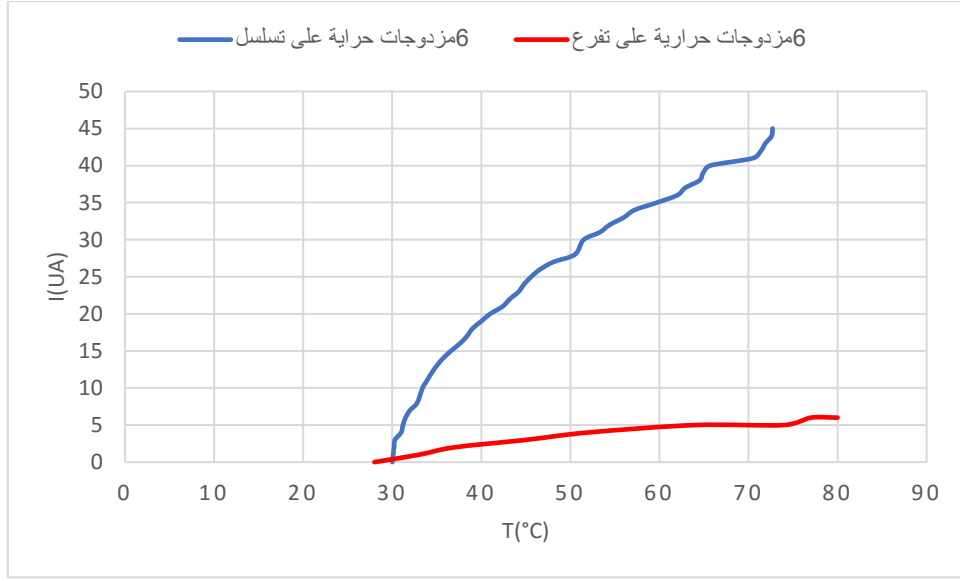
1.12.3 في فرق في جهد:



منحنى رقم (19.3): يوضح تغير في فرق في جهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على

تفرع وتسلسل

2.12.3 في شدة التيار:



منحنى رقم (20.3): يوضح تغير شدة تيار بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع وتسلسل

3.12.3 ملاحظة:

نلاحظ أنا فرق في جهد وشدة التيار في حالة ست مزدوجات حرارية على تسلسل كان تغير اكبر واحسن من ست مزدوجات حرارية على تفرع

13.3 حساب الإستطاعة لكل تجربة:

1.13.3 قانون الإستطاعة:

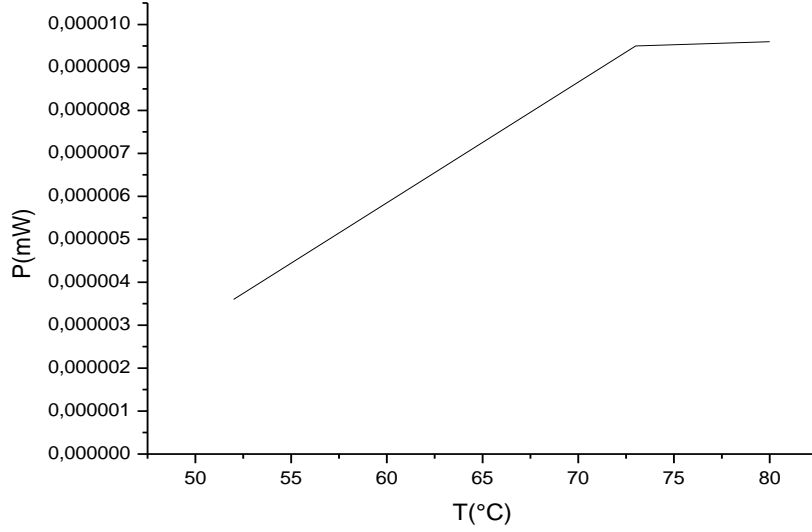
$$P = I \cdot V \quad (W)$$

2.13.3 في حالة مزدوج حراري:

جدول رقم (15.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري

T(C°)	V* 10 ⁻³ (V)	I(A) 10 ⁻⁶	P(mW)
52	1,2	3	0,0000036
73	1,9	5	0,0000095
80	1,6	6	0,0000096

1.2.13.3. رسم منحنى:



منحنى رقم (21.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري

2.2.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن الاستطاعة تتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي، ثم نلاحظ ثبوت في قيمة الاستطاعة.

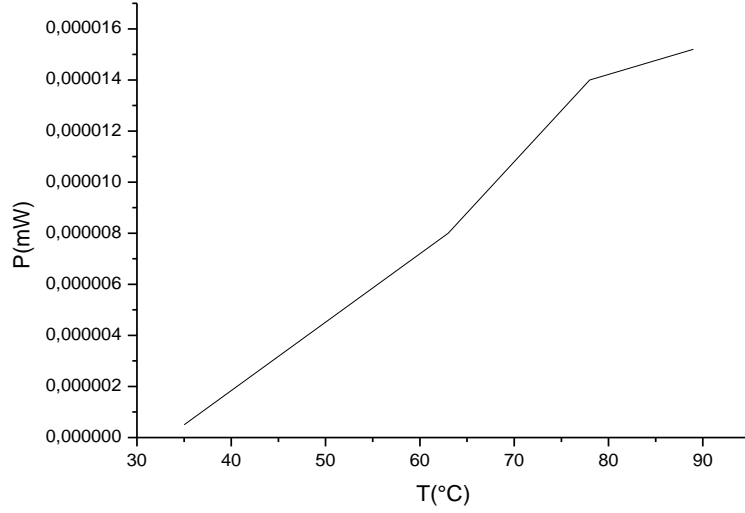
3.13.3. في حالة ربط على تسلسل :

1.3.13.3. في حالة مزدوجين حراريين :

جدول رقم (16.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل

T(C°)	V*10 ⁻³ (V)	I(A)10 ⁻⁶	P(mW)
35	0,5	1	0,0000005
63	1,6	5	0,000008
78	2	7	0,000014
89	1,9	8	0,0000152

1.1.3.13.3. رسم منحنى:



منحنى رقم (22.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل

2.1.3.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

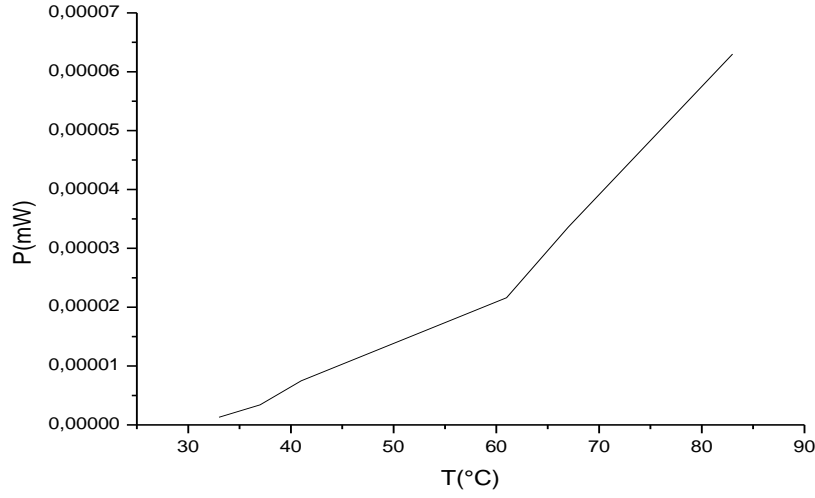
نلاحظ أن الاستطاعة تتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي، ثم نلاحظ ثبوت في قيمة الاستطاعة.

2.3.13.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية:

جدول رقم (17.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تسلسل

T(°C)	V*10 ⁻³ (V)	I(A)10 ⁻⁶	P(mW)
33	1,3	1	0,0000013
37	1,7	2	0,0000034
41	2,5	3	0,0000075
61	3,6	6	0,0000216
67	4,8	7	0,0000336
83	6,3	10	0,000063

1.2.3.13.3. رسم منحنى:



منحنى رقم (23.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تسلسل

2.2.3.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن الاستطاعة تتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي، ثم نلاحظ ثبوت في قيمة الاستطاعة.

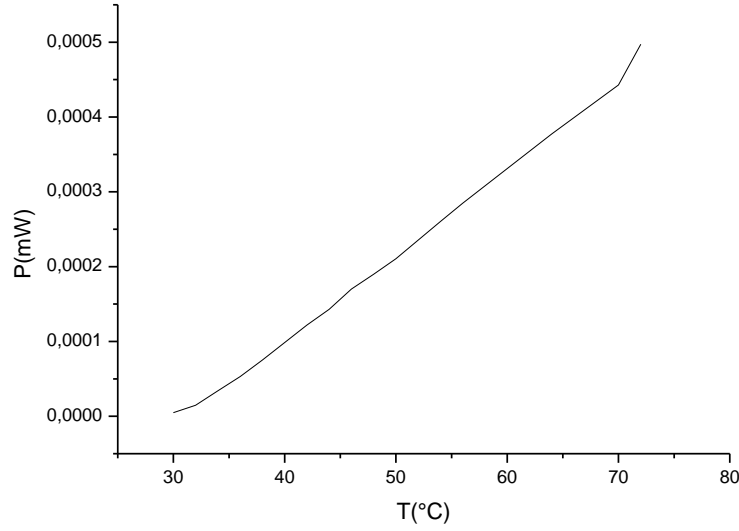
3.3.13.3. في حالة ست مزدوجات حرارية:

جدول رقم (17.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تسلسل

T(°C)	30	32	34	36	38	42	44
V*10 ⁻³ (V)	1,6	2,1	3,1	3,8	4,7	6,1	6,5
I(A)10 ⁻⁶	3	7	11	14	16	20	22
P(mW)	0,0000048	0,0000147	0,0000341	0,0000532	0,0000752	0,000122	0,000143

T(°C)	46	48	50	54	56	64	70	72
V*10 ⁻³ (V)	6,8	7,3	7,8	8,4	8,9	10,2	10,8	11,3
I(A)10 ⁻⁶	25	26	27	31	32	37	41	44
P(mW)	0,00017	0,0001898	0,0002106	0,0002604	0,0002848	0,0003774	0,0004428	0,0004972

1.3.3.13.3. رسم منحنى:



منحنى رقم (24.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تسلسل

2.3.3.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن الاستطاعة تتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي.

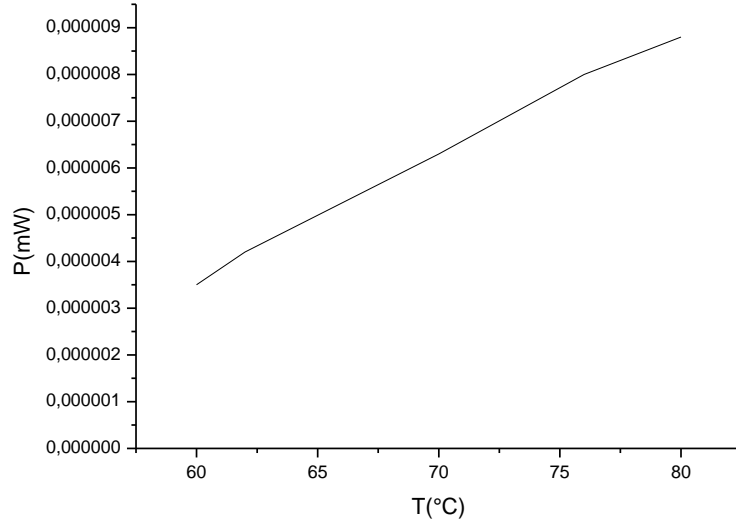
4.13.3. في حالة ربط على تفرع:

1.4.13.3. في حالة مزدوجين حراريين:

جدول رقم (19.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع

T(°C)	V*10 ⁻³ (V)	I(A)10 ⁻⁶	P(mW)
60	0,7	5	0,0000035
62	0,7	6	0,0000042
70	0,9	7	0,0000063
76	1	8	0,000008
80	1,1	8	0,0000088

1.1.4.13.3. رسم منحنى:



منحنى رقم (25.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع

2.1.4.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

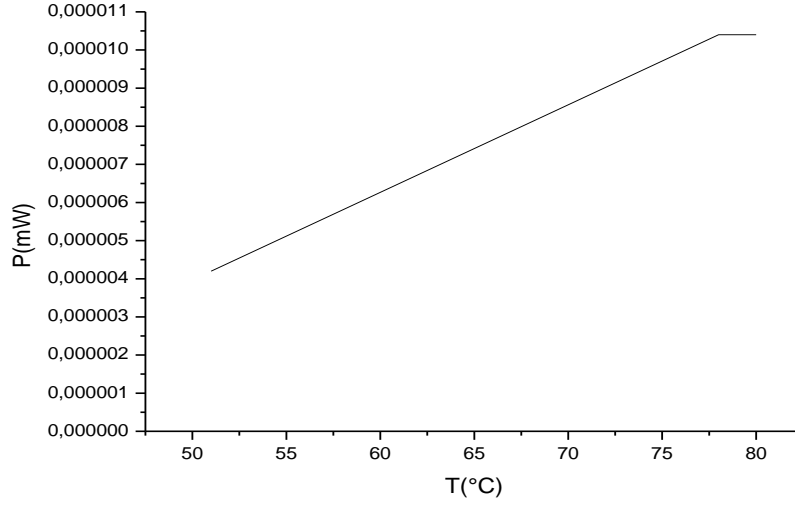
نلاحظ أن الاستطاعة تتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي.

2.4.13.3. في حالة أربع مزدوجات حرارية:

جدول رقم (20.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تفرع

T(C°)	V* 10 ⁻³ (V)	I(A)10 ⁻⁶	P(W)
51	0,7	6	0,0000042
78	1,3	8	0,0000104
80	1,3	8	0,0000104

1.2.4.13.3. رسم منحنى:



منحنى رقم (26.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لأربعة مزدوجات حرارية على تفرع

2.2.4.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

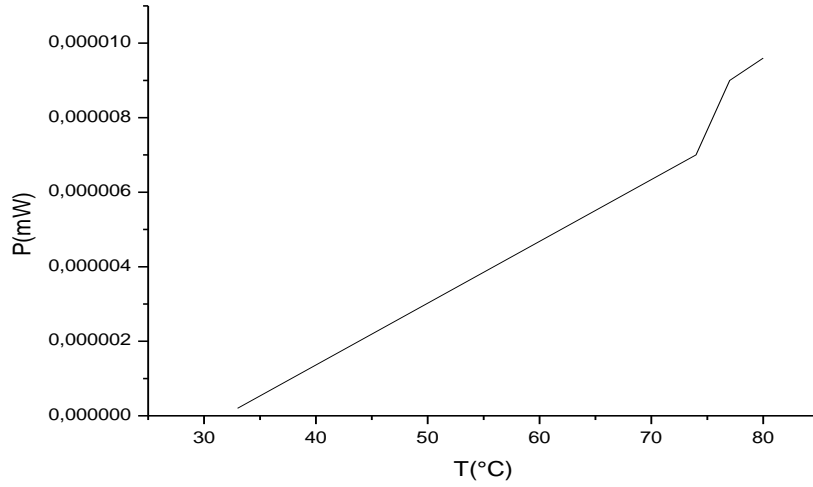
نلاحظ أن الاستطاعة تتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي، ثم نلاحظ ثبوت في قيمة الاستطاعة.

3.4.13.3. في حالة ست مزدوجات حرارية:

جدول رقم (21.3): يوضح تغيرات استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تفرع

T (C°)	V * 10 ⁻³ (V)	I (A) 10 ⁻⁶	P (mW)
33	0,2	1	0,0000002
74	1,4	5	0,0000007
77	1,5	6	0,0000009
80	1,6	6	0,0000096

1.3.4.13.3. رسم منحنى:



منحنى رقم (27.3): يوضح منحنى تغير استطاعة بدلالة درجة الحرارة لستة مزدوجات حرارية على تفرع

2.3.4.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن الاستطاعة تتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي.

14.3. خصائص المعدن المستخدم:

1.14.3. في حالة مزدوج واحد $T_0 = 26.6^\circ C$

$$\begin{cases} E_1 = C(T_1 - T_0) + K(T_1^2 - T_0^2) \\ E_2 = C(T_2 - T_0) + K(T_2^2 - T_0^2) \end{cases}$$

$$T_1 = 72.2^\circ C \quad E_1 = 1.8$$

$$T_2 = 45.5^\circ C \quad E_1 = 0.9$$

$$\begin{cases} 1.8 = C(72.2 - 26.6) + K(72.2^2 - 26.6^2) \\ 0.9 = C(45.5 - 26.6) + K(45.5^2 - 26.6^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1.8 = 45.6C + 4505.28K \dots \dots 1 \\ 0.9 = 18.9C + 1362.69K \dots \dots 2 \end{cases}$$

ب طرح 2 من 1 نجد $1.8 - 0.9 = (45.6 - 18.9)C + (4505.28 - 1362.69)K$

$$0.9 = 26.7C + 3142.59K$$

$$K = \frac{0.9 - 26.7C}{3142.59} = 2.86 * 10^{-4} - 8.49 * 10^{-3}C$$

$$K = 2.86 * 10^{-4} - 8.49 * 10^{-3}C \dots \dots 3$$

بتعويض 3 في 1 نجد $1.8 = 45.6C + 4505.28(2.86 * 10^{-4} - 8.49 * 10^{-3}C)$

$$C = 0.07$$

ولإيجاد K نعوض بقيمة C في $K = 2.86 * 10^{-4} - (8.49 * 10^{-3} * 0.07)$

$$K = -3.08 * 10^{-4}$$

$$E_i = 0.07(T_i - T_0) - 3.08 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

تعويض في قانون:

نعوض في قانون بقيم درجة الحرارة ونسجل قيمة الجهد الناتج:

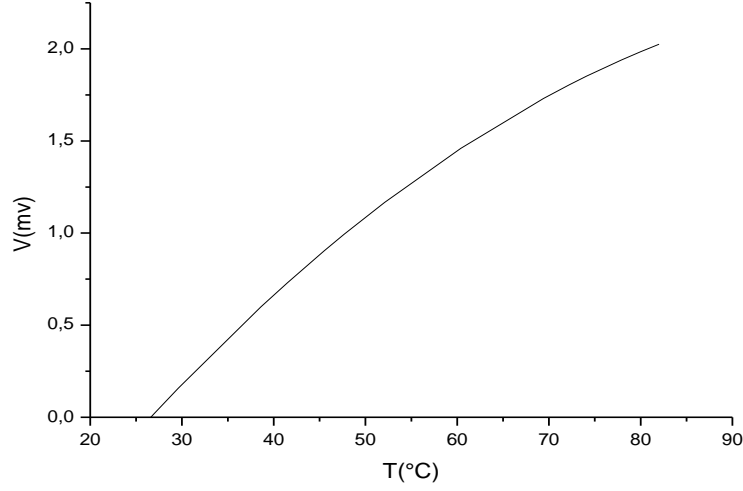
$$E_i = 0.07(T_i - T_0) - 3.08 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

جدول رقم (22.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري بتطبيق قانون سيبيك

T(°C)	26,5	27	29,6	38,6	41,5	45,5	47,7	52,1
V(mv)	0	0,02139648	0,1580712	0,5990208	0,73047548	0,90329148	0,99413916	1,1668902

T(°C)	60,1	69,4	72	74,1	77,9	80	82
V(mv)	1,4602952	1,7304896	1,80437376	1,851759	1,9398582	1,98472848	2,02493648

1.1.14.3. رسم منحنى:

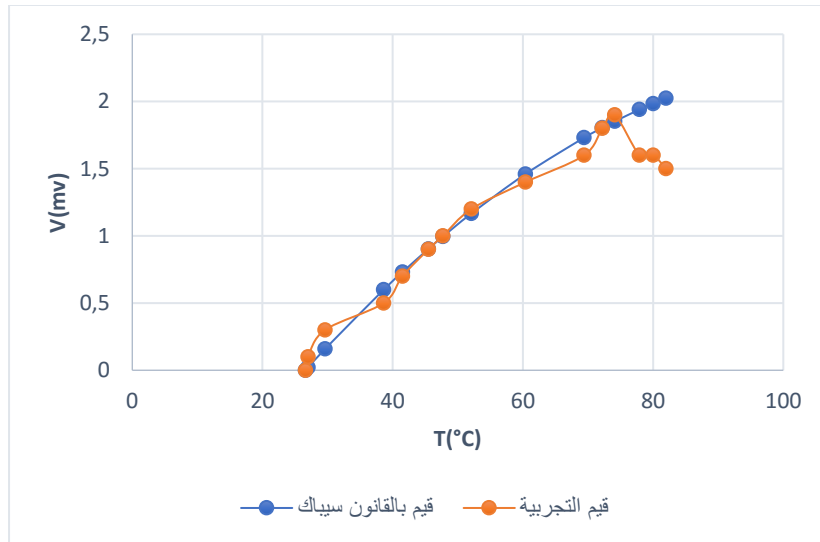


منحنى رقم (28.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري على تسلسل بتطبيق قانون سيبياك

2.1.14.3 ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي

2.1.14.3. المقارنة بين المنحنيين:



منحنى رقم (29.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوج حراري (قيم التجريبية وقيم قانون سيبياك)

1.2.1.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن قيمة التجريبية لتجربة قريبة من قيم نظرية لقانون سيبيك، ويعود هذا الاختلاف للارتياح في جهاز قياس فولطمتر (DT-830B DIGITAL MULTIMETER).

2.14.3. في حالة الربط على التسلسل:

1.2.14.3. في حالة مزدوجين على التسلسل: $T_0 = 27^\circ C$

$$T_1 = 50^\circ C \quad E_1 = 1.2$$

$$T_2 = 77^\circ C \quad E_1 = 2$$

$$\begin{cases} 1.2 = C(50 - 27) + K(50^2 - 27^2) \\ 2 = C(77 - 27) + K(77^2 - 27^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1.2 = 23C + 1771K \dots \dots 1 \\ 2 = 50C + 5200K \dots \dots 2 \end{cases}$$

$$2 - 1.2 = (50 - 23)C + (5200 - 1771)K \quad \text{بطرح 1 من 2 نجد}$$

$$0.8 = 27C + 3429K$$

$$K = \frac{0.8 - 27C}{3429} = 0.00023 - 7.87 * 10^{-3} C$$

$$K = 0.00023 - 7.87 * 10^{-3} C \dots \dots 3$$

$$1.2 = 23C + 1771(0.00023 - 7.87 * 10^{-3} C) \quad \text{بتعويض 3 في 1 نجد}$$

$$C = 0.087$$

$$K = 0.00023 - (7.87 * 10^{-3} * 0.087) \text{ ولإيجاد } K \text{ نعوض بقيمة } C \text{ في}$$

$$K = -4.54 * 10^{-4}$$

$$E_i = 0.087(T_i - T_0) - 4.54 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

تعويض في قانون

نعوض في القانون بقيم درجة الحرارة ونسجل قيمة الجهد الناتج:

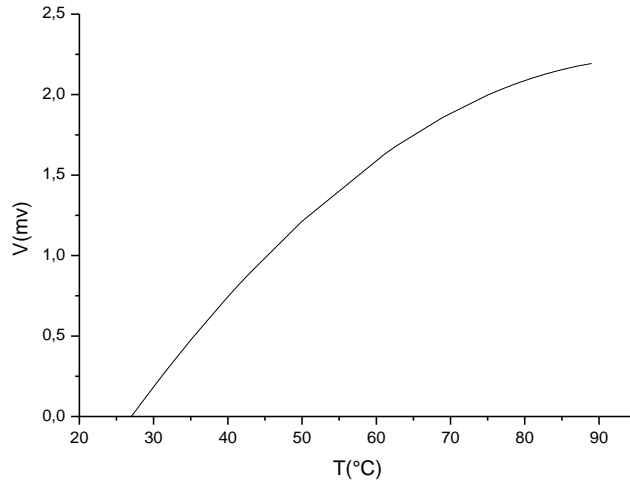
$$E_i = 0.087(T_i - T_0) - 4.54 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

جدول رقم (23.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل بتطبيق قانون سيبيك

T(°C)	27	30,7	32	35,2	39,8	41,6	43	50	61,2
V(mv)	0	0,22689695	0,303725	0,4864322	0,7331072	0,8245058	0,8936	1,212905	1,6330842

T(°C)	62,8	69	75	77	79	81	83	85	87	89
V(mv)	1,6839962	1,85976	1,99728	2,036	2,07116	2,10276	2,1308	2,15528	2,1762	2,19356

رسم منحنى: 1.1.2.14.3

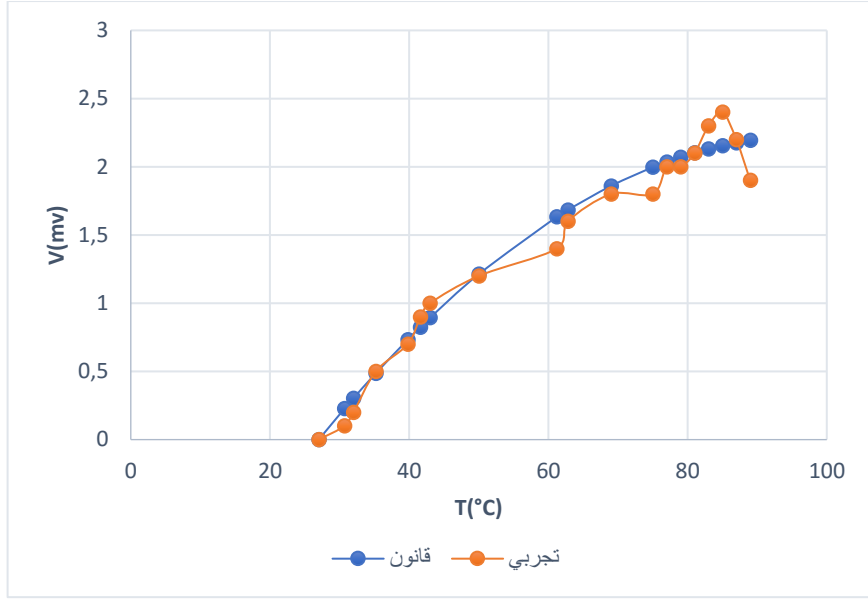


منحنى رقم (30.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل بتطبيق قانون سيبيك

2.1.2.14.3 ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي

3.1.2.14.3. المقارنة بين المنحنيين:



منحنى رقم (31.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تسلسل (قيم التجريبية وقيم قانون سيبيك)

4.1.2.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن قيمة التجريبية لتجربة قريبة من قيم نظرية لقانون سيبيك، ويعود هذا الاختلاف للارتياح في جهاز قياس فولطمتر (DT-830B DIGITAL MULTIMETER)، وسوء توصيل بين أجهزة.

2.2.14.3. في حالة أربع مزدوجات على التسلسل: $T_0 = 27^\circ C$

$$T_1 = 45^\circ C \quad E_1 = 2.6$$

$$T_2 = 55^\circ C \quad E_1 = 3.5$$

$$\begin{cases} 2.6 = C(45 - 27) + K(45^2 - 27^2) \\ 3.5 = C(55 - 27) + K(55^2 - 27^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2.6 = 18C + 1296K \dots\dots 1 \\ 3.5 = 28C + 2296K \dots\dots 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2.6 = 18C + 1296K \dots\dots 1 \\ 3.5 = 28C + 2296K \dots\dots 2 \end{cases}$$

ب طرح 1 من 2 نجد $3.5 - 2.6 = (28 - 18)C + (2296 - 1296)K$

$$0.9 = 10C + 1000K$$

$$C = \frac{0.9 - 1000K}{10} = 0.09 - 100K$$

$$C = 0.09 - 100K \dots 3$$

$$2.6 = (0.09 - 100K)18 + K1296 \quad \text{بتعويض 3 في 1 نجد}$$

$$K = -1.94 * 10^{-3}$$

$$3C = 0.09 - 100K \quad \text{ولإيجاد } C \text{ نعوض بقيمة } K \text{ في}$$

$$C = 0.09 - 100(-1.94 * 10^{-3})$$

$$C = 0.284$$

$$E_i = 0.284(T_i - T_0) - 1.94 * 10^{-3}(T_i^2 - T_0^2)$$

تعويض في قانون:

نعوض في القانون بقيم درجة الحرارة ونسجل قيمة الجهد الناتج:

$$E_i = 0.284(T_i - T_0) - 1.94 * 10^{-3}(T_i^2 - T_0^2)$$

جدول رقم (24.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل

بتطبيق قانون سيباك

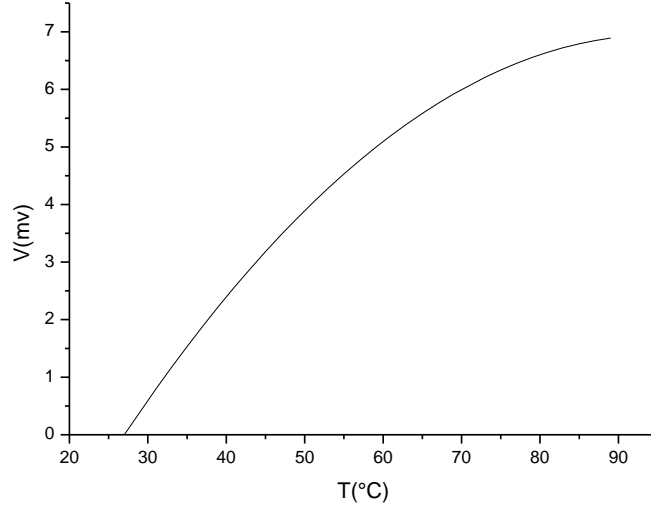
T(°C)	27	31	33	35	37	39	41	51	43	45
V(mV)	0	0,79032	1,1676	1,53296	1,8864	2,22792	2,55752	4,02672	2,8752	3,18096

T(°C)										
	47	49	51	61	53	55	57	59	61	
V(mV)	3,4748	3,75672	4,02672	5,19792	4,2848	4,53096	4,7652	4,98752	5,19792	

T(°C)	63	65	67	69	73	75	77	79	81
V(mV)	5,3964	5,58296	5,7576	5,92032	6,21	6,33696	6,452	6,55512	6,64632

T(°C)	83	85	87	89
V(mV)	6,7256	6,79296	6,8484	6,89192

1.2.2.14.3. رسم منحنى:

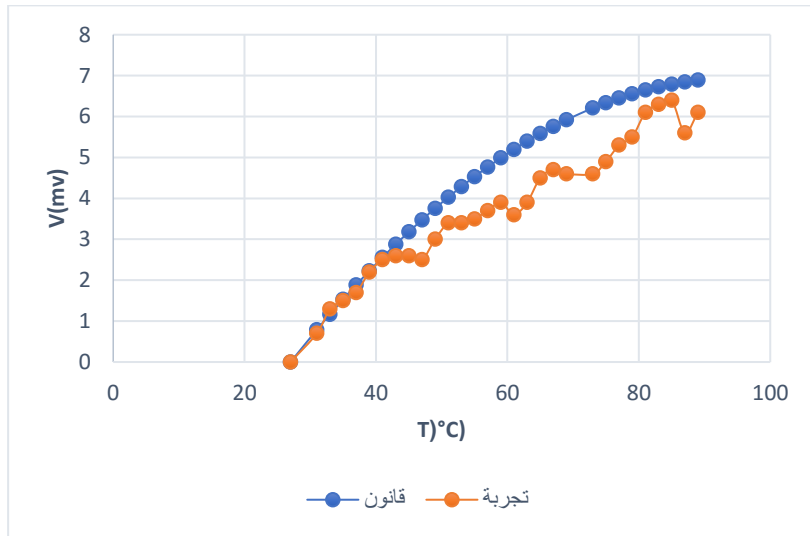


منحنى رقم (32.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل بتطبيق قانون سيبياك

2.2.2.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي.

3.2.2.14.3. المقارنة بين منحنين:



منحنى رقم (33.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تسلسل (قيم التجريبية وقيم قانون سيبياك)

4.2.2.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن قيمة التجريبية لتجربة قريبة من قيم نظرية لقانون سيبيك، ويعود هذا الاختلاف للارتياح في جهاز قياس فولطمتر (DT-830B DIGITAL MULTIMETER)، وسوء ربط بين بعض الأجهزة.

3.2.14.3. في حالة ست مزدوجات على التسلسل: $T_0 = 28^\circ C$

$$T_1 = 38^\circ C \quad E_1 = 4.7$$

$$T_2 = 54^\circ C \quad E_2 = 8.4$$

$$\begin{cases} 4.7 = C(38 - 28) + K(38^2 - 28^2) \\ 8.4 = C(54 - 28) + K(54^2 - 28^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4.7 = 10C + 660K \dots \dots 1 \\ 8.4 = 26C + 2132K \dots \dots 2 \end{cases}$$

$$8.4 - 4.7 = (26 - 16)C + (2132 - 660)K \quad \text{ب طرح 1 من 2 نجد}$$

$$3.7 = 16C + 1472K$$

$$C = \frac{3.7 - 1472K}{16} = 0.231 - 92K$$

$$C = 0.231 - 92K \dots \dots 3$$

$$4.7 = (0.231 - 92K)18 + K660 \quad \text{بتعويض 3 في 1 نجد}$$

$$K = -9.19 * 10^{-3}$$

$$C = 0.231 - 92K \quad \text{ولإيجاد } C \text{ نعوض بقيمة } K \text{ في}$$

$$C = 0.231 - 92(-9.19 * 10^{-3})$$

$$C = 1.076$$

$$E_i = 1.076(T_i - T_0) - 9.19 * 10^{-3}(T_i^2 - T_0^2)$$

تعويض في قانون:

نعوض في القانون بقيم درجة الحرارة ونسجل قيمة الجهد الناتج:

$$E_i = 1.076(T_i - T_0) - 9.19 * 10^{-3}(T_i^2 - T_0^2)$$

جدول رقم (25.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تسلسل بتطبيق قانون سيبيك

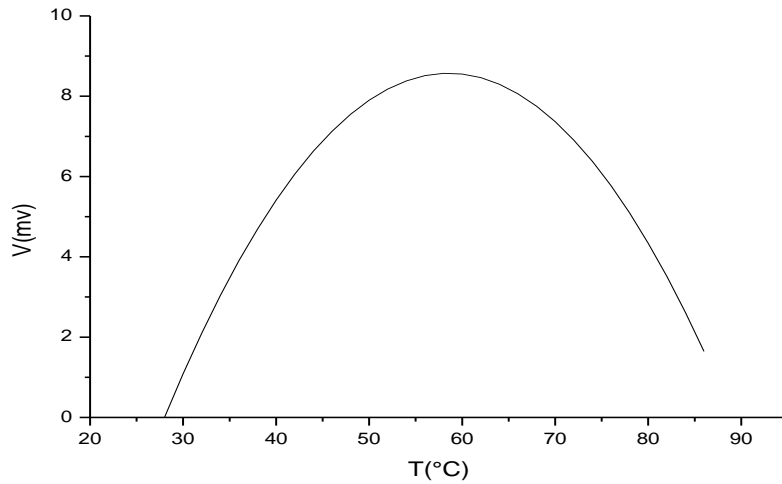
T(°C)	28	30	32	34	36	38	40	42	56
V(mV)	0	1,08596	2,0984	3,03732	3,90272	4,6946	5,41296	6,0578	8,51312

T(°C)	44	46	48	50	52	54	56	58	60
V(mV)	6,62912	7,12692	7,5512	7,90196	8,1792	8,38292	8,51312	8,5698	8,55296

T(°C)	62	64	66	68	70	72	74	76
V(mV)	8,4626	8,29872	8,06132	7,7504	7,36596	6,908	6,37652	5,77152

T(°C)	78	80	82	84	86
V(mV)	5,093	4,34096	3,5154	2,61632	1,64372

1.3.2.14.3. رسم منحنى:

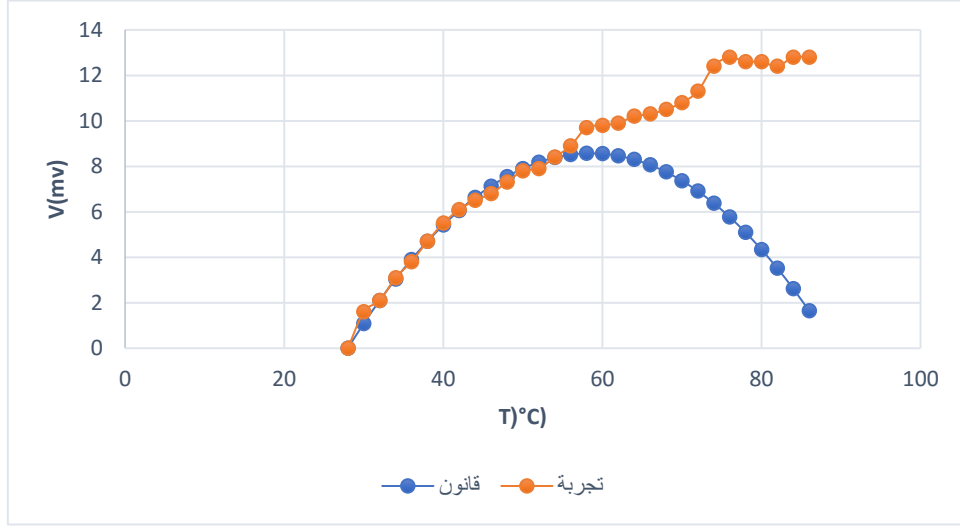


منحنى رقم (34.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تسلسل بتطبيق قانون سيبيك

2.3.2.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي.

3.3.2.13.3. مقارنة بين منحنين:



منحنى رقم (35.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع (قيم التجريبية وقيم قانون سيباك)

4.3.2.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن قيمة التجريبية لتجربة قريبة من قيم نظرية لقانون سيباك، ويعود هذا الاختلاف للارتياح في جهاز قياس فولطمتر (DT-830B DIGITAL MULTIMETER) وسوء ربط بين بعض الأجهزة.

3.14.3. في حالة الربط على التفرع

1.3.14.3. في حالة مزدوجين على التفرع $T_0 = 28^\circ C$

$$\begin{cases} E_1 = C(T_1 - T_0) + K(T_1^2 - T_0^2) \\ E_2 = C(T_2 - T_0) + K(T_2^2 - T_0^2) \end{cases}$$

$$T_1 = 46^\circ C \quad E_1 = 0.4$$

$$T_2 = 64^\circ C \quad E_2 = 0.8$$

$$\begin{cases} 0.4 = C(46 - 28) + K(46^2 - 28^2) \\ 0.8 = C(64 - 28) + K(64^2 - 28^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.4 = 18C + 1332K \dots\dots 1 \\ 0.8 = 36C + 3312K \dots\dots 2 \end{cases}$$

ب طرح 1 من 2 نجد $0.8 - 0.4 = (36 - 18)C + (3312 - 1332)K$

$$0.4 = 18C + 1980K$$

$$C = \frac{0.4 - 1980K}{18} = 0.022 - 110K$$

$$C = 0.022 - 110K \dots\dots 3$$

بتعويض 3 في 1 نجد $0.4 = 18(0.022 - 110K) + 1332K$

$$K = -6.17 * 10^{-6}$$

ولإيجاد C نعوض بقيمة K في $C = 0.022 - 110(-6.17 * 10^{-6})$

$$C = 0.021$$

$$E_i = 0.021(T_i - T_0) - 6.17 * 10^{-6}(T_i^2 - T_0^2)$$

تعويض في قانون:

نعوض في القانون بقيم درجة الحرارة ونسجل قيمة الجهد الناتج:

$$E_i = 0.021(T_i - T_0) - 6.17 * 10^{-6}(T_i^2 - T_0^2)$$

جدول رقم (26.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع بتطبيق

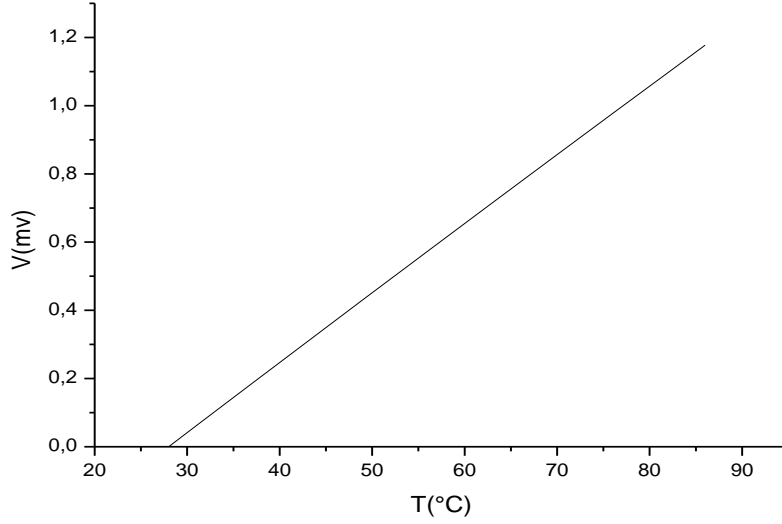
قانون

T(°C)	28	31	34	37	42	46
V(mv)	0	0,06190791	0,12370476	0,18539055	0,2879534	0,36978156

T(°C)	50	54	56	60	64	70
V(mv)	0,45141228	0,53284556	0,57348816	0,65462528	0,73556496	0,85660428

T(°C)	76	78	82	86
V(mv)	0,97719936	1,017299	1,0973502	1,17720396

1.1.3.14.3. رسم منحنى:

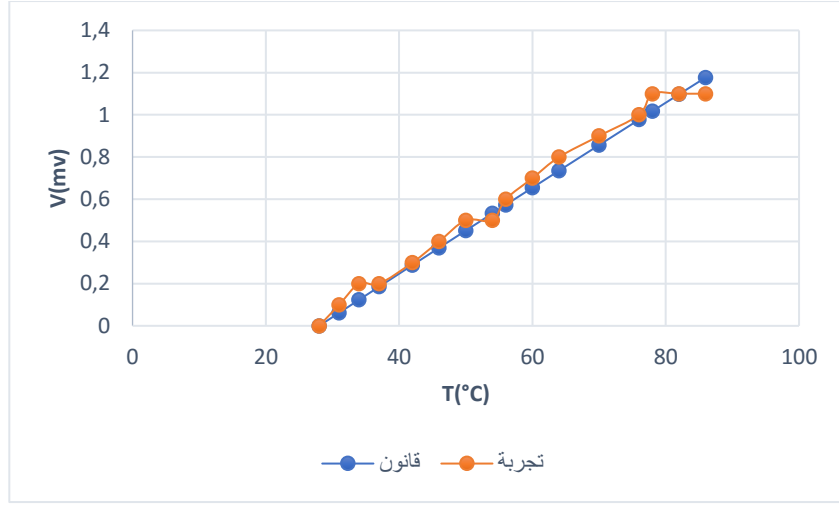


منحنى رقم (36.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع بتطبيق قانون سيبياك

2.1.3.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي

3.1.3.14.3. مقارنة بين منحنيين:



منحنى رقم (37.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لمزدوجين حراريين على تفرع (قيم التجريبية وقيم قانون سيباك)

4.1.3.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن قيمة التجريبية لتجربة قريبة من قيم نظرية لقانون سيباك، ويعود هذا الاختلاف للارتياح في جهاز قياس فولطمتر (DT-830B DIGITAL MULTIMETER) وسوء ربط بين بعض الأجهزة.

2.3.14.3. في حالة أربع مزدوجات على التفرع $T_0 = 27^\circ C$

$$\begin{cases} E_1 = C(T_1 - T_0) + K(T_1^2 - T_0^2) \\ E_2 = C(T_2 - T_0) + K(T_2^2 - T_0^2) \end{cases}$$

$$T_1 = 44^\circ C \quad E_1 = 0.6$$

$$T_2 = 68^\circ C \quad E_2 = 1$$

$$\begin{cases} 0.6 = C(44 - 27) + K(44^2 - 27^2) \\ 1 = C(68 - 27) + K(68^2 - 27^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.6 = 17C + 1207K \dots \dots 1 \\ 1 = 41C + 3895K \dots \dots 2 \end{cases}$$

ب طرح 1 من 2 نجد $1 - 0.6 = (41 - 17)C + (3895 - 1207)K$

$$0.4 = 24C + 2688K$$

$$K = \frac{0.4 - 24C}{2688} = 1.78 * 10^{-4} - 8.92 * 10^{-3}C$$

$$K = 1.48 * 10^{-4} - 8.92 * 10^{-3}C \dots \dots 3$$

بتعويض 3 في 1 نجد $0.4 = 41C + 3895(1.48 * 10^{-4} - 8.92 * 10^{-3}C)$

$$C = 0.067$$

ولإيجاد K نعوض بقيمة C في $K = 1.48 * 10^{-4} - (8.92 * 10^{-3} * 0.067)$

$$K = -4.49 * 10^{-4}$$

$$E_i = 0.067(T_i - T_0) - 4.49 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

تعويض في قانون:

نعوض في القانون بقيمة درجة الحرارة ونسجل قيمة الجهد الناتج:

$$E_i = 0.067(T_i - T_0) - 4.49 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

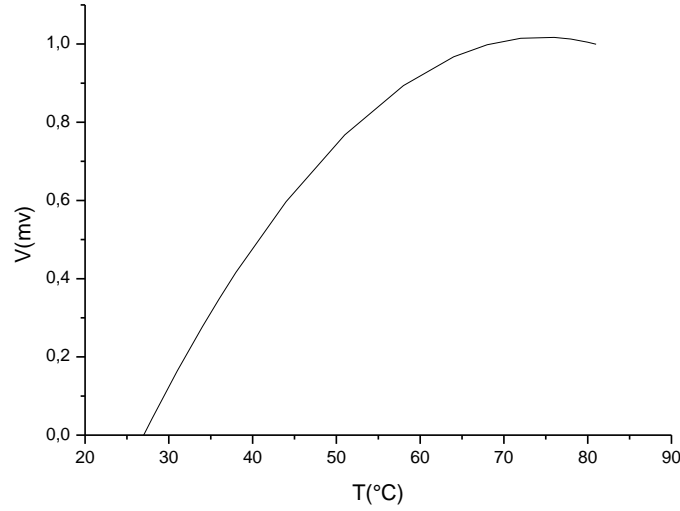
جدول رقم (27.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع

بتطبيق قانون سيبيك

T(°C)	27	28	31	34	36	38	44	51	58
V(mv)	0	0,042305	0,163832	0,277277	0,348417	0,415965	0,597057	0,767472	0,893885

T(°C)	58	64	68	72	76	78	81
V(mv)	0,893885	0,967217	0,998145	1,014705	1,016897	1,012605	0,999432

1.2.3.14.3. رسم منحنى:

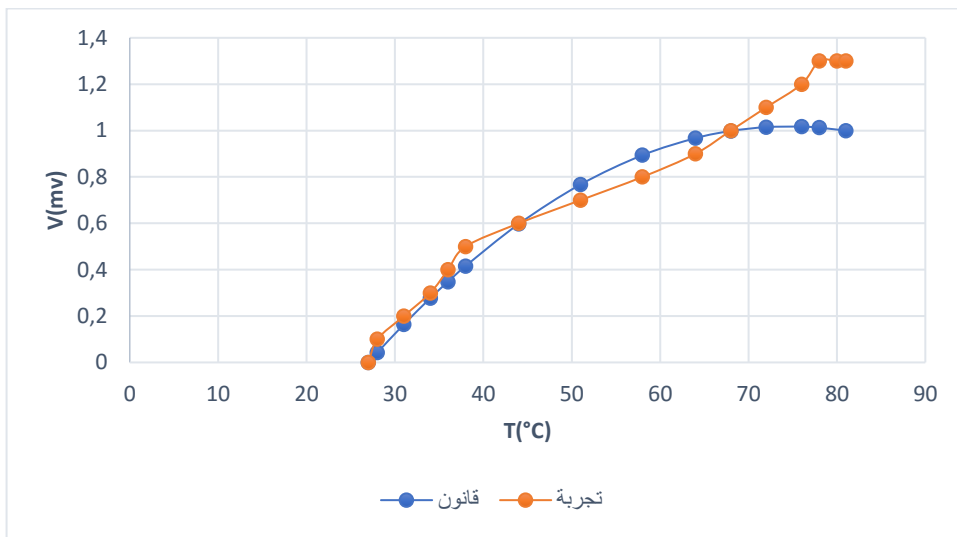


منحنى رقم (38.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لأربع مزدوجات حرارية على تفرع بتطبيق قانون سيبياك

2.2.3.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي

3.2.3.14.3. مقارنة بين المنحنيين:



منحنى رقم (39.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة للأربع مزدوجات حرارية على تفرع (قيم التجريبية وقيم قانون سيبياك)

4.2.3.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن قيمة التجريبية لتجربة قريبة من قيم نظرية لقانون سيبيك، ويعود هذا الاختلاف للارتياح في جهاز قياس فولطمتر (DT-830B DIGITAL MULTIMETER) وسوء ربط بين بعض الأجهزة.

3.3.14.3. في حالة ست مزدوجات على التفرع: $T_0 = 28^\circ C$

$$\begin{cases} E_1 = C(T_1 - T_0) + K(T_1^2 - T_0^2) \\ E_2 = C(T_2 - T_0) + K(T_2^2 - T_0^2) \end{cases}$$

$$T_1 = 38^\circ C \quad E_1 = 0.4$$

$$T_2 = 55^\circ C \quad E_2 = 0.9$$

$$\begin{cases} 0.4 = C(38 - 28) + K(38^2 - 28^2) \\ 0.9 = C(55 - 28) + K(55^2 - 28^2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.4 = 10C + 660K \dots \dots 1 \\ 0.9 = 27C + 2241K \dots \dots 2 \end{cases}$$

$$0.9 - 0.4 = (27 - 10)C + (2241 - 660)K \quad \text{بطرح 1 من 2 نجد}$$

$$0.5 = 17C + 1581K$$

$$C = \frac{0.5 - 17C}{1581} = 3.16 * 10^{-4} - 1.07 * 10^{-2}C$$

$$K = 3.16 * 10^{-4} - 1.07 * 10^{-2}C \dots \dots 3$$

$$0.4 = 10C + 660(3.16 * 10^{-4} - 1.07 * 10^{-2}C) \quad \text{بتعويض 3 في 1 نجد}$$

$$C = 0.06$$

$$K = 3.16 * 10^{-4} - (1.07 * 10^{-2} * 0.06) \quad \text{ولإيجاد } K \text{ نعوض بقيمة } C \text{ في}$$

$$K = -3.26 * 10^{-4}$$

$$E_i = 0.06(T_i - T_0) - 3.26 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

تعويض في قانون:

نعوض في القانون بقيم درجة الحرارة ونسجل قيمة الجهد الناتج:

$$E_i = 0.06(T_i - T_0) - 3.26 * 10^{-4}(T_i^2 - T_0^2)$$

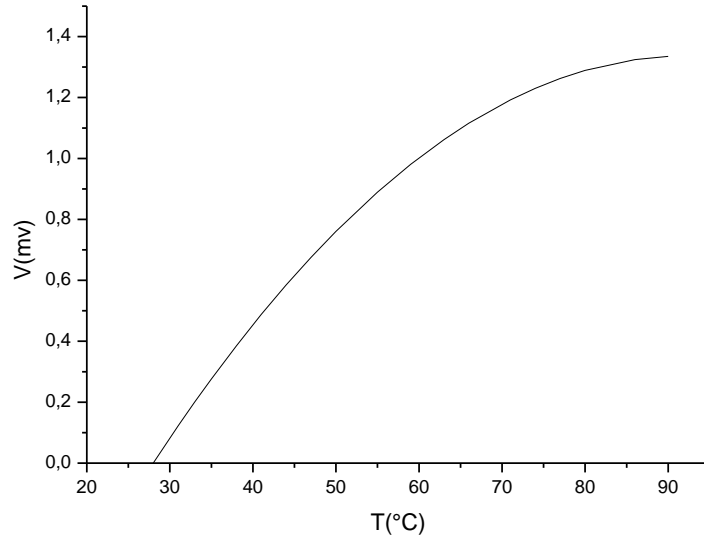
جدول رقم (28.3): يوضح تغيرات قيم الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع

بتطبيق قانون سيياك

T(°C)	28	31	33	35	38	41	44	47	50	55
V(mv)	0	0,122298	0,20057	0,276234	0,38484	0,487578	0,584448	0,67545	0,760584	0,889434

T(°C)	59	63	66	71	74	77	80	86	90
V(mv)	0,980778	1,06169	1,115528	1,192218	1,230408	1,26273	1,289184	1,324488	1,334984

رسم المنحنى: 1.3.3.14.3



منحنى رقم (40.3): يوضح منحنى تغير فرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على

تفرع بتطبيق قانون سيياك

2.3.3.13.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن فرق في الجهد يتزايد تدريجيا بزيادة درجة الحرارة بشكل خطي

3.3.3.14.3. مقارنة بين منحنين:



منحنى رقم (41.3): يوضح الفرق في الجهد بدلالة درجة الحرارة لست مزدوجات حرارية على تفرع (قيم التجريبية وقيم قانون سيبياك)

4.3.3.14.3. ملاحظة وتعليق على منحنى:

نلاحظ أن قيمة التجريبية لتجربة قريبة من قيم نظرية لقانون سيبياك، ويعود هذا الاختلاف للارتياح في جهاز قياس فولطمتر (DT-830B DIGITAL MULTIMETER) وسوء ربط بين بعض الأجهزة.

الخاتمة

الخاتمة:

في هذا العمل قمنا بدراسة تجريبية لتقنيات مستعملة لتحويل الحرارة إلى كهرباء، وخصصنا في عمل تجريبي لتقنية مزدوج الحرارة (نوع K) حيث قمنا بقياس (فرق في جهد تيار الكهربائي استطاعة) بين طرفي مزدوج الحرارة (وصلة مرجعية) وذلك بتعريض وصلة ملحمة إلى الدرجة الحرارة

وتم ذلك بدراسة في حالة مزدوج حراري و 6،4،2 مزدوجات حرارية (في حالة ربط على تسلسل وتفرع) ومقارنة بين نتائج متحصل عليها، حيث اظهر نتائج انه في حالة 6 مزدوجات (ربط على تسلسل) أعطت قيم كبيرة مقرنة مع اخرين، منه نستنتج انه من اجل حصول على قيم أكبر في تيار الكهربائي نستعمل عدد أكبر من مزدوجات الحرارة في حالة ربط على تسلسل

المراجع العربية

المراجع العربية

- [1] درويش وسام . (23 نوفمبر , 2020). سطور . تم الاسترداد من <https://sotor.com>
- [2]:دكتور رائد, خ . (2010). مكتبة الإلكترونية للكتب مجانية . Récupéré sur <https://bools-library.net>.
- [3]:أ.د.نعيمة عبد القادر . (2013م-1434هـ). الطاقة الشمسية المصدر الرئيسي للطاقة
النظيفة . مدينة نصر - القاهرة : دار الفكر العربي.
- [4]:المهندس محمدعبد الرضا الشمري . (2009م-1430هـ). مبادئ إنتقال الحرارة . عمان: دار
صفاء .
- [5]: AJ Perrie. (2017, Apr 12). *Quora*. Retrieved from [quora.com](https://www.quora.com).
- [6]:قاصدي فيروز فايزة . (مارس 2021). دور عقد البناء وتشغيل والتحويل في إنجاز مشاريع
بنية التحتية لطاقات المتجددة. مجلة جامعة اسيوط للبحوث العلمية ، 1-19
- [7]:سارة , ك , (2020, مارس 28). (موضوع ، علوم الأرض ، ثروات الطبيعية .
Récupéré sur <https://mawdoo3.com>.
- [8]:Al-frexem: (09 أكتوبر , 2020). كيف تعمل الطاقة الحرارية الأرضية . غوستن . تم
الاسترداد من [gostten.com](https://www.gostten.com).
- [9]: Brahim Ahttab: (21 أبريل , 2020). أساسيات الكهرباء ،مدونة الالكتروميكانيك . تم
الاسترداد من [ectrobrahim.com](https://www.ectrobrahim.com).
- [10]: أحمد دداش(2008). فيفري 25. (محطات "البخار الجاف" لتوليد الكهرباء باستخدام الطاقة
الحرارية الأرضية).
- [11]:م.يارا . (14مارس 2020). (الموسوعة العربية الشاملة)
- [12]:مركز الأرصاد الجوية بورقلة

- [13]: بتول , مقابلة (2022 أبريل 17)موضوع ، تعليم ،الكيمياء،أنواع التفاعلات الحرارية .
Récupéré sur <https://mawdoo3.com>.
- [14]: البروفيسور جاسم عجاقة. (08 03, 2017). المدن،مفاعل النووي لبناني لإنتاج الطاقة الكهربائية. تم الاسترداد من almodon.com.
- [15]: Schroeder;Daniel V:معرفة ،حرارة . (4 أوت, 2009). تم الاسترداد من www.marefa.org
- [32]: مدونة محمد فياض للفيزياء.قوة الدافعة الكهربائية
- [33]: مذكرة ماستر أكاديمي،بومعزة مارية(قياس المقاومة الكهربائية بدلالة درجة الحرارة لسبيكة Cu50Zr45AL5
- [34]: سلسلة الوحدات التدريبية المتكاملة لمجموعة مهن الالكترونيات اسم الوحدة استعمال أجهزة قياس الحرارة من إعداد م/أحمد فؤاد علوان الطبعة الاولى 1426هـ-2005م
- [36]: ياسين احمد الشبول د،صبحي الراوي. (بلا تاريخ). *Kahrada4U*،فيزياء الإلكترونية. تم الاسترداد من kahrada4u.com.
- [37]:سعد الدين الصديق-عثمان عادل, ع. أ , (2013). فبراير الخرطوم-السوان .(مكتبة النور .
Récupéré sur Noor-Book.com.

المراجع الأجنبية:

- [17]: Hansen, James E. ,"[GISS Surface Temperature Analysis \(GISTEMP\)](#)" ,*National Aeronautic and Space Administration* ,
Goddard Institute for Space Studies

- [18]: B.-L.Huang and M. Kaviany, Ab initio and molecular dynamics predictions for electron and phonon transport in bismuth telluride, Phys. Rev. B 77, 125209 (2008)
- [19]: Vining, C. B. Nature Mater. 8, 83–85(2009).]18[
- [20]: D.M. Rowe,Ph.D.Sc.Thermoelectrics handbook: macro to nano, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton London New York, (2006).
- [21]: : <https://news.mil.edu> , visited (01/04/2021, 21:07).
- [22]: <https://www.lehigh.edu>, visited (01/04/2021).
- [23]: <https://ar.kyaaml.org> , visited (30/05/2021, 21:16).
- [25]: J. M. Ziman Electrons and Phonons (Clarendon press, Oxford, UK,1960).
- [26]: R. Berman Thermal Conduction in Solids (Clarendon Press, Oxford, UK,1976).
- [27]: N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solids State Physics (Saunders, Philadelphia, 1976).
- [28]: R.L. SPROULL The Conduction of Heat in Solids Sci. Am. December 92– 102(1962).
- [29]: Y. S. TOULOUKIAN, R. W. POWELL, C. Y. Ho and P.G. KLEMENS, eds. Thermophysical Properties of Matter Vol.2, Thermal Conductivity, Nonmetallic Solids (Plenum, New York, 1970).
- [30]: C. KITTEL Introduction to Solid State Physics, 7th ed. (Wiley, New York,1996).
- [31]: M. A. WHITE Properties of Materials (Oxford University Press, New York, 1999).
- [35]:Georges Asch"Les capteurs en instrumentation industrielle."

ملخص:

يوجد تقنيات عديدة لتحويل الحرارة إلى كهرباء ومن أهمها المزدوج الحراري الذي له عدة انواع وخصصنا بالدراسة النوع (K)، ولكل مزدوج خصائص مميزة له وان اساس عمل المزدوج الحراري هو أثر سيبياك، وللحصول على فرق في الجهد وشدة تيار بقيم عظمي يفضل الربط على التسلسل باستخدام عدد أكبر من المزدوجات الحرارية

الكلمات المفتاحية: مزدوج حراري، اثر سيبياك، فرق في جهد، شدة الاستطاعة

Abstract:

There are many techniques for converting heat into electricity, the most important of which is the thermocouple, which has several types, and we allocated the type(k) in the study. Using a larger number of thermocouples.

Keywords: thermocouples, Seebak effect, difference in potential, power

Rèsumè :

Il existe de nombreuses techniques de conversion de la chaleur en électricité, dont la plus importante est le thermocouple, qui a plusieurs types, et nous avons attribué le type (k) dans l'étude. Utilisation d'un plus grand nombre de thermocouples.

Mots-clés : thermocouples, effet seebak, différence de potentiel, intensité de puissance

