الجمهورية اليمنية
وزارة التعليم الفني والتدريب المهني
قطاع المناهج والتعليم المستمر
الإدارة العامة للمناهج والوسائل التعليمية

سلسلة الوحدات التدريبية المتكاملة

لمجموعة مهن الإلكترونيات

اسم الوحدة: استعمال أجهزة قياس الحرارة

الرقم الرمزي: 3043 ـ 822

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التعليم الفني والتدريب المهني
الطبعة الأولى: 1426 هـ - 2005 م

الجمهورية اليمنية
وزارة التعليم الفني والتدريب المهني
قطاع المناهج والتعليم المستمر
الإدارة العامة للمناهج والوسائل التعليمية

سلسلة الوحدات التدريبية المتكاملة

لمجموعة مهن الإلكترونيات

اسم الوحدة: استعمال أجهزة قياس الحرارة

إعداد

م/ أحمد فؤاد علوان

مراجعة:

م/ صالح احمد العزير	منهجياً
م/ محمد السلامي	فنياً
م/ عبده حسن مصلح	فنياً
أ/ محمد احمد الدقري	لغوياً

الرقم الرمزي: 3043 ـ 822

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التعليم الفني والتدريب المهني

الطبعة الأولى: 1426 هـ - 2005 م

المحتويات

الموضـــوع	رقم الصفحة
المقدمة	5
أهداف الوحدة التدريبية	6
الجزء الأول: المعلومات الفنية النظرية	8
1- الحرارة	9
1.1- مفهوم الحرارة	9
2.1- مفهوم درجة الحرارة	9
3.1- وحدات قياس درجات الحرارة	10
2 - الثرموميتر	14
1.2- مفهوم الثرموميتر	14
2.2- أنواع الثرموميتر	14
3 - الزئبق	23
1.3- مفهوم الزئبق وخواصه	23
2.3- الثرمومتر الزجاجي الزئبقي	23
4- المزدوج الحراري	25
1.4- أنواع المزدوج الحراري	25
2.4- مبدأ عمل المزدوج الحراري	28
3.4- طرق توصيل المزدوج الحراري	30
4.4- آلية عمل جهاز قياس الحرارة ذو المزدوج الحراري	31
5- الثرموستور	32
1.5- أنواع الثرموستور	32
2.5- مبدأ عمل الثرموستور	33
3.5 - مميزات الثرموستور	33
4.5 - آلية عمل جهاز قياس الحرارة ذو الثرموستور	34
6- أجهزة قياس درجة الحرارة الإلكترونية	35
1.6- أنواع أجهزة قياس درجة الحرارة الإلكترونية	35
2.6- مكونات جهاز قياس الحرارة الإلكتروني	36
3.6 - جهاز قياس الحرارة الإلكتروني ذو المعامل الحراري الموجب	36
4.6 - آلية عمل جهاز قياس الحرارة الإلكتروني	36

الـمـوضـــوع	رقم الصفحة
7- قواعد الأمن والسلامة المهنية	37
الجزء الثاني: تمارين التدريب العملي	38
1- استخدام الثرموستات للتحكم في قياس درجة حرارة سخان ماء	39
2- قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموميترات الزجاجية	40
3- قياس درجة الحرارة باستخدام ثرموميتر مقاومي	41
4- قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري	43
5- قياس درجة الحرارة بواسطة الثرموستور	44
6- خدمة جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني	46
الجزء الثالث: تمارين الممارسة العملية	47
1- استخدام الثرموستات للتحكم في قياس درجة حرارة سخان ماء	48
2- قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموميترات الزجاجية	49
3- قياس درجة الحرارة باستخدام ثرموميتر مقاومي	50
4- قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري	52
5- قياس درجة الحرارة بواسطة الثرموستور	53
6- خدمة جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني.	55
الجزء الرابع: تقويم الوحدة التدريبية	56
- الاختبار النظري.	57
- الاختبار العملي.	59
مسرد المصطلحات الفنية.	66
قائمة المراجع والمصادر.	68

بسم الله الرحمن الرحيم

مُقَدِّمَة:

إن الربط بين التعليم والعمل والتربية والحياة غدا نهجاً واضحاً تتبعه وتعمل على تحقيقه وزارة التعليم الفني والتدريب المهني في تحديث مناهج وبرامج التعليم والتدريب وتطويرها بهدف الاستثمار الأمثل للعنصر البشري وذلك من خلال إعداده وتأهيله علميا ومهنيا وفق نمط الوحدات التدريبية المتكاملة الذي تتضافر فيه وتتكامل كافة الأبعاد النظرية والأدائية والاتجاهية في التعليم والتدريب، لما يتميز به هذا النمط من المرونة والتكامل في مكوناته وقدرته على استيعاب ما يستجد مستقبلاً من مفاهيم وتقنيات بصورة تُمكّن المتدرب من السيطرة على هذه المفاهيم والتقنيات والتحكم فيها والاستخدام الأمثل لتطبيقاتها وتمثل اتجاهاتها الإيجابية.

لذلك كله قام قطاع المناهج والتعليم المستمر بوزارة التعليم الفني والتدريب المهني بإعداد وإنتاج وحدات تدريبية متكاملة لكافة التخصصات المهنية في مختلف المجالات.

وقد أعدت هذه الوحدة ضمن سلسلة الوحدات التدريبية المتكاملة لمجموعة مهن الإلكترونيات حسب المعايير المنهجية والعلمية والشروط الفنية المتبعة في إعداد كافة مكونات الوحدة التدريبية (الأهداف – المادة التعليمية – فعاليات التدريب – التقويم) بصورة تيسر للمتدرب الاستيعاب الأمثل لمحتوياتها النظرية وتنفيذ مهاراتها الأدائية وتمثل اتجاهاتها الإيجابية.

نأمل من أبنائنا المتدربين أن يستفيدوا الاستفادة القصوى علمياً ومهنياً من هذه الوحدة في دراستهم وفي حياتهم العملية.

والله الموفق،،،

أهـــــداف الـوحـدة الـتـدريـبيـة:

بعد ممارسة أنشطة وفعاليات هذه الوحدة يتوقع من المتدرب أن يكون قادراً على أن:

الأهداف الخاصة	الأهداف السلوكية
1- يستعمل جهاز الثرموميتر	1-1 يعرف مفهوم الحرارة ودرجة الحرارة
	2-1 يعرف وحدات قياس درجات الحرارة
	3-1 يعرف مفهوم الثرموميتر
	4-1 يعرف أنواع الثرموميتر
	5-1 يراعي قواعد الأمن والسلامة المهنية
	6-1 يقيس الحرارة بجهاز الثرموميتر الثنائي المعدن
	7-1 يسجل قراءة جهاز الثرموميتر الثنائي المعدن المقاسة
2- يستعمل جهاز قياس الحرارة الزئبقي	1-2 يعرف مفهوم الزئبق وخواصه
	2-2 يعرف آلية عمل جهاز قياس الحرارة الزئبقي
	3-2 يراعي قواعد الأمن والسلامة المهنية
	4-2 يقيس درجة الحرارة بجهاز قيا س الحرارة الزئبقي
	5-2 يسجل القراءة بجهاز قياس الحرارة الزئبقي
3- يستعمل جهاز قياس الحرارة ذو المزدوج الحراري	1.3 أنواع المزدوج الحراري
	2-3 يعرف مبدأ عمل المزدوج الحراري
	3-3 يعرف طرق توصيل المزدوج الحراري
	4-3 يعرف آلية عمل جهاز قياس الحرارة ذو المزدوج الحراري
	5-3 يراعي قواعد الأمن والسلامة المهنية
	6-3 يقيس الحرارة عن طريق المزدوج الحراري
	7-3 يسجل القراءة عن طريق المزدوج الحراري

الأهداف الخاصة	الأهداف السلوكية
4- يستعمل جهاز قياس الحرارة ذو الثرموستور	4-1 يعرف أنواع الثرموستور
	4-2 يعرف مبدأ عمل الثرموستور
	4-3 يعرف آلية عمل جهاز قياس الحرارة ذو الثرموستور
	4-4 يراعي قواعد الأمن والسلامة المهنية
	4-5 يقيس درجة الحرارة بجهاز قياس الحرارة ذو الثرموستور
	4-6 يسجل نتائج قياس درجة الحرارة بجهاز قياس الحرارة ذو الثرموستور
5- يخدم جهاز قياس الحرارة الإلكتروني	5-1 يعرف أنواع أجهزة قياس الحرارة الإلكترونية
	5-2 يعرف مكونات جهاز قياس الحرارة الإلكتروني
	5-3 يعرف جهاز قياس الحرارة الإلكتروني
	5-4 يعرف آلية عمل جهاز قياس الحرارة الإلكتروني
	5-5 يراعي قواعد الأمن والسلامة المهنية
	5-6 خدمة جهاز قياس الحرارة الإلكتروني
	5-7 يسجل قراءة جهاز قياس الحرارة

الجزء الأول

المعلـومـــات الفنيـــة النظـــريـة

1- الحرارة : Heat

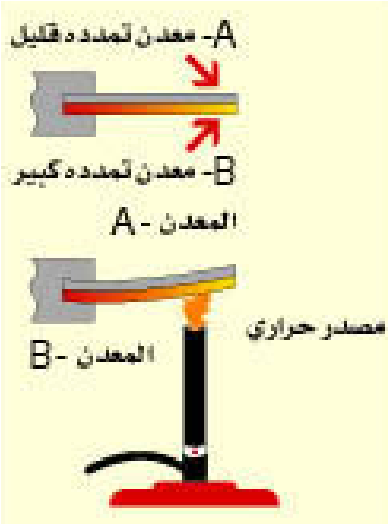
1.1- مفهوم الحرارة :

Concept of The Heat

إن الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة ولها عدة تأثيرات يمكن إيجازها كما يلي :

- تأثيرات فسيولوجية مثل الإحساس بالدفْ. عند إشعال شمعة مثلاً شكل (1) .
- تأثيرات كيمائية مثل التفاعلات الكيميائية الناتجة عن التسخين كاتحاد المعادن بالأوكسجين لينتج أكسيد المعدن , وكذلك اتحاد الكبريت مع الحديد لينتج كبريتيد الحديد .
- تأثيرات فيزيائية مثل التمدد , وتغير الحالة من الصلابة إلى السيولة ومن السيولة إلى الغازية , وزيادة المقاومة الكهربائية للموصلات , وتوليد قوة دافعة كهربائية عند تسخين إحدى نقطتي اتصال معدنين مختلفين شكل (2) .

شكل (1)
الإحساس بالدف



شكل (2)
تمدد المعادن بالحرارة

2.1- مفهوم درجة الحرارة :

Concept of the Temperature

هي ما تدل على حالة الجسم من حيث البرودة أو السخونة , فإذا تلاصق جسمان تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد, وكلما كان الفرق بين حرارة الجسمين كبيراً , كان الانتقال سريعاً حتى تتعادل حرارة الجسمين,ونيوتن أول من أشار إلى ضرورة وجود علامتين ثابتتين على الثرموميتر تسميان بالنقطتين الثابتتين . وفي معظم الحالات تستخدم درجة انصهار الجليد النقطة المرجعية الأولى ودرجة غليان الماء تحت ضغط جوي 76 سم زئبق النقطة المرجعية الثانية.

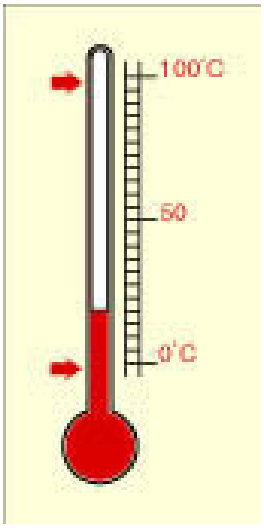
3.1 - وحدات قياس درجات الحرارة

Temperature Units

توجد أنواع مختلفة لتدريج وحدات القياس منها:-

- **التدريج المئوي : Centigrade Scale**

وفيه تكون نقطة تجمد الماء أو درجة انصهاره هي درجة الصفر على هذا التدريج , في حين يشار إلى درجة غليان الماء تحت ضغط جوي واحد إلى تدريج (100) , وتقسم المسافة بينهما إلى (100) تدريج , ويطلق على كل قسم منها درجة مئوية (ºC) . شكل (3) .

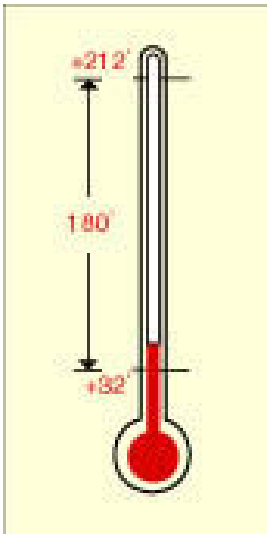


شكل (3)
تدريج الثرموميتر المئوي

- **التدريج الفهرنهايتي :**

Fahrenheit Scale

تكون درجة تجمد الماء في هذا التدريج (32) درجة , ودرجة غليان الماء (212) درجة , وتقسم المسافة بينهما إلى (180) قسما , وكل قسم يسمى درجة فهرنهايتية (F) . شكل (4) .

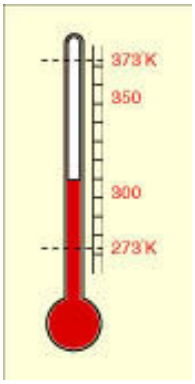


شكل (4)
تدريج الثرموميتر الفهرنهايتي

- **التدريج المطلق أو تدريج كلفن :**

Absolute Or Kelvin Scale

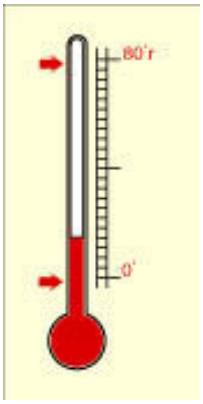
وفـيه تكـون درجــة تجمـد المــاء (273,2) درجـة , ودرجة غليان المـاء (373,2) درجـة وتقسم المسافة بينهما إلى (100) قسم , يسمى كـل قـسم مـنها درجـــة مطلقـة (1كلفـن) . شكل (5) .



شكل (5)
تدريج ثرموميتر كلفن

- **التدريج الريومري: Reomer Scale**

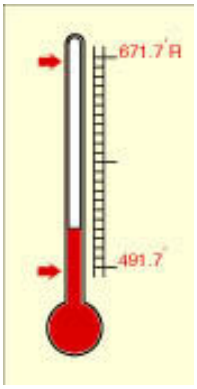
مـثل الـتدريج المـئوي ففـيه اعتبـرت نقطـة انصهار الجليد (0) . ولكن نقطة غليان المـاء أخـذت 80 تقابـل 100 علـى الـتدريج المـئوي شكل (6) .



شكل (6)
تدريج ثرموميتر ريومر

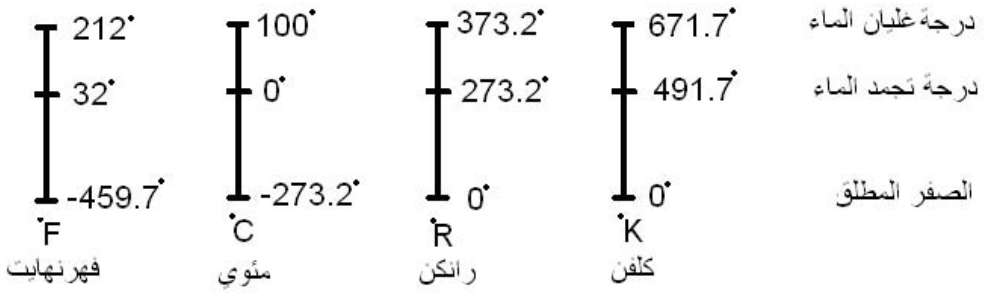
- **تدريج رانكن Rankine Scale**

تكـــون درجـــة تجمـــد المـــاء فـــي هـــذا الـتدريج (491.7) درجـة , ودرجـة غلـيان المـاء (671.7) درجـة , وتقسم المسافة بينهما إلى (180) قسماً. شكل (7) .



شكل (7)
تدريج ثرموميتر رانكن

ويوضح شكل (8) العلاقة بين تدريجات درجات الحرارة المختلفة .



شكل (8)

العلاقة بين تدريجات درجات الحرارة

ويعد المقياس المئوي والفهرنهايتي الأكثر استخداماً , ويتم التحويل بين هذه المقاييس كما يلي :-

ـ تحويل وحدة القياس الفهرنهاينية (º F) إلى وحدة القياس (ºC) المئوية:-

$$ºC = 100/180\ (ºF - 32º)$$

أو.

$$ºC = 5/9\ (ºF - 32º)$$

ـ تحويل وحدة القياس المئوية (ºC) إلى وحدة القياس الفهرنهايتية (ºF):-

$$ºF = (180 / 100\ ºC) + 32º$$

أو

$$ºF = (9 / 5\ ºC) + 32º$$

مثال :-

حول (77 ºF) إلى ما يقابلها من درجة مئوية (ºC):-

$$ºC = 5 / 9\ (77º - 32º)$$

$$ºC = 5 / 9 \times 45º$$

$$ºC = 25º$$

مثال :-

حول (10 ºC) إلى ما يقابلها من درجة فهرنهايتية (ºF):-

$$ºF = (9 / 5 ºC) + 32º$$
$$ºF = (9 / 5 \times 10º) + 32º$$
$$ºF = 18º + 32º$$
$$ºF = 50º$$

- تحويل الدرجة المئوية (ºC) إلى كلفن (ºK):-

$$ºC = ºK – 273º$$

مثال :-

حول (100 ºC) إلى كلفن (ºK)

$$100\ ºC = ºK – 273º$$
$$100\ ºC + 273º = ºK$$
$$373º = ºK$$

- تحويل الفهرنهايت (ºF) إلى رانكن (ºR) :-

$$ºF = ºR – 459.7º$$

مثال :-

حول (212 ºF) إلى رانكن (ºR) :-

$$212\ ºF = ºR – 459.7º$$
$$212\ ºF + 459.7 = ºR$$
$$671.7 = ºR$$

2 - الثرموميتر : Thermometer

1-2 مفهوم الثرموميتر

Concept of the Thermometer

هو الجهاز الذي يستخدم لقياس درجة الحرارة.

2-2 أنواع الثرموميترات :-

يمكن تقسيمها إلى :

1-2-2 ثرموميترات التـــــــــــــــمدد :

Expansion Thermometers

تعـتمد فـي عملهـا علـى تغيـر درجـة الحـرارة ومنها:-

- الثرموميتـــــرات الـــــزجاجية المملـــــوءة بسائل : شكل (9) .

يعـتمد مـبدأ عمـل الثيرموميتـرات الـزجاجية Glass Thermometers المملوءة بسائل علـى أسـاس اخـتلاف معامـل الـتمدد الحجمـي للسائل ومـادة غـلاف البـصيلة . ويعتبـر الـزئبق من أفضل السوائل المستخدمة في هذا النوع , وتستخدم سوائل غير الزئبق في الثيرموميترات مثل الكحـول أو الجلـسرين وتكـون عـادة ملـونة ويسهل مشاهدتها في الأنابيب الشعرية , ويكون مـــدى الثيرموميتـــر الـــذي يـــستخدم الكحـــول (100- إلى 60) درجة مئوية.

ومـن مزايـا هذه الثرموميترات :-

- سهولة تصميمها .
- رخص ثمنها .
- دقتها العالية نسبياً .

ومن عيوبها :-

- عدم إمكانية تسجيل القراءات أو نقلها عن بعد
- كبر قصورها الحراري .

ويوضـــح الجـــــدول (1) بعـــض الـــسوائل المستخدمة ومدى قياس درجات الحرارة لكل منها .

شكل (9)

الثيرموميترات الزجاجية

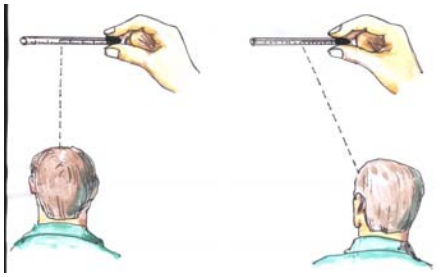
جدول (1)

مدى قياس درجات الحرارة للسوائل الشائعة الاستعمال

اسم السائل	درجة الحرارة (مئوية)
زئبق	87 , 38- إلى 58 , 365
كحول اثيلي	100- إلى 60
البرافين	150- إلى 20
الجاليوم	15- إلى 1000

أما مصادر خطأ القياس الخاصة بالثرموميترات الزجاجية فهي الأخطاء الناتجة عن :-

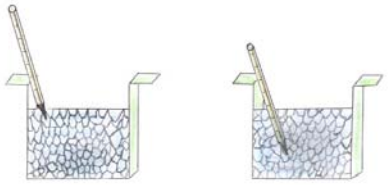
- اختلاف مستوى النظر , ولتفادي هذا الخطأ يفترض أن تكون عين القارئ بنفس مستوى عمود السائل ومتعامدة مع هذا العمود. شكل (10).



أ- وضع القراءة الخاطئة ب- وضع القراءة الصحيحة

شكل (10)

- اختلاف عمق غمر عمود السائل , فإذا لم يكن ممكناً غمر السائل كاملاً في وسط القياس فأن درجة حرارة مستودع السائل ستختلف قليلاً عن درجة حرارة الأنبوب الشعري , مما يسبب خطأ في القياس . شكل (11).

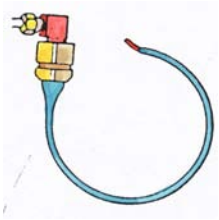


أ- الوضع الصحيح ب- الوضع الخاطئ

شكل (11)

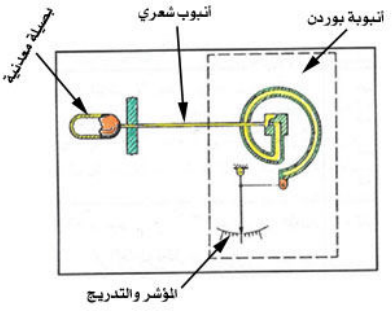
أما الأعطال الممكنة لهذا الجهاز فهي :-

- تشوه شكل المستودع بسبب استعماله لقياس درجة حرارة عالية جدا .
- الكسر بسبب عدم التثبيت وسوء الاستعمال.



شكل (12)

أنبوبة بوردن



شكل (13)

مخطط الثرموميتر ذو النظام المعبأ

2-2-2 الثيرموميترات ذات النظام المعبأ :

Filled System Thermometers

مبدأ عمل هذه الثيرموميترات يعتمد على أساس تمدد الموائع (سوائل , غاز) عند ارتفاع درجة الحرارة , فيؤدي إلى انفراج أنبوبة بوردن Tube Bourdon بشكل يتناسب طردياً مع درجة الحرارة . شكل (12) ، شكل (13) .

تستخدم هذه الثيرموميترات في كثير من العمليات الصناعية المختلفة والصناعات الثقيلة ومحطات القوى ومحطات تحلية المياه وشركات صناعة البترول والصناعات الكيميائية .

ومن مزايا هذه الثيرموميترات :-

- قوية غير هشة.
- لا تحتاج إلى مصدر طاقة كهربائية لتشغيلها.
- من الممكن نقل قراءتها إلى مسافة مقبولة.
- إمكانية اقترانها بأجهزة التحكم والتسجيل.

ومن عيوبها :-

- اعتماد دقتها على حجم البصيلة , إذ كلما احتجنا إلى دقة أعلى زاد حجم البصيلة.

ويبين الجدول (2) الأعطال الشائعة في الثرموميترات ذات النظام المعبأ وكيفية إصلاحها.

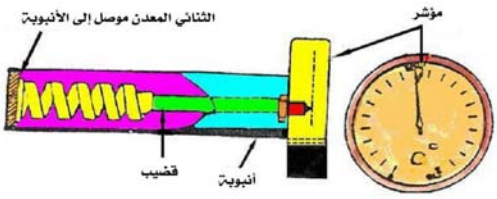
جدول (2)

الأعطال الشائعة في الثرمومترات ذات النظام المعبأ

م	العطل	معالجة العطل
1	المؤشر لا يعطي قراءة صحيحة	- ضبط برغي المعايرة قبل إجراء عملية القياس - فحص المجموعة الميكانيكية للمؤشر - التحقق من غمر البوصيلة جيدا - فحص حركة المؤشر
2	وجود كسور أو تشققات في المعدن أو العازل الخارجي للبصيلة	- تغيير البصيلة
3	كسر في زجاجة المقياس	- تغيير زجاجة المقياس
4	الجهاز لا يعطي القراء ة	- افحص المؤشر - تحقق من الكدمات و الانحناءات في الأنبوب الشعري

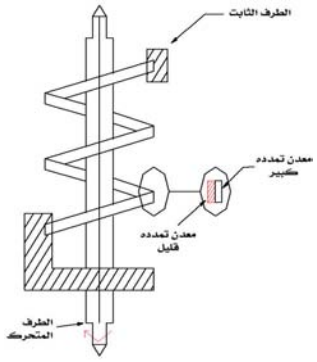
3-2-2 الثرموميترات ثنائية المعدن
Bimetallic Thermometers

إذا تعرضت المعادن للحرارة فإنها تتمدد طولياً وحجمياً ويهمنا هنا التمدد الطولي , حيث يستفاد من اختلاف معامل التمدد الطولي للمعادن في صنع ثرموميتر ذي شريط ثنائي المعدن , مكون من معدنيين لكل منهما معامل تمدد طولي يختلف عن الآخر بدرجة كبيرة , ثم يثبت أحد طرفي الشريط , ويترك الطرف الثاني حر الحركة , فإن زيادة درجة الحرارة تسبب حركة الطرف الحر. شكل (14).
وتوجد أنواع أساسية من الثرموميترات ثنائية المعدن وهي :-



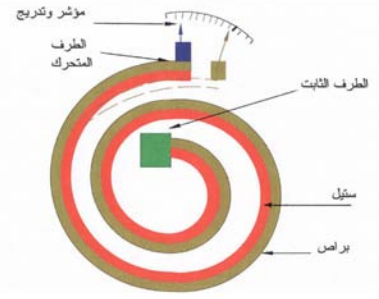
شكل (14)
رسم توضيحي لأجزاء الثرموميتر ثنائي المعدن الحلزوني

أ- الثرموميترات ثنائية المعدن اللولبية شكل (15).
Bimetallic Spiral Thermometers



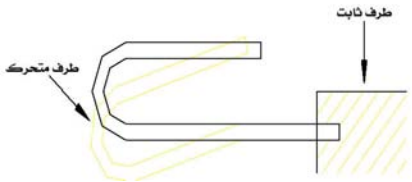
شكل (15)
ثنائي المعدن لولبي

ب- الثرموميترات ثنائية المعدن الحلزونية شكل (16).
Bimetallic Helical Thermometers



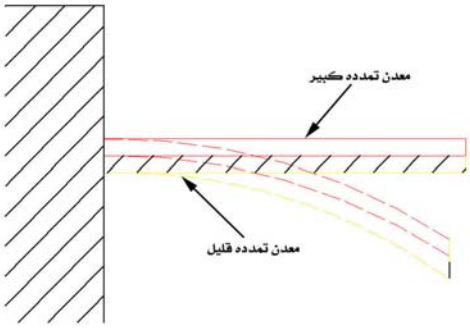
شكل (16)
تنائي المعدن حلزوني

ج- الثرموميترات ثنائية المعدن التي على شكل U شكل (17).
Bimetallic Shape U .



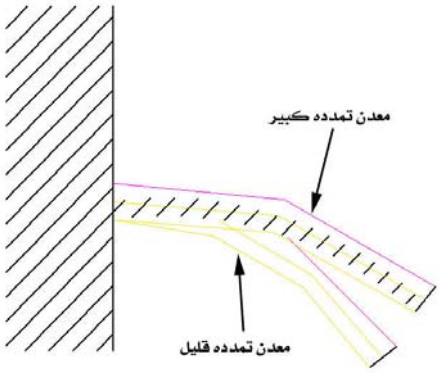
شكل (17)
ثنائي المعدن على شكل حرف U

د - الثيرموميترات المسطحة شكل (18).
Flat Thermometers



شكل (18)
ثنائي المعدن مسطح

هـ - الثيرموميترات المنحنية شكل (19).
Curve Thermometers



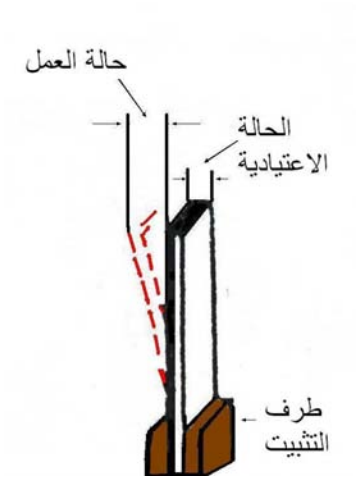
شكل (19)
ثنائي المعدن منحني

أفضل المواد المستخدمة التي تصنع منها الثيرموميترات ثنائية المعدن هي سبيكة مكونة من الحديد والنيكل تصنع منه إحدى الشريحتين , أما الثانية فتصنع من النحاس الأصفر , والسبب في ذلك إن السبيكة ذات معامل تمدد حراري طولي صغيرة في حين إن معامل التمدد الحراري للنحاس هو ($1,7 \times 10^{-5}$) درجة مئوية .
ويوضح الجدول (3) معاملات التمدد الحراري الطولي لبعض المواد.

جدول (3)
معاملات التمدد الطولية لبعض المواد

م	المادة	معامل التمدد الطولي ºC
1	النحاس	1.710^{-5} x
2	الحديد	1.210^{-5} x
3	الذهب	1.410^{-5} x
4	الرصاص	2.910^{-5} x
5	الألمنيوم	2.410^{-5} x
6	الزجاج	8.910^{-5} x

تستعمل هذه الثيرموميترات لقياس درجات الحرارة الموضعية , كما تستخدم للتحكم في فتح وغلق الدارات الكهربائية شكل (20) بسبب ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة , وتدخل ضمن تركيب المرحلات الحرارية والثيرموستات التي لها استخدامات مختلفة منها سخان الماء ومدفأة الزيت الكهربائية والثلاجة المنزلية .



شكل (20)

التحكم في فتح وغلق الدارات الكهربائية

وبالنسبة لمدى القياس فإنها تقيس درجات الحرارة في المدى (0 – 400) درجة مئوية.
ومن مميزات الثيرموميتر الثنائي المعدني هي :-

- خفة وزنه .
- قلة تكاليفه .
- سهولة الضبط والصيانة.
- لا يحتاج إلى سوائل أو غازات لوضعها بداخله.

أما عيوبه فهي :-

- يتلف بالصدمات والاهتزازات .
- تكون قراءته صعبة إذا اهتز مؤشر الجهاز بشدة.
- صعوبة نقل القراءة إلى مسافة بعيدة من موقع الوسط الذي تقاس درجة حرارته.
- دقته المنخفضة.

وأهم الأعطال التي يمكن أن تحدث للثيرموميتر الثنائي المعدن فهي موضحة في الجدول (4).

جدول (4)

الأعطال التي تظهر في الثرموميتر ثنائي المعدن

م	العطل	تحديد العطل
1	اهتزاز مؤشر الجهاز بشده	- افحص الزنبرك الشعري المسئول عن التحكم في المؤشر - افحص المجموعة الميكانيكية للجهاز
2	يعطي قراءة غير منتظمة	- اعد معايرة الثرموميتر - افحص مجموعة المؤشر - تفقد الانحناءات و الكدمات في المجس و الحافظة

4-2-2 الثيرموميترات المقاومية :

Resistance Thermometers

يمكن تقسيم الثيرموميترات المقاومية الكهربائية إلى نوعين تبعاً لخصائص المعادن المستخدمة فيها وهما:-

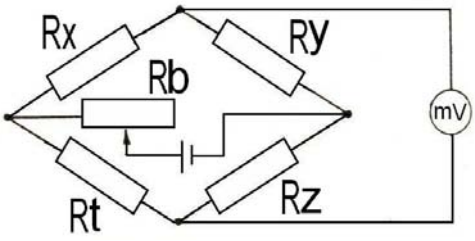
- النوع الذي يصنع من المعادن النقية مثل: النحاس , والنيكل , والفضة , والبلاتين.
- النوع الذي يصنع من أشباه الموصلات Semiconductors مثل: الجرمانيوم ويسمى ثرمستور- المقاومة الحساسة بالحرارة Thermally Sensitive ResistorThermistor شكل(21).

شكل (21)

الشكل العام للثرموميتر المقاوومي ذو البصيلة

يعتمد مبدأ عمل ثيرموميترات المقاومة الكهربائية على تغير المقاومة الكهربائية للمعادن ولأشباه الموصلات بتغير درجة الحرارة , وكذلك يتوقف معدل تغير المقاومة الكهربائية بتغير درجة الحرارة على خصائص المعدن نفسه , لهذا تستخدم المقاومة ككاشف أو مجس لدرجة الحرارة Resistance -Temperature Detector (RTD)

وعادة يوصل المجس (RTD) في ذراع قنطرة كهربائية متزنة , وعندما تتغير درجة حرارة الوسط الذي يوجد فيه المجس تنعدم حالة التوازن في القنطرة ويظهر فرق معين في الجهد على خرج القنطرة . ومن أجهزة قياس الثرموميتر المقاومي ، القنطرة الكهربائية المتزنة – قنطرة ويتستون - (Wheatstone Bridge). شكل (22) .



شكل (22)

قنطرة وتستون

تستخدم هذه الثيرموميترات لقياس درجة الحرارة في المدى (260- وحتى 750) درجة مئوية , وتصنف الثيرموميترات المقاومية طبقاً لنوع المادة المستخدمة في صنع المادة الحساسة إلى :-

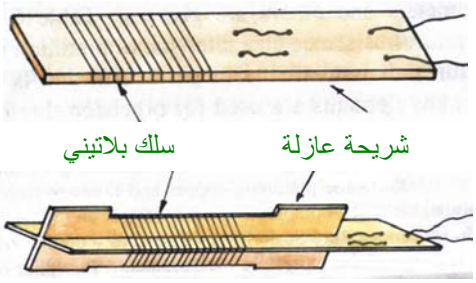
أ- ثرموميتر المقاومة البلاتينية :

Platinum Resistance Thermometer

يستخدم هذا النوع في القياسات الصناعية , ومدى قياسه من (190– إلى 500) درجة مئوية. شكل (23) ، ومن مميزاته :-

- الدقة العالية .
- مقاومته النوعية عالية نسبياً تساوي (0,1) أوم . متر .
- مقاوم للتآكل .

أما عيبه الوحيد فهو إمكانية تلوثه إذا وضع في جو مختزل ومعرض للبخارات المعدنية.



شكل (23)
مقاومة بلاتينية

ب- ثرموميتر المقاومة النيكلية :

Nickel Resistance Thermometer

يستخدم هذا النوع في القياسات الصناعية. شكل (24), ومن مميزاته :-

- رخص ثمنه .
- يصلح للاستخدام في المدى (75 – إلى 150) درجة مئوية .

وهو أقل استقرارًا من الثيرموميتر البلاتيني.

شكل (24)
مقاومة نيكلية

ج- ثرموميتر المقاومة النحاسية :

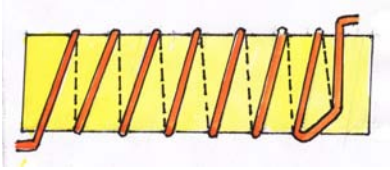
Cupper ResistanceThermometer

يعد النحاس مادة ممتازة للاستخدام , ويستخدم في القياسات الصناعية , ومدى قياس هذا النوع من (190 – إلى 120) درجة مئوية , شكل (25). ومن مميزاته :-

- سعره مناسب
- سهولة الحصول عليه بصورة نقية.
- الارتفاع النسبي للمعامل الحراري لمقاومة النحاس.

ومن عيوبه :-

- ميل النحاس للتأكسد في درجات الحرارة العالية.
- صغر مقاومته النوعية مقارنة مع البلاتين والنيكل.



شكل (25)
مقاومة نحاسية

د- ثرموميتر المقاومة غير المعدني: Thermistor

يعد حالة خاصة من الثيرمومترات المقاومية ويصنع من مواد شبه موصلة , وهو عبارة عن خليط من أكاسيد معدنية مثل أوكسيد النيكل أو أوكسيد الكوبالت أو أوكسيد النحاس أو أوكسيد المغنيسيوم أو أوكسيد التتانيوم وغيرها , وتكون مغطاة بطبقة رقيقة من الزجاج لتقليل تغيير مكوناتها في درجات الحرارة العالية .

5-2-2 ثرموميترات الإشعاع الحراري : Thermal Radiation Thermometers

يقوم مبدأ عمل الثيرموميترات الإشعاعية على الاستفادة من ظاهرة الإشعاع الحراري للأجسام حيث تصدر الأجسام طاقة إشعاعية ذات أطوال موجية مختلفة عندما ترتفع درجة حرارتها , وتسمى هذه الظاهرة بالإشعاع الحراري .

6-2-2 ثرموميتر الأشعة تحت الحمراء : Infrared Thermometer

للأشعة تحت الحمراء أطوال موجية أطول من الأشعة المرئية , وهذه الأشعة ليست مرئية للعين البشرية , ولكن جزءًا منها نشعر به ؛ كحرارة وجميع الأجسام التي لها درجة حرارة تبث أشعة تحت الحمراء ذات أطوال موجية مختلفة تبعاً لدرجة الحرارة.ويقوم ثرموميتر الأشعة تحت الحمراء بتجميع طاقة الانبعاث التي تنبعث من الأجسام باستخدام عدسة أو مرآة كروية , وتحويلها إلى كميات كهربائية عن طريق مزدوجة حرارية أو مقاوم حراري أو خليـــة كهروضوئية أو أي جهاز آخر من أشباه الموصلات لقياس درجات الحرارة ..

وتتم القياسات دون تلامس . ويمكن قياس درجات حرارة الأجسام المتحركة أو ذات درجة الحرارة العالية عن بُعد شكل (26) .

شكل (26)

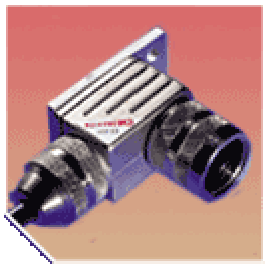
ثرموميتر الأشعة تحت الحمراء

7-2-2 بيروميترات المقارنة (بيرومتر بصري):

Optical Pyrometer

يعتمد مبدأ عمله على مقارنة نصوع الإشعاع وحيد اللون لجسمين أحدهما قياسي والأخر المراد قياس درجة حرارته . وتتركب بيرومترات المقارنة من جزأين أحدهما دارة كهربائية وتحتوي على جهاز قياس ومصدر تيار مستمر ومقاومة متغيرة متصلة مع مصباح (فتيلة) والجزء الثاني البصريات ويتكون من عدستين مثبتتين بأنبوبتين متحركتين متداخلتين .

يستعمل هذا البيرومتر لقياس درجة الحرارة في مـــدى (800 إلـــى 6000) درجـــة مـــئويـــة , شكل (27) .



شكل (27)

بيرومتر بصري

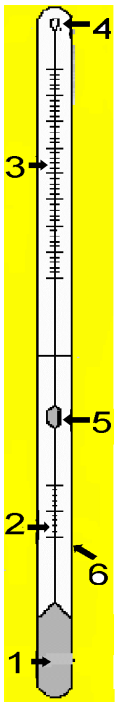
3 - الزئبق: Mercury

1-3 مفهوم الزئبق وخواصه :

Concept of Mercury and his properties

الزئبق عنصر طبيعي موجود بأشكال مختلفة في التربة والماء والصخور والكائنات الحية , وقد يكون على شكل غاز أو سائل أو صلب وهو سائل في درجة حرارة الغرفة . يعتبر الزئبق أفضل السوائل المستخدمة في أجهزة قياس الحرارة والضغط وضغط الدم وذلك لأنه يمتاز بالخواص التالية :-

- تمدده منتظم - تقريباً - بعكس غيره من السوائل كالماء مثلاً.
- مدى استخدامه واسع ؛ إذ أنه لا يتجمد إلا في 39 - درجة مئوية ولا يغلي إلا في 357 درجة مئوية.
- حرارته النوعية صغيرة.
- سائل معدني أثقل من الماء بثلاث عشرة مرة ونصف.
- لا يعلق بالجدران .
- معامل تمدده كبير.



1- البصيلة 2- التدريج الثانوي
3- التدريج الرئيسي 4- مستودع التمدد
5- مستودع التقلص 6- الساق

شكل (28)

أجزاء الثرمومتر الزجاجي

2-3 الثرمومتر الزجاجي الزئبقي :

1-2-3 آلية عمل الثرمومتر الزجاجي الزئبقي :

من المعروف أن معامل التمدد الحجمي للزئبق يزيد 6 مرات عن معامل التمدد الحجمي للزجاج حيث أن الثرمومتر الزجاجي الزئبقي يتكون من تجويف زجاجي موصل إلى قناة شعرية مفرغة من الهواء ويحتوي التجويف الزجاجي على كمية من الزئبق وتدرج الحافظة حسب الوحدة الحرارية المستخدمة فقد تكون درجة مئوية فقط أو درجة فهرنهايتية فقط أوكلاهما معاً . شكل (28) .

2-2-3 أنواعه :

أ- الثرمومتـــر الزجاجـــي الزئبقـــي ذو الاســـتخدام المختبـــري أو الطبـــي . شكل (26).

شكل (29)

الثرمومتر الزجاجي الزئبقي مع الحافظة

ب- الثرمومتر الزجاجي الزئبقي الصناعي. يـــشبه فـــي تـــركيبه الثرمومتـــر ذو الاســـتخدام المختبـــري لكـــنه يتمـــتع بالحمايـــة وبطـــريقة وضـــعه فـــي الآلـــة فيوجد منه العمودي والأفقي والزاوي . شكل (30)

شكل (30)

أنواع الثرموميتر الزجاجي الزئبقي الصناعي .

4 -المزدوج الحراري : Thermocouple

1-4 أنواع المزدوج الحراري Kinds of Thermocouple

يمكن التمييز بين الأنواع الآتية من المزدوج الحراري :

أ- 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 بنسبـــة 45%) .يستخدم هذا المزدوج لقياس درجات الحرارة حتى 1600° فهرنــهايت (871° مئوية) , كما أنه يناسب الأوساط ذات الأكسدة العالية . ويمتاز هذا النوع من المزدوجات عن غيره من الأنواع بما يأتي :

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

ب- المزدوج الحراري نوع K : يتكون الطرف الموجب لهذا النوع مـــــن المزدوج الحراري من سبيكة كرومـــيل (نيكل بنسبة 90% و منغنيز بنسبة 10%) , أما الطرف السالب فيتكون من سبيكة الألوميـــل(نيكل بنسبة 95% ومنغنيز بنسبة 2.5% و ألومنيوم بنسبة 2% وحديد بنسبـــة 0.5%) .

يـستخدم هـذا الـنوع مـن المـزدوجات لقـياس درجـات الحـرارة حتـى 2300° فهـرنهايت (1260°مئوية) في الأوساط النظيفة الخالية من الشوائب المؤكسدة . في هذا المزدوج تعد نسبة الفولتية المولدة إلى درجات الحرارة المسببة ذات قيمة متوسطة .

ج- المزدوج الحراري نوع J : يتكون الطرف الموجب لهذا النوع من المزدوجات الحرارية من الحديد بينما يتكون الطرف السالب من سبيكة كونستان (نحاس بنسبة55% ونيكل 45%) ويستخدم هذا المزدوج لقياس درجات الحرارة حتى 1600° فهرنهايت (871° مئوية) ولا ينصح باستخدام هذا المزدوج في الظروف التي تكون درجة الحرارة فيها تحت درجة الصفر مئوية بسبب معاناته من صدأ الحديد المكون للطرف الموجب وتآكله وتعد نسبة الفولتية المولدة إلى درجة الحرارة المسببة لها في المزدوج أقل من مثيلتها (E) وأكبر منها للنوع (K) .

د- 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%) .

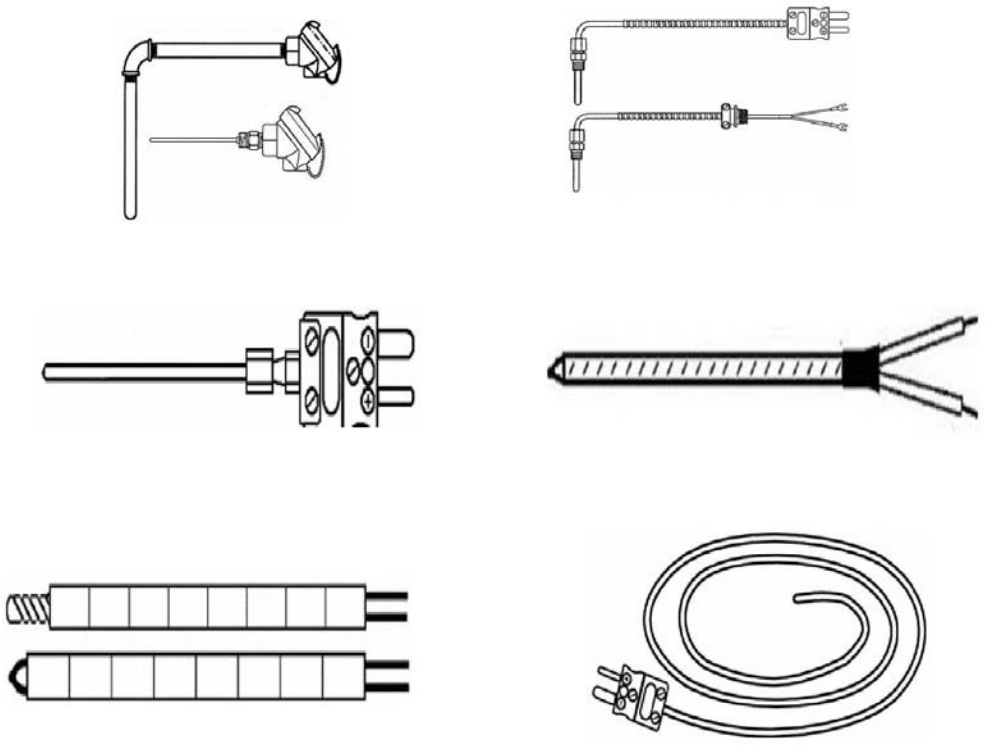
يستخدم هذا المزدوج لقياس درجات حرارة منخفضة حتى 1400° فهرنهايت (750°مئوية) ، ويناسب هذا المزدوج الأجواء الرطبة ومتوسطة الأكسدة . وتعد نسبة الفولتية المتولدة إلى درجة الحرارة المسببة لها من أفضل الأنواع بعد النوع (E) .

هـ- المزدوج نوع R : يتكون الطرف الموجب لهذا المزدوج من سبيكة (بلاتينيوم 87% وروديوم بنسبة 13%) بينما يتكون الطرف السالب من البلاتين .

و- المزدوج نوع S : يتكون الطرف الموجب لهذا المزدوج من سبيكة (بلاتين بنسبة 90% وروديوم بنسبة 10%) بينما يتكون الطرف السالب من البلاتين .

ز- المزدوج نوع B : يتكون الطرف الموجب لهذا المزدوج من سبيكة (بلاتين بنسبة 70% وروديوم بنسبة30%), بينما يتكون الطرف السالب من سبيكة (بلاتين بنسبة 94% وروديوم بنسبة 6%).

تستخدم المزدوجات من الأنواع B , S , R 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 الفولتية المولدة إلى درجة الحرارة لها قليلة، إذا ما قورنت بالأنواع الأخرى . شكل (31) الأشكال المختلفة من المزدوج الحراري . ويمكن المقارنة بين أنواع المزدوج الحراري المختلفة من الجدول (5) الذي يبين المواصفات الأساسية له .



شكل (31)

أشكال المزدوج الحراري

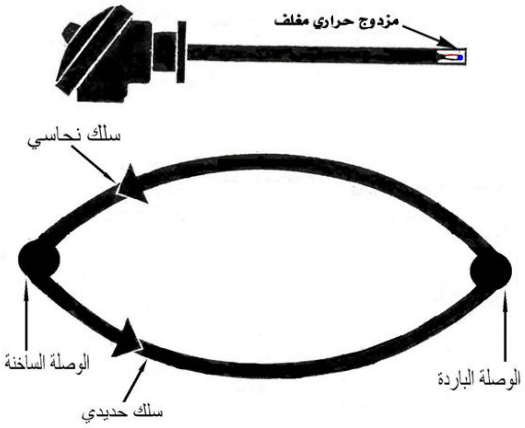
جدول (5)

المواصفات الأساسية للأنواع المختلفة للمزدوج الحراري

نوع المزدوج الحراري	التركيب	مجال القياس (درجه مئوية)	الفولتية ألمولده ميلي فولت)	الحساسية (ميكرو فولت/ درجه مئوية)	الأوساط المناسبة للاستخدام
E	كروميل- كونستانتان	- 200→900	- 8→68	67.9	- الوسط المؤكسد أو الخامل . - محدود الاستخدام في الفراغ أو الوسط الاختزالي
J	حديد – كونستانتان	0 →750	0→ 24.3	25.6	- الأوساط الخاملة والاختزالية والفراغ. - لا يستخدم في الأوساط مرتفعة الحرارة ومنخفضة الحرارة - لا يستخدم في الوسط المؤكسد
K	كروميل – ألوميل	- 200→250	- 5.9→50.6	38.8	- الأوساط النظيفة المؤكسدة والخاملة . - استخدام محدود في الوسط الفراغي الاختزالي.
T	نحاس - كونستانتان	- 200→350	- 5.9→17.8	40.5	- الأوساط معتدلة لأكسدة والاختزالية والفراغ . - يمكن استخدامه في الأجواء الرطبة .
R	(بلاتين+روديوم) + بلاتين	0 →1450	0→16.7	12	- يمكن استخدامها في الأوساط المؤكسدة أو الخاملة .
S	(بلاتين+روديوم) + بلاتين	0→1450	0→14.9	10.6	
B	(بلاتين + روديوم) (بلاتين + روديوم)	0→1700	0→12.4	7.6	

2-4 مبدأ عمل المزدوج الحراري:

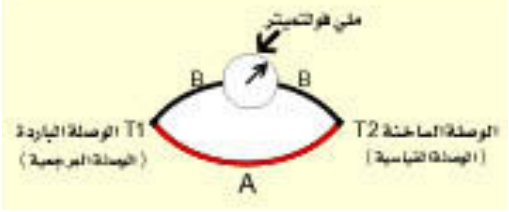
المزدوج الحراري : هو عبارة عن جهاز لقياس درجة الحرارة ، يتكون من سلكين معدنيين مختلفين في النوع معزولين عن بعضهما متصلين في نهايتهما بنقطة , أما الطرفان الأخريان فيوصلان إلى جهاز الملي فولتميتر . وتسمى الوصلة الأولى T1 الوصلة القياسية أو الوصلة الساخنة Hot Cunction التي توضع في المكان المراد قياس درجة حرارته وتسمى الوصلة الثانية T2 الوصلة المرجعية أو الوصلة الباردة ذات درجة الحرارة المنخفضة Cold Cunction شكل (32).



شكل (32)

تركيب المزدوج الحراري

يعتمد مبدأ عمله على تحويل الطاقة الحرارية إلى كهربائية، فإذا سخنت نقطة اتصال المعدنيين بدرجة حرارة مقدارها T2 فأن درجة حرارة نهاية الطرفين الأخريين للسلكين هي T1 ومقدار الفرق بين T2 و T1 تتناسب طردياً مع قيمة القوة الدافعة الكهربائية التي ستتولد من المزدوج الحراري. ولقياس القوة الدافعة الكهربائية يستخدم جهاز قياس الفولتية (ملي فولتميتر) , أو مسجل ذي مقاومة عالية موصلة مع المزدوج الحراري بواسطة سلكين طويلين, فعندما تكون النقطة الساخنة ملامسة لجسم ساخن فأنه تتولد قوة دافعة كهربائية في الدارة الكهربائية وينحرف مؤشر الملي فولتميتر أو المسجل بمقدار يتناسب مع درجة حرارة الوسط الموضوعة فيه (الوسط الساخن) , ويتم عملياً تدريج الملي فولتميتر بوحدات قياس درجة الحرارة للحصول على درجة حرارة الوسط مباشرة . شكل (33) .



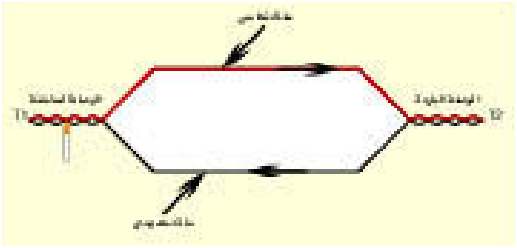
شكل (33)

قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري

ويتأثر مبدأ عمل المزدوج الحراري بالعوامل الآتية :-

- تأثير سيبك Seebeck Effect :

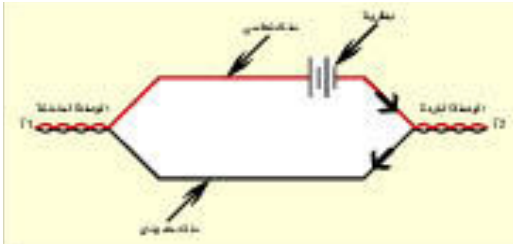
تتناسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة من المزدوج الحراري تناسباً طردياً مع مقدار الفرق بدرجة الحرارة بين نقطة اتصال القياس ونقاط اتصال المرجع حيث أن نقطة اتصال القياس تسمى النقطة الساخنة أما نقاط اتصال المرجع فهي النقاط الباردة . شكل (34) .



شكل (34)
تأثير سيبك

- تأثير بلتر (Peltier Effect) :

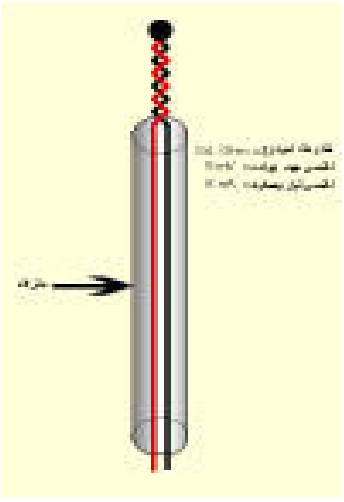
يعتمد اتجاه مرور التيار الكهربائي على التزايد أو التناقص بدرجة حرارة نقطة اتصال القياس نسبة إلى نقطة اتصال المرجع . شكل (35) .



شكل(35)
تأثير بلتر

- تأثير ثومسن : Thomson Effect

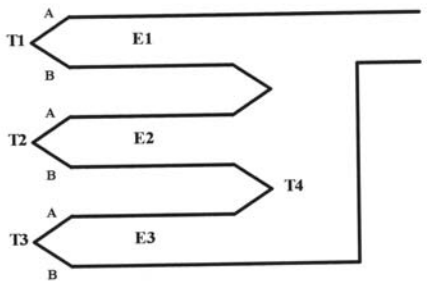
يسمى تأثير ثومسن بتأثير الانتقال الحراري وله نوعان الأول ناشئ من مرور التيار الكهربائي في أسلاك المزدوج الحراري، والثاني ناشئ من حرارة المصدر والتي تنتقل في أسلاك المزدوج من المنطقة الحارة إلى المنطقة الباردة وهما تأثيران يغيران في دقة القياس , لذا يجب تسريب الحرارة ومنعها من الانتقال من نقطة اتصال القياس إلى نقاط اتصال المرجع . شكل (36) .



شكل (36)

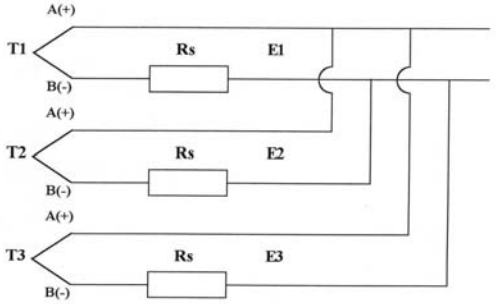
3-4 طرق توصيل المزدوجات الحرارية: Thermocouple Conduction

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 نسبياً ومساوية لمجموع القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على أطراف المزدوجات الحرارية . شكل (37) . فعلى سبيل المثال: مجموعة مزدوجات حرارية مكونة من 10 مزدوجات من نوع K تعطي فولتية حوالي 1,5 ملي فولت/ 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 , شكل (38) . ويبين الجدول (6) الأعطال الشائعة للمزدوجات الحرارية وكيفية إصلاحها .



شكل (37)

طريقة توصيل المزدوج الحراري على التوالي



شكل (38)

طريقة توصيل المزدوج الحراري على التوازي

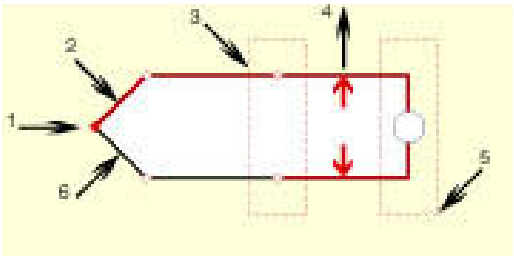
جدول (6)

الأعطال الشائعة للمزدوج الحراري وكيفية إصلاحها

العطل	معالجة العطل
1- عدم استجابة جهاز القياس لتغير درجة الحرارة .	- تحقق من سلامة سلك المزدوج. - تأكد من مفتاح الاختيار. - صل المزدوج مباشرة للتحقق من سلامته.
2- جهاز القياس يقرأ بطريقة عشوائية (تذبذب القراءة رغم سلامة المزدوج).	- نظف المقاومة وتحقق من تثبيت الأسلاك وسلامتها. - نظف مفتاح الاختيار ونقاط التوصيل . - اعمل معايرة للجهاز لاختبار قراءاته.
3- قراءة الجهاز أكبر أو أقل من القيمة الحقيقية .	- قم بتغيير المزدوج إذا كان غير سليم . - اختبر أسلاك التوصيل غير السليمة وتحقق من سلامتها . - تحقق من نقطتي توصيل طرفي المزدوج (+ , -). - اضبط صفر الجهاز , تحقق من سلامة التوصيل . - قم بعمل معايرة للجهاز وتحقق من سلامة دارته .

4-4 آلية عمل جهاز قياس الحرارة ذو المزدوج الحراري :

لتوصيل المزدوج الحراري في دارات القياس مع جهاز القياس يلزم أسلاك توصيل عندما يكون موضع جهاز القياس بعيداً عن وصلة القياس,وفي المختبرات تستخدم عادة أسلاك توصيل من النحاس توصل بسلكي المزدوج الحراري شكل (39) على أن تبقى نقطتا الاتصال عند درجة الحرارة صفراً , ولكن عندما يستخدم المزدوج لقياس درجة الحرارة في الصناعة فأنه يتعذر إبقاء الوصلة الباردة عند درجة حرارة الصفر, ولذلك لابد من استخدام أسلاك توصيل من نوع المزدوج الحراري نفسه , وبأقطار أقل سمكاً .

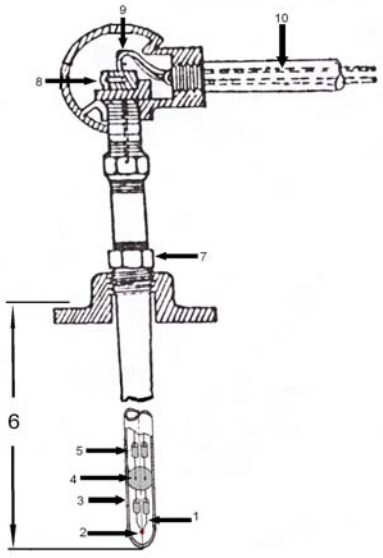


1- T1 الطرف الساخن
2- سلك نحاس
3- T2 وصلة المرجع
4- وصلة نحاسية
5- جهاز قياس أو تسجيل
6- سلك حديد

شكل (39)

توصيل المزدوج الحراري بأسلاك توصيل من النحاس

ويفترض تمييز أسلاك التوصيل حتى لا يحدث خطأ عند ربطها بطرفي المزدوج الحراري كما يجب عزل أسلاك التوصيل عزلاً مناسباً عن الوسط الذي تستخدم فيه واتخاذ الحيطة والحذر بعدم تمرير أسلاك التوصيل بجوار السطوح الساخنة كأنابيب البخار أو جدران عالية الحرارة, كما يجب حماية المزدوج الحراري بغلاف واق ويراعى عند القياس إدخال المزدوج بعمق مناسب وبشكل عمودي كي نحصل على قراءة صحيحة. ويوضح الشكل (40) الرسم التخطيطي لمزدوج حراري مغلف .



1- سلك المزدوج الحراري
2- وصلة قياس الحرارة (الوصلة الساخنة)
3- أنبوبة واقية
4- لوح عازل
5- أنبوبة غزل
6- طول المزدوج المغمور في الوسط المقاس
7- طرف التثبيت
8- نقطة اتصال المزدوج الحراري
9- أسلاك المزدوج
10- صامولة التثبيت

شكل (40)

الرسم التخطيطي للمزدوج الحراري المغلف

5 - الثرموستور: Thermistor

1-5 أنواع الثرموستور :

Kinds of Thermistor

يقسم الثرموستو إلى نوعين أساسيين هما:-

أ- ثرموستور ذو معامل حراري سالب

NegativeTemperature Coefficient (N.T.C)

والذي تقل مقاومته بزيادة درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال يمكن أن تنخفض المقاومة الكهربائية لبعض هذه العناصر من (10) ميغا أوم إلى (1) أوم عند التغير في درجة الحرارة من (100-) إلى (400) درجة مئوية . وتعد الثرموستات ذات المعامل الحراري السالب من أكثر أنواع الثرموستات شيوعاً في التطبيقات العملية . شكل (41) .

ب- ثرموستور ذو معامل حراري موجب

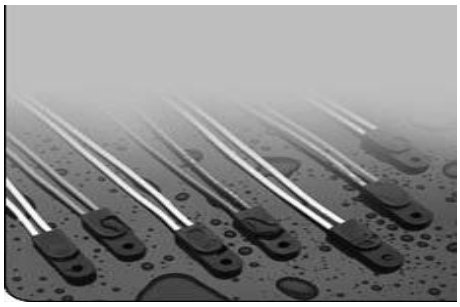
Positive Temperature coefficient (P.T.C)

والذي تزداد مقاومته بزيادة درجة الحرارة.فعلى سبيل المثال فأن المقاومة الكهربائية له تزداد إلى عشرة أضعاف - تقريبا - عندما تتغير درجة الحرارة من (100-) إلى (400) درجة مئوية .

وللثيرموستور أشكال عدة:-

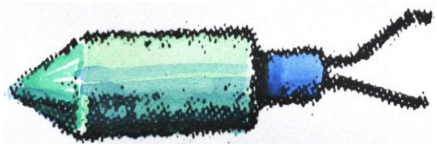
- الشكل الخرزي Bead Shaped
- الشكل القرصي Disk Shaped
- الشكل الحلقي Washer Shaped
- الشكل الأسطواني Rod Shaped

شكل (42) .



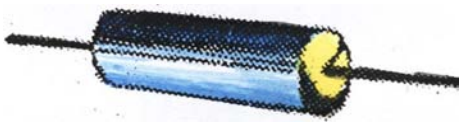
شكل (41)

أشكال الثرموستور المصنع من المواد شبه الموصلة



الشكل الخرزي

الشكل الحلقي



الشكل الاسطواني

الشكل القرصي

شكل (42)

أنواع الثيرموستور المصنع من المواد شبه الموصلة

2-5 مبدأ عمل الثرموستور :

Thermistor Working Principle

يصنع الثرموستور شكل (43) . من مواد شبه موصلة صلبة من أكاسيد بعض المعادن مثل: الكروم، والكوبالت، والحديد، والمنغنيز، والنيكل وتتغير مقاومته بشكل ملحوظ عند تغير درجة الحرارة وتصل حساسيته لدرجات الحرارة إلى (0.06) أوم لكل درجة مئوية واحدة , مما يجعلها مناسبة للاستخدام في العديد من التطبيقات العملية , ونذكر منها :-

- التعويض عن التغير في درجات الحرارة.
- القياس الدقيق لدرجات الحرارة ضمن المجال (100-) إلى (400) درجة مئوية
- قياس معدل جريان الموائع.
- قياس الضغط.
- قياس مستوى السوائل.
- قياس مستوى محتوى الغازات.

شكل (43)

لثرموستور لقياس درجة حرارة الماء والهواء والتربة

3-5 مميزاته:

- دقته العالية .
- حجمه الصغير.
- ثبات قيمته مع تغيرات الحرارة مما يعطي جهاز القياس دقة قراءة أفضل.
- مدى الحساسية تصنع حسب الطلب فلكل ثرموستور مدى حساسية يعمل به .
- قلة ثمنه.

4-5 آلية عمل جهاز قياس الحرارة ذو الثيرمستور :

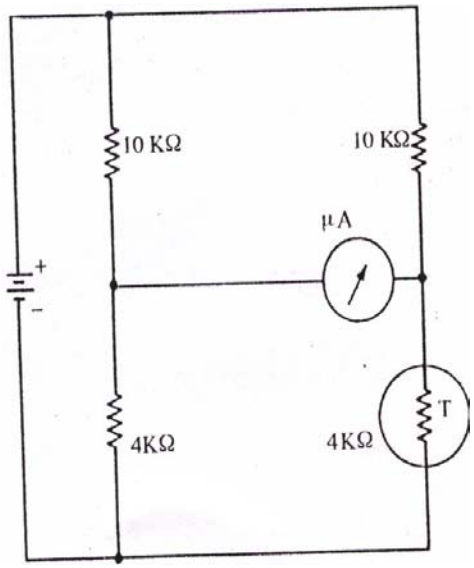
نظـراً إلــى حـساسية الثيرموسـتورات العالـية نــسبياً يفــضل اســتخدامها لقــياس درجــات الحرارة.

ويبين شكل(44) دارة لقياس درجات الحرارة باسـتخدام الثيرمـستور . ففـي ظـروف العمـل الطبيعـية تكـون القنطـرة متـزنة وتكـون قـيمة التيار المـار بالمايكرو أميتر مساوية للصفر . عندما تتغير درجـة الحـرارة للوسط الموجـود فـيه الثيرموسـتور . يتأثـر الثيرموسـتور بهـذا التغير أكثر من غيره بسبب حساسيته العالية وســرعة اســتجابته الكبيــرة إلــى المقاومــات الأخـرى , حـيث يـؤدي ذلـك إلـى تغييـر قـيمة المقاومـة الكهـربائية للثيرموسـتور , وبالتالــي مـرور تـيار كهربائـي بالميكرو أميتر . وتعتمد قيمة التيار المـار بالمايكرو أميتـر علـى قيمة التغير في درجة الحرارة .

ويمكــن تــدريج المايكــرو أميتــر بــدرجات الحرارة للحصول على القراءة بشكل مباشر.

ولـزيادة حـساسية القياس يـستخدم ثيرموسـتور ذو مقاومـة كهربائية أعلـى. فعلـى سبيل المثال يمكـن تغييـر الثيرموسـتور ذي المقاومــة (4) كــيلو أوم بأخــر مقاومــته (100) كــيلو أوم لـزيادة حساسية القياس إلى (0.005) بدلاً من (0.1) أوم لكل درجة مئوية .

كمـا يعمـل ذلك علـى تقليل تأثير أي تغيـر فـي قيم المقاومات الأخرى بسبب التغير في درجة الحرارة.



شكل (44)

قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموستور

6- أجهزة قياس درجة الحرارة الإلكترونية:

6-1 أنــواع أجهــزة قــياس درجــة الحــرارة الإلكترونية :

شكل (45)
جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني

تـوجد أنـواع مـختلفة مـن أجهـزة قـياس درجـات الحـرارة الإلكتـرونية بحـسب تـركيبها الداخلـــي وطبـيعة عملهـا فمـنها مـن يعمـل بمتحـسس الثرموستور فقط شكل (45), ومنها من يعمل بمتحسسات المزدوج الحراري أو الثرموميترات المقاومـية أو الثرموسـتور بمجـرد تغييـر نـوع المتحـسس المـربوط بالجهـاز. أمـا مـن حـيث الجهود المستخدمة فتختلف من جهاز لآخر فمنها من يعمل بجهـــد 115VAC, 220VAC , 24VDC, 12VDC, ومنها من يعمل ببطارية والمتحسسات الأكثر شيوعاً واستخداماً هي :

- متحسس يعمل بالمقاومة الحساسة بالحرارة ذات المعامل السالب (NTC) , ويكون مدى قياسه من 50 - إلى 110 درجة مئوية.
- متحسس يعمل بالمقاومة الحساسة بالحرارة ذات المعامل الموجب (PTC) , ومدى قياسه من - 55 إلى 150 درجة مئوية. شكل(46) .

شكل (46)
متحسس جهاز قياس الحرارة الإلكتروني

- متحسس يعمل بالمزدوج الحراري , وأكثرها شيوعاً واستخداماً هي :
أ- المزدوج الحراري نوع (J) , ومدى قياسه من 0 إلى 600 درجة مئوية.
ب- متحسس يعمل بالمزدوج الحراري نوع (K) , ومدى قياسه من 0 إلى 1200درجة مئوية.

- متحسس يعمل بالثرموميتر المقاومي وأكثرها شيوعاً واستخداماً هي :
أ- الثرموميتر المقاومي نوع (NT100) ومدى قياسه من 50 - إلى 150 درجة مئوية.
ب- الثرموميتر المقاومي نوع (PT100) ومدى قياسه من 80 - إلى 600 درجة

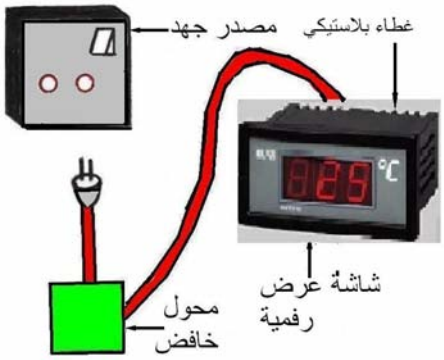
2-6 مكونات جهاز قياس الحرارة الإلكتروني:

يتكون الجهاز بشكل عام مما يلي :-

- شاشة عرض رقمية .
- دارة إلكترونية .
- غلاف من البلاستيك .
- متحسس (حسب نوع الاستخدام)
- مصدر تغذية .

3-6 جهـاز قـياس الحـرارة الإلكترونـي ذو المعامل الحراري الموجب:

يمكن القول بأنه ثرموميتر إلكتروني يستخدم في قياس الحرارة ويرتبط به متحسس وتقرأ درجة الحرارة من خلال شاشة عرض رقمية. شكل (47).

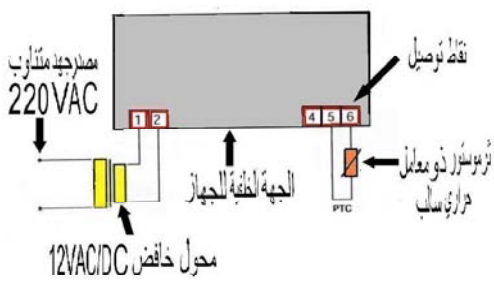


شكل (47)

جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني العامل بمتحسس الثرموستور ذات المعامل الحراري الموجب

4-6 آلـية عمـل جهـاز قـياس الحـرارة الإلكتروني :

تعتمد آلية عمله على خرج المتحسس والذي يكون على شكل إشارات تناظرية , حيث يتم تحويلها إلى إشارات رقمية من خلال جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني , ويوضع المتحسس بشكل عمودي في الوسط المراد قياس درجة حرارته مع مراعاة إدخال الجزء الحساس فقط داخل السوائل للحصول على قراءة صحيحة ولحمايته من الرطوبة . يتم ربط المحول الخافض بنقاط ربط خاصة به (1 و2),ومن متحسس نوع ثرموستور ذو معامل حراري سالب ويربط بالنقاط (5 و 6) شكل (48) .



شكل (48)

الجهة الخلفية لجهاز قياس الحرارة الإلكتروني

7- قواعد الأمن والسلامة المهنية :

1- تهيئة مكان العمل .
2- ترتيب أدوات العمل ومعداته ومواده .
3- الالتزام بآداب العمل أثناء التدريب .
4- عدم ملامسة التوصيلات الكهربائية بصورة مباشرة باليد أو بأحد أجزاء الجسم ,
5- عدم صيانة أو إصلاح آية آلة أو جهاز إلا بعد فصل التيار من المصدر .
6- حفظ الآلات والمعدات في حالة جيدة وصيانتها باستمرار .
7- عزل موصلات الكهرباء عزلاً كافياً .
8- ارتداء الملابس الواقية بأنواعها قبل مباشرة العمل .
9- تهيئة وسائل الإسعافات الأولية في مكان العمل .
10 - عدم ترك العدد والقطع الإلكترونية والكهربائية على الأرض .
11 - عدم ترك أماكن العمل غير مرتبة وغير نظيفة .
12 - خلو الأرضيات من العوائق والمواد التي تسبب الانزلاق والتعثر .
13 - تأمين جميع الآلات الكهربائية والإلكترونية بتوصيلة الأرضي وقواطع الحماية .
14 - عدم لبس الخواتم أو الساعات أثناء العمل .
15 - تهيئة معدات إطفاء الحريق .
16 - في حالة حدوث حريق يجب قطع التيار الكهربائي فوراً ومن ثم إخماد الحريق .
17 - عدم القيام بأية أعمال كهربائية في الأماكن المظلمة .

الجـــزء الثاني

تمـــارين التـــدريب العملـي

اسم التمرين: استخدام الثرموستات للتحكم في قياس درجة حرارة سخان ماء. **رقم التمرين : (1)**

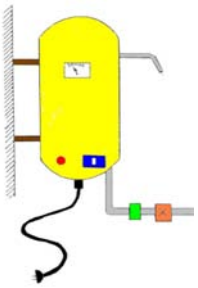
الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يحدد التجهيزات اللازمة لتنفيذ التمرين
2- يوصل جهاز قياس درجة الحرارة
3- يقيس درجة الحرارة
4- يتحكم في قياس درجة حرارة سخان ماء باستخدام الثيرموستات

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- سخان ماء عدد (1) حجمه 20 لتر.
2- ثيرموستات عدد (1) ذو بصيلة حساسة عمودية.
3- عنصر تسخين عدد (1) 50/230V هيرتز.
4- مقياس درجة الحرارة عدد 1 ثنائي المعدن حلزوني
5- كيبل ثلاثي 4 متر 2.5 ملم.
6- مصباح إشارة عدد (1) 230V /20 وات.
7- كليبات بلاستيك حسب الحاجة.
8- صندوق عدة إلكتروني عدد (1).

خطوات تنفيذ التمرين:

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية
1- صل جهاز قياس الحرارة الثرموستور بالسخان شكل (49). 2- أضبط درجة الحرارة المطلوبة عند الدرجات المبينة في الجدول (7) تصاعدياً بالترتيب، وذلك من خلال عنصر التحكم (الثيرموستات) وراقب الفترة الزمنية للفصل بالاعتماد على مصباح الإشارة. وكذلك درجة الحرارة المقاسة، من خلال مقياس درجة الحرارة الموجودة على الهيكل الخارجي للسخان، ودون النتائج في الجدول (7). 3- احسب الخطأ المطلق (بين الحرارة المطلوبة والحرارة المقاسة) من المعادلة الآتية:- الخطأ المطلق = الحرارة المطلوبة – الحرارة المقاسة وذلك لتحديد مدى دقة عمل كل من الثيرموستات ومقياس الحرارة.	 شكل (49)

جدول (7)
قياس درجات الحرارة

درجة الحرارة المطلوبة (مئوية)	20˚	30˚	40˚	50˚	60˚	70˚
الزمن (ثانية)						
درجة الحرارة المقاسة						
فرق درجات الحرارة						

اسم التمرين: قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموميترات الزجاجية. رقم التمرين:(2)

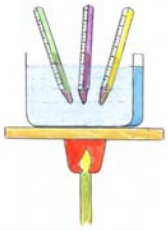
الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يختار الثرموميتر بحسب درجة الحرارة المراد قياسها .
2- يقيس درجات الحرارة باستخدام الثرموميترات الزجاجية.
3- يسجل نتائج القياس .

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- ثرموميتر زجاجي زئبقي مئوي عدد (1).
2- ثرموميتر زجاجي زئبقي فهر نهايتي عدد (1).
3- ثرموميتر زجاجي زئبقي كلفن عدد (1).
4- ماء (5) لتر.
5- مصدر حراري عدد (1).
6- حوض زجاجي عدد (1) سعة (5) لتر.

خطوات تنفيذ التمرين:

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية
1- أختر الثرميترات حسب مدى تدريجها ودرجة الحرارة المراد قياسها. وميز بين أنظمة القياس التي جرى تدريجها تبعاً لها، وسمها(مئوي، فهرنهايت، كلفن). 2- أغمر مستودعات (بصيلات) الثرموميترات في حوض يحتوي على ماء موضوع فوق مصدر حراري . شكل (50). 3- ارفع درجة حرارة الماء بعد إشعال المصدر الحراري تدريجياً, وسجل قراءة الثرموميترات في الجدول(8) كل 10 دقائق.	 **شكل (50)**

جدول (8)

تسجيل قراءة الثرموميترات

رقم القراءة	ثرموميتر كلفن	ثرموميتر فهر نهايتي	ثرموميتر مئوي
الأولى			
الثانية			
الثالثة			
الرابعة			
الخامسة			
السادسة			

اسم التمرين: قياس درجة الحرارة باستخدام ثرموميتر مقاومي رقم التمرين: (3)

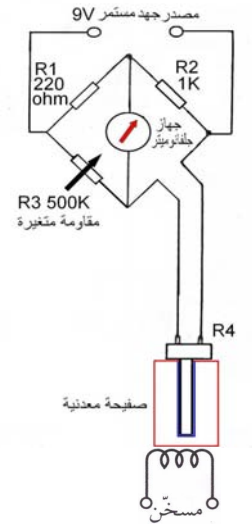
الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يحدد التجهيزات اللازمة لتنفيذ التمرين
2- يوصل جهاز قياس درجة الحرارة .
3- يقيس درجة الحرارة .
4- يبني دارة يقيس بواسطتها درجة الحرارة باستخدام الثرموميتر المقاومي.

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- ترموميتر مقاومي
2- مقاومة أومية عدد (3)، 1كيلو أوم، 2×220 أوم.
3- مقاومة متغيرة عدد (1)، 500 كيلو أوم خطية.
4- جلفانو ميتر عدد (1).
5- أسلاك توصيل الطول المناسب، قطر 1.5mm2.
6- مصدر جهد مستمر 9V.
7- صفيحة معدنية ويفضل من الحديد
8- مصدر حراري .
9- جهاز أوميتر.

خطوات تنفيذ التمرين:

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية
1- جهز التسهيلات التدريبية اللازمة لتنفيذ التمرين . 2- صل الدارة حسب المخطط شكل(51) . 3- صل الدارة بالثرموميتر المقاومي . 4- صل الدارة والثرموميتر المقاومي بمصدر الجهد 9V مستمر . 5- ضع الثرموميتر المقاومي(R4) في الوسط المراد قياس درجة حرارته . 6- حرك المقاومة المتغيرة (R3) حتى تحصل على اتزان الجسر, ويكون ذلك عندما تكون قراءة الجلفانوميتر صفر .	

شكل (51)

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية

7- سجل قراءة المقاومة المتغيرة في الجدول (9) .

8- ارفع درجة حرارة الصفيحة المعدنية بواسطة المصدر الحراري , ثم حرك المقاومة المتغيرة (R3) حتى تحصل على اتزان الجسر.

9- سجل قراءه المقاومة المتغيرة في الجدول (9) وكرر ذلك عدة مرات .

10- احسب قيمة الثرموميتر المقاومي في كل مرة من العلاقة :

$$R4 = \frac{R3\ R1}{R2}$$

11- ثبت جهاز قياس الحرارة الإلكتروني لقياس درجة الحرارة بدلاً من الجلفانوميتر واكتب درجة الحرارة المقاسة بعد كل تغيير في قيمة المقاومة المتغيرة .

جدول (9)

تسجيل قياس درجات الحرارة وقيمة المقاومة المتغيرة

رقم القراءة	مقاومة متغيرة (R3) أوم	ثرموميتر مفاومي (أوم)	درجة حرارة (مئوية)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

اسم التمرين: قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري. رقم التمرين: (4)

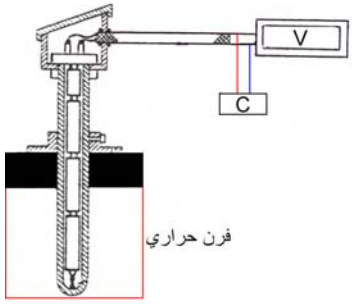
الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يحدد التجهيزات اللازمة لتنفيذ التمرين .
2- يوصل جهاز قياس درجة الحرارة .
3- يقيس ويسجل درجة الحرارة .

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- مزدوج حراري مغلف عدد (1) نوع J أو K.
2- جهاز حساس لقياس الفولتية عدد (1).
3- فرن حراري عدد (1).
4- أسلاك توصيل بحسب الحاجة.
5- عازل أسلاك حراري بحسب الحاجة.
6- جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني.

خطوات تنفيذ التمرين:

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية
1- ثبت المزدوج الحراري في المكان المخصص لذلك في الفرن. شكل (52) .	
2- صل جهاز القياس مع المزدوج الحراري بواسطة كيبل - شكل (52) - مع عزلها بواسطة عازل حراري.	
3- اضبط درجة حرارة الفرن بواسطة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة في الفرن.	
4- ارفع درجة حرارة الفرن كل (10) دقائق بواسطة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة.	
5- سجل قراءة جهاز القياس وقيمة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة في الجدول (10).	

شكل (52)

جدول (10)

تسجيل قراءة جهاز القياس وقيمة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة

الزمن/ دقيقة	10	20	30	40	50	60
القيمة المطلوبة (درجة مئوية)						
قراءة جهاز القياس(فولت)						
درجة الحرارة المقاسة (درجة مئوية)						

اسم التمرين: قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموستور. **رقم التمرين: (5)**

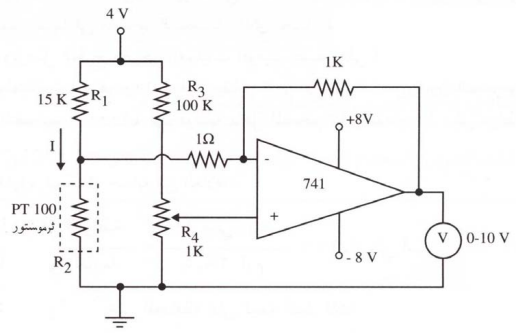
الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يبني دارة عملية لقياس درجة الحرارة باستخدام الثرموستور.
2- يقيس درجات حرارة بين0 و 100 درجة مئوية.

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- مصدر فولتية مستمر عدد (3).
2- أفوميتر عدد (1).
3- مضخم عمليات (741).
4- ثرموستور نوع (PT100) عدد (1).
5- مقاومة متغيرة عدد (2) 1كيلو أوم
6- مقاومة كربونية عدد (4) (15 كيلو أوم، 100 كيلو أوم، 1 كيلو أوم، 1أوم) / 0.5 واط.

خطوات تنفيذ التمرين:

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية
1- صل الدارة . شكل (53) . 2- اضبط مصدري الفولتية المستمر اللازمين لتوفير فولتية الانحياز لمضخم العمليات على (±8) فولت، وصلهما بالدائرة. 3- اضبط فولتية المصدر اللازم لتغذية القنطرة على (4) فولت، وصله بالدائرة. 4- ضع مكان الثرموستور - مؤقتاً - مقاومة متغيرة، وأضبط قيمتها على 100 أوم (قيمة مقاومة الثرموستور PT100 عند درجة حرارة صفر مئوي).	 شكل (53)

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية

5- اضبط المقاومة المتغيرة R4 بحيث يشير الأفوميترر الموصول بخرج المضخم إلى الصفر.

6- اضبط المقاومة المتغيرة R2 الموصولة في الدارة مؤقتاً بدل الثرموستور على 138.5أوم (قيمة مقاومة الثرموستور PT100 عند درجة حرارة 100° مئوية).

7- اضبط مصدر الفولتية المستمرة المستخدمة لتغذية دارة القنطرة، بحيث يشير الأفوميتر الموصل بخرج المضخم (10) فولت.

8- صل الثرموستور PT100 مكان المقاومة المتغيرة (R2). إلى أن يمكنك قراءة قيم درجة الحرارة بين الـ 0° و 100° درجة مئوية من على تدريج الأفوميتر مباشرة كما يبين الجدول (11) .

9- أحسب قيمة مقاومة الثرموستور عند كل درجة حرارة من تلك المبينة في الجدول (11) من العلاقة (اتزان القنطرة) :-

$$R2 = \frac{R1\ R4}{R3}$$

وسجل قيم المقاومة في الجدول (11).

10- ارسم العلاقة البيانية بين قيمة مقاومة الثيرموستور ودرجة الحرارة في مدى درجات الحرارة الواقعة بين (0) و (100) أوم.

جدول (11)

العلاقة بين قراءة الأفوميتر, ودرجة حرارة الثرموستور وقيمة مقاومة الثرموستور

الفولتية (فولت)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
درجة الحرارة (درجة مئوية)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
مقاومة الثرموستور (أوم)	100										138.5

اسم التمرين: خدمة جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني **رقم التمرين: (6)**

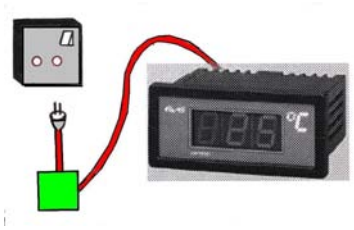
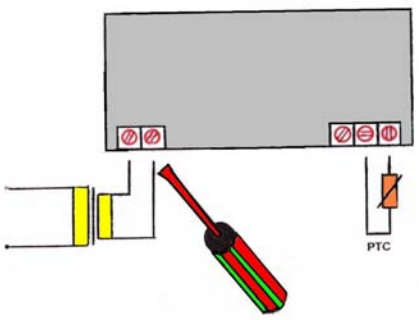
الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- ينظف جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني باستخدام منفاخ الهواء وسائل التنظيف وقطعة قماش ناعمة جافه وصنفرة .
2- يفحص جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني ويتحقق من سلامته .
3- يفحص سلامة الأسلاك التابعة له .

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني
2- جهاز قياس أفوميتر
3- سائل تنظيف
4- قطعة قماش ناعمة جافه
5- مفك
6- صنفرة ناعمة .
7- منفاخ هواء .

خطوات تنفيذ التمرين:

الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات التوضيحية
1- افصل مصدر التغذية الكهربائية عن جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني. شكل (54) .	 شكل (54)
2- فك أسلاك التوصيل الموصلة إلى جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني . شكل (55) .	
3- افحص الأسلاك التابعة لجهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني وتحقق من سلامتها باستخدام جهاز قياس الأفوميتر.	
4- فك مسامير ومرابط جهاز قياس درجة الحرارة	
5- نظف - باستخدام سائل التنظيف وقطعة قماش ناعمة جافه وقطعة صنفرة أطراف - جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني وداراته .	 شكل (55)
6- افحص عناصر ودارة جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني .	
7- نظف المتحسس .	
8- شد مسامير ومرابط جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني مع أسلاكه وتحقق من تثبيت الأسلاك.	
9- شغل جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني.	

الـجــزء الثالث

تمــارين الممــارسة العملية

اسم التمرين: استخدام الثيرموستات للتحكم في قياس درجة حرارة سخان ماء . **رقم التمرين: (1)**

الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يحدد التجهيزات اللازمة لتنفيذ التمرين
2- يوصل الدارة الكهربائية للسخان الكهربائي
3- يوصل جهاز قياس درجة الحرارة
4- يقيس درجة الحرارة
5- يتحكم في قياس درجة حرارة سخان ماء باستخدام الثيرموستات

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:-

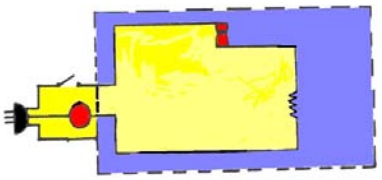
1- سخان ماء عدد (1) حجمه 20 لتر. شكل (56).
2- ثيرموستات عدد (1) ذو بصيلة حساسة عمودية.
3- عنصر تسخين عدد (1) 50/230 V هرتز.
4- كيبل ثلاثي 4 متر 2.5 ملم.
5- مقياس درجة الحرارة عدد 1 ثنائي المعدن حلزوني.
6- مصباح إشارة عدد (1) 230V /20 واط .
7- كليبات بلاستيك حسب الحاجة.
8- صندوق عدة عدد (1).

الإجراء المطلوب من المتدرب:-

1- توصيل الدارة الكهربائية للسخان الكهربائي شكل (56). والذي يحتوي على العناصر عنصر التسخين، والثيرموسات،
2- ضبط درجة الحرارة المطلوبة تصاعدياً بالترتيب، وذلك من خلال عنصر التحكم (الثيرموستات) ومراقبة الفترة الزمنية للفصل بالاعتماد على مصباح الإشارة.وكذلك درجة الحرارة المقاسة، من خلال مقياس درجة الحرارة الموجودة على الهيكل الخارجي للسخان، وتدوين النتائج في جـــدول.

حساب الخطأ المطلق (بين الحرارة المطلوبة والحرارة المقاسة) .

الرسم التنفيذي للتمرين :



شكل (56)

اسم التمرين: قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموميترات الزجاجية. رقم التمرين:(2)

الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يختار الثرموميتر بحسب درجة الحرارة المراد قياسها .
2- يقيس درجات الحرارة باستخدام الثرموميترات الزجاجية.
3- يسجل نتائج القياس .

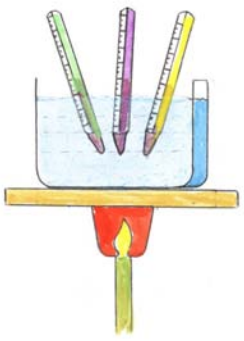
التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- ثرموميتر زجاجي زئبقي مئوي عدد (1).
2- ثرموميتر زجاجي زئبقي فهر نهايتي عدد (1).
3- ثرموميتر زجاجي زئبقي كلفن عدد (1).
4- ماء (5) لتر.
5- مصدر حراري عدد (1).
6- حوض زجاجي عدد (1) سعة (5) لتر.

الإجراء المطلوب من المتدرب :

1- تصنيف الثرميترات حسب مدى تدريجها.
2- اختيار تدريجات الثرموميترات والتمييز بين أنظمة القياس التي جرى تدريجها تبعاً لها، وتسميها.
3- غمر مستودعات (بصيلات) الثرموميترات في حوض يحتوي على ماء موضوع فوق مصدر حراري . شكل (57).
4- رفع درجة حرارة الماء بعد إشعال المصدر الحراري تدريجياً , وتسجيل قراءة الثرموميترات كل 10 دقائق ولخمس مرات .

الرسم التنفيذي للتمرين



شكل (57)

اسم التمرين : قياس درجة الحرارة باستخدام ثرموميتر مقاومي رقم التمرين: (3)

الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يحدد التجهيزات اللازمة لتنفيذ التمرين .
2- يوصل جهاز قياس درجة الحرارة .
3- يقيس درجة الحرارة .

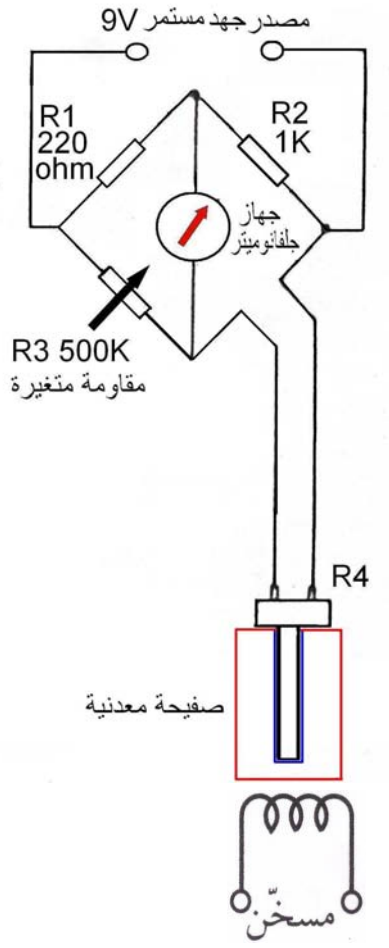
التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- ترموميتر مقاومي
2- مقاومة أومية عدد (3)، 1كيلو أوم، 2×220 أوم.
3- مقاومة متغيرة عدد (1)، 500 كيلو أوم خطية.
4- جلفانو ميتر عدد (1).
5- أسلاك توصيل الطول المناسب، قطر $1.5mm^2$.
6- مصدر جهد مستمر 9V.
7- لوح معدني ويفضل من الحديد.
8- جهاز اوميتر.

الإجراء المطلوب من المتدرب :

1- توصيل الدارة حسب المخطط شكل(58) .
2- توصيل الدرة بالثرموميتر المقاومي .
3- توصيل الدارة والثرموميتر المقاومي بمصدر الجهد 9V مستمر .
4- تسجيل قراءة المقاومة المتغيرة في جدول .
5- رفع درجة حرارة اللوح المعدني بواسطة المصدر الحراري , مع تحريك المقاومة المتغيرة (R3) حتى الحصول على اتزان الجسر.
6- تسجيل قراءه المقاومة المتغيرة في جدول ، وتكرار ذلك عدة مرات .
7- حساب قيمة الثرموميتر المقاومي في كل مرة .
8- تثبيت جهاز قياس الحرارة الإلكتروني لقياس درجة الحرارة بدلاً من الجلفانوميتر وكتابة درجة الحرارة المقاسة بعد كل تغيير في قيمة المقاومة المتغيرة .

الرسم التنفيذي للتمرين :



شكل (58)

اسم التمرين : قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري. **رقم التمرين: (4)**

الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يحدد التجهيزات اللازمة لتنفيذ التمرين .
2- يوصل جهاز قياس درجة الحرارة .
3- يقيس ويسجل درجة الحرارة .

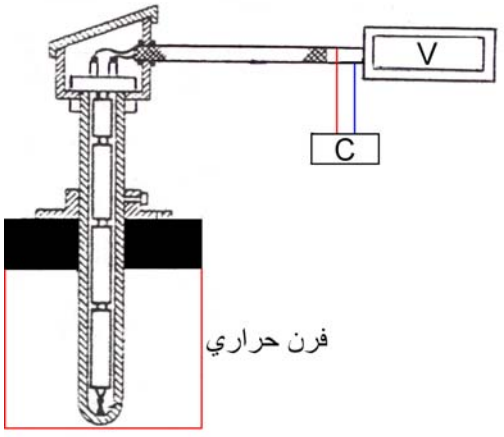
التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- مزدوج حراري مغلف عدد (1) نوع J أو K.
2- جهاز حساس لقياس الفولتية عدد (1).
3- فرن حراري عدد (1).
4- أسلاك توصيل بحسب الحاجة.
5- عازل أسلاك حراري بحسب الحاجة.

الإجراء المطلوب من المتدرب :

1- تثبيت المزدوج الحراري في المكان المخصص لذلك في الفرن.شكل (59) .
2- توصيل جهاز القياس مع المزدوج الحراري بواسطة كيبل شكل (59) مع عزلها بواسطة عازل حراري.
3- ضبط درجة حرارة الفرن بواسطة مفتاح تجديد القيمة المطلوبة في الفرن.
4- رفع درجة حرارة الفرن كل (10) دقائق بواسطة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة.
5- تسجيل قراءة جهاز القياس وقيمة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة في جدول.

الرسم التنفيذي للتمرين :



شكل (59)

اسم التمرين : قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموستور . **رقم التمرين: (5)**

الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- يجهز التجهيزات اللازمة لتنفيذ التمرين .
2- يبني دارة عملية لقياس درجة الحرارة باستخدام الثرموستور .
3- يوصل جهاز قياس درجة الحرارة .
4- يقيس درجات الحرارة بين 0 و 100 درجة مئوية .

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- مصدر فولتية مستمر عدد (3).
2- أفوميتر عدد (1).
3- مضخم عمليات (741).
4- ثرموستور نوع (PT100) عدد (1).
5- مقاومة متغيرة عدد (2) 1كيلو أوم
6- مقاومة كربونية عدد (4) (15 كيلو أوم، 100 كيلو أوم، 1 كيلو أوم، 1أوم) / 0.5 واط.

الإجراء المطلوب من المتدرب :

1- توصيل الدارة . شكل (60) .
2- ضبط مصدري الفولتية المستمر اللازمين لتوفير فولتية الانحياز لمضخم العمليات على (± 8) فولت، وصلهما بالدائرة.
3- ضبط فولتية المصدر اللازم لتغذية القنطرة على (4) فولت، وتوصيله بالدائرة.
4- وضع مقاومة متغيرة مكان الثرموستور مؤقتا، وضبط قيمتها على 100 أوم (قيمة مقاومة الثرموستور PT100 عند درجة حرارة صفر مئوي).
5- ضبط المقاومة المتغيرة R4 بحيث يشير الافوميترر الموصول بخرج المضخم إلى الصفر.
6- ضبط المقاومة المتغيرة R2 الموصولة في الدارة مؤقتاً بدل الثرموستور على 138.5أوم (قيمة مقاومة الثرموستور PT100 عند درجة حرارة $^{\circ}$100 مئوية).
7- ضبط مصدر الفولتية المستمرة المستخدمة لتغذية دارة القنطرة، بحيث يشير الأفوميتر الموصل بخرج المضخم (10) فولت.

8- توصيل الثرموستور PT100 مكان المقاومة المتغيرة (R2) إلى أن يمكن قراءة قيم درجة الحرارة بين الـ 0° و 100° درجة مئوية من على تدريج الأفوميتر مباشرة كما يبين الجدول (12).

جدول (12)

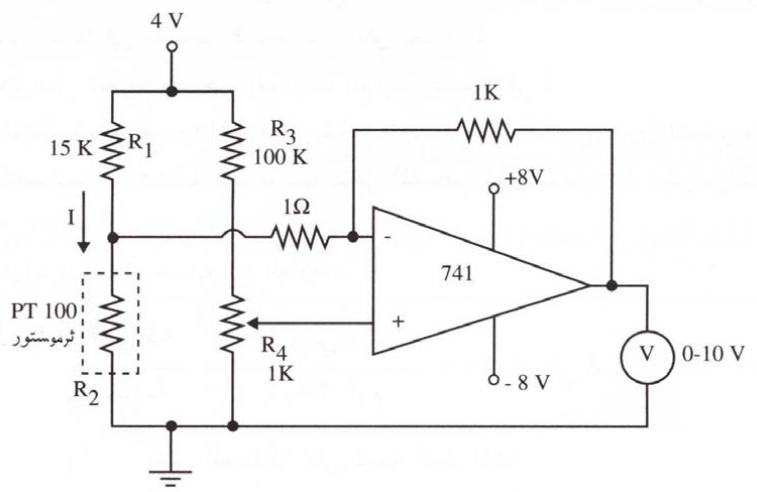
العلاقة بين قراءة الأفوميتر, ودرجة حرارة الثرموستور وقيمة مقاومة الثرموستور

الفولتية (فولت)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
درجة الحرارة (درجة مئوية)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
مقاومة الثرموستور (أوم)	100										138.5

9- حساب قيمة مقاومة الثرموستور عند كل درجة حرارة من تلك المبينة في الجدول (12) . وتسجيل قيم المقاومة في الجدول (12).

10- رسم العلاقة البيانية بين قيمة مقاومة الثيرموستور ودرجة الحرارة في مدى درجات الحرارة الواقعة بين (0) و (100) أوم.

الرسم التنفيذي للتمرين :



شكل (60)

اسم التمرين : خدمة جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني. **رقم التمرين: (6)**

الأهداف التدريبية – يتوقع أن يصبح المتدرب قادراً على أن:

1- ينظف جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني .
2- يفحص جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني ويتحقق من سلامته .
3- يفحص سلامة الأسلاك التابعة له .

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة:

1- جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني .
2- جهاز قياس أفوميتر .
3- سائل تنظيف .
4- قطعة قماش ناعمة جافه .
5- مفك .
6- صنفرة ناعمة .
7- منفاخ هواء .

الإجراء المطلوب من المتدرب :

1- تنظيف جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني .
2- فحص جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني والتحقق من سلامته .
3- فحص سلامة الأسلاك التابعة له .

الـجــزء الرابع

تقـــــويم الوحـــــــدة التدريبيـة

الاختبار النظري

س1 :- ضع دائرة على الحرف الدال على الإجابة الصحيحة لكل عبارة مما يأتي :-

1- تتكون قوة دافعة كهربائية على طرفي المزدوج الحراري عند تعرضه :

أ- للضغط

ب- للحرارة

ج- للرطوبة

د- للاهتزازات

2 ـ تقاس القوة الدافعة الكهربائية الناتجة على طرفي المزدوج الحراري بسبب ارتفاع درجة الحرارة بوحدة :

أ- الأمبير

ب- الفولت

ج- الأوم

د- الميلي فولت

3- درجة انصهار الجليد في تدريج كلفن هي :

أ- صفر

ب-273,2 -

ج- صفر مطلق

د- 273,2

4- أفضل السوائل المستخدمة في أجهزة قياس الحرارة الزئبقية الزجاجية هي :

أ- الكحول

ب- الزئبق

ج- الزئبق مع الثاليوم

د- الجاليوم

5- الوصلة المرجعية في المزدوج الحراري تعني :

أ- الوصلة الباردة

ب- الوصلة الساخنة

ج- الوصلة الباردة والوصلة الساخنة

د- لاشيء مما ذكر

س2 : ضـع علامــة (√) أمــام العـبارة الـصحيحة وعلامــة (X) أمــام العـبارة الخاطـئة فيما يأتي :-

أ- درجة تجمد الماء على التدريج الفهرنهايتي هي (0 درجة مئوية) . ( )

ب- يعتمد مبدأ عمل المزدوج الحراري على تحويل الطاقة الكهربائية إلى حرارية. ( )

ج- لا يمكن توصيل المزدوج الحراري على التوالي. ( )

د- يستخدم الزئبق في أجهزة قياس الحرارة كون تمدده غير منتظم بعكس غيره من السوائل الأخرى. ( )

هـ- ثرمستور ذو معامل حراري سالب (N.T.C) تزداد مقاومته الكهربائية بزيادة درجة الحرارة. ( )

س3- ضع الأرقام المناسبة في الأقواس مقابل أسماء الأجزاء التي يشير إليها السهم . شكل (61) .

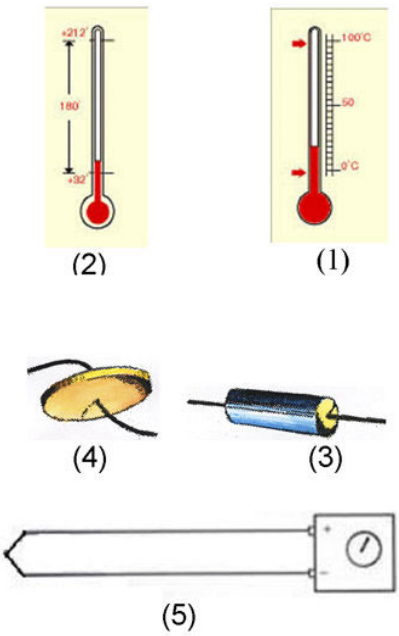
( ) ثرمستور ذو الشكل القرصي

( ) ثرموميتر ذو التدريج الفهرنهايتي .

( ) وصلة القياس للمزدوج الحراري .

( ) ثرموميتر زجاجي زئبقي .

( ) ثرموميتر ثنائي المعدن لولبي .



شكل (61)

الاختبار العملي

اسم الاختبار : استخدام الثيرموستات للتحكم في قياس درجة حرارة سخان ماء

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة :

1- سخان ماء عدد (1) حجمه 20 لتر.
2- ثيرموستات عدد (1) ذو بصيلة حساسة عمودية.
3- عنصر تسخين عدد (1) 50/230 V هرتز.
4- كيبل ثلاثي 4 متر 2.5 ملم.
5- مقياس درجة الحرارة عدد 1 ثنائي المعدن حلزوني.
6- مصباح إشارة عدد (1) 230V /20 واط .
7- كليبات بلاستيك حسب الحاجة.
8- صندوق عدة عدد (1).

الإجراء المطلوب من المتدرب:

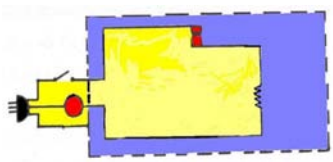
1- توصيل الدارة الكهربائية للسخان الكهربائي شكل (62). والذي يحتوي على العناصر: عنصر التسخين، والثيرموسات، ومصباح الإشارة، ومفتاح التشغيل.
2- ضبط درجة الحرارة المطلوبة عند الدرجات المبينة في الجدول (13) تصاعدياً بالترتيب، وذلك من خلال عنصر التحكم (الثيرموستات) وراقب الفترة الزمنية للفصل بالاعتماد على مصباح الإشارة. وكذلك درجة الحرارة المقاسة، من خلال مقياس درجة الحرارة الموجودة على الهيكل الخارجي للسخان، ودوّن النتائج في الجدول (13).
3- حساب الخطأ المطلق (بين الحرارة المطلوبة والحرارة المقاسة) .

جدول (13)

قياس درجات الحرارة

درجة الحرارة المطلوبة (مئوية)	20°	30°	40°	50°	60°	70°
الزمن (ثانية)						
درجة الحرارة المقاسة						
فرق درجات الحرارة						

الرسم التنفيذي للاختبار



شكل (62)

اسم الاختبار: قياس درجة الحرارة باستخدام ثرموميتر مقاومي .

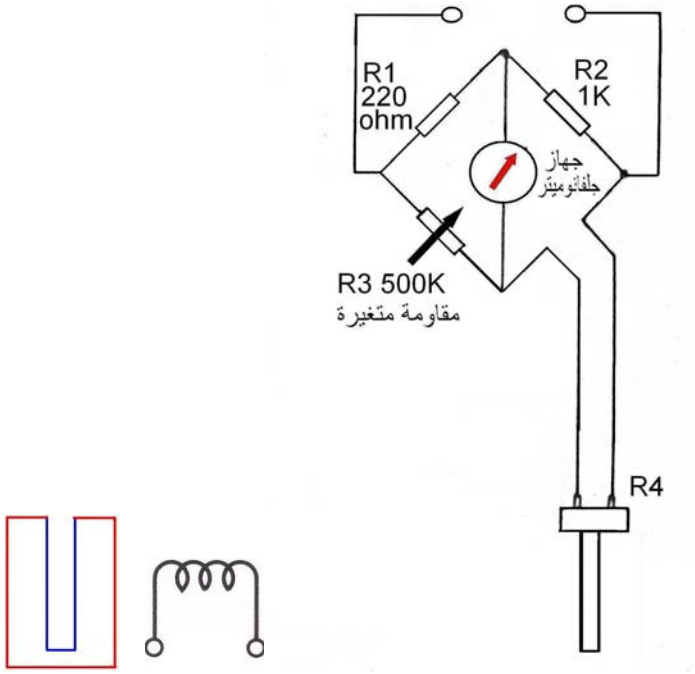
التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة :

1- ثرموميتر مقاومي
2- مقاومة أومية عدد (3)، 1كيلو أوم، 2×220 أوم.
3- مقاومة متغيرة عدد (1)، 500 كيلو أوم خطية.
4- جلفانو ميتر عدد (1).
5- أسلاك توصيل الطول المناسب، قطر $1.5mm^2$.
6- مصدر جهد مستمر 9V.
7- صفيحة معدنية ويفضل من الحديد .
8- مصدر حراري .
9- جهاز أوميتر .

الإجراء المطلوب من المتدرب:

1- اختيار عناصر الدائرة .
2- توصيل الدارة بالثرموميتر المقاومي. شكل (63).
3- توصيل الدائرة والثرموميتر المقاومي بمصدر الجهد 9V مستمر.
4- وضع الثرموميتر المقاومي (R4) في الوسط المراد قياس حرارته.
5- تحريك المقاومة المتغيرة (R3) حتى يحصل على اتزان الجسر، ويكون ذلك عندما تكون قراءة الجلفانوميتر صفر.
6- نسجيل قراءة المقاومة المتغيرة في جدول .
7- رفع درجة حرارة الصفيحة المعدنية بواسطة المصدر الحراري، مع تحريك المقاومة المتغيرة (R3) حتى الحصول على اتزان الجسر.
8- تسجيل قراءة المقاومة المتغيرة في جدول وتكرار ذلك مرات عدة.
9- حساب قيمة الترموميتر المقاومي في كل مرة .
10- تثبيت جهاز قياس الحرارة الإلكتروني لقياس درجة الحرارة بدلاً من الجلفانوميتر وكتابة درجة الحرارة المقاسة بعد كل تغيير في قيمة المقاومة المتغيرة .

الرسم التنفيذي للاختبار:



شكل (63)

اسم الاختبار : قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوج الحراري .

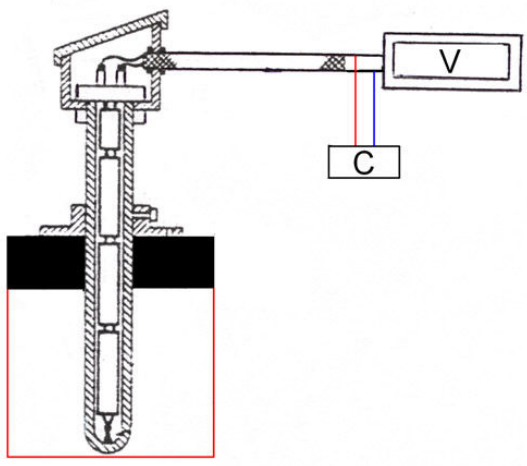
التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة :

1- مزدوج حراري مغلف عدد (1) نوع J أو K.
2- جهاز حساس لقياس الفولتية عدد (1).
3- فرن حراري عدد (1).
4- أسلاك توصيل بحسب الحاجة.
5- عازل أسلاك حراري بحسب الحاجة.

الإجراء المطلوب من المتدرب:

1- تثبيت المزدوج الحراري في المكان المخصص لذلك في الفرن. شكل (64).
2- توصيل جهاز القياس مع المزدوج الحراري بواسطة كيبل - كما في الشكل (64) - مع عزلها بواسطة عازل حراري .
3- ضبط درجة حرارة الفرن بواسطة مفتاح تجديد القيمة المطلوبة في الفرن.
4- رفع درجة حرارة الفرن كل (10) دقائق بواسطة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة.
5- تسجيل قراءة جهاز القياس وقيمة مفتاح تحديد القيمة المطلوبة في جدول .

الرسم التنفيذي للاختبار :



شكل (64)

اسم الاختبار : قياس درجة الحرارة باستخدام الثرموستور.

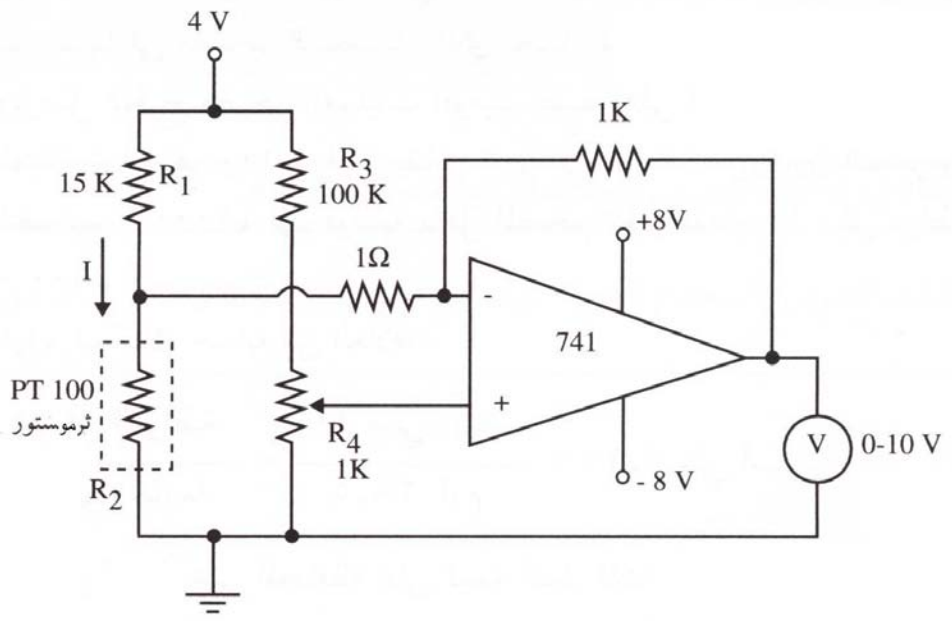
التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة :

1- مصدر فولتية مستمر عدد (3).
2- أفوميتر عدد (1).
3- مضخم عمليات (741).
4- ثرموستور نوع (PT100) عدد (1).
5- مقاومة متغيرة عدد (2) 1كيلو أوم
6- مقاومة كربونية عدد (4) (15 كيلو أوم، 100 كيلو أوم، 1 كيلو أوم، 1أوم) / 0.5 واط.

الإجراء المطلوب من المتدرب:

1- توصيل الدارة . شكل (65).
2- ضبط مصدري الفولتية المستمر اللازمين لتوفير فولتية الانحياز لمضخم العمليات على (±8) فولت، وتوصيلهما بالدائرة.
3- ضبط فولتية المصدر اللازم لتغذية القنطرة على (4) فولت، وتوصيله بالدائرة.
4- وضع مكان الثرموستور مؤقتاً مقاومة متغيرة، واضبط قيمتها على 100 أوم (قيمة مقاومة الثرموستور PT100 عند درجة حرارة صفر مئوي).
5- ضبط المقاومة المتغيرة R4 بحيث يشير الافوميترر الموصول بخرج المضخم إلى الصفر.
6- ضبط المقاومة المتغيرة R2 الموصولة في الدارة مؤقتاً بدل الثروستور على 138.5أوم (قيمة مقاومة الثرموستور PT100 عند درجة حرارة 100 درجة مئوية).
7- ضبط مصدر الفولتية المستمرة المستخدمة لتغذية دارة القنطرة، بحيث يشير الأفوميتر الموصل بخرج المضخم (10) فولت.
8- توصيل الثرموستور PT100 مكان المقاومة المتغيرة (R2) و قراءة قيم درجة الحرارة بين الـ 0˚ و 100˚ مئوية من على تدريج الأفوميتر مباشرة .
9- حساب قيمة مقاومة الثرموستور عند كل درجة حرارة وتسجيل قيم المقاومة في جدول .
10- رسم العلاقة البيانية بين قيمة مقاومة الثيرموستور ودرجة الحرارة في مدى درجات الحرارة الواقعة بين (0˚) و (100˚) أوم.

الرسم التنفيذي للاختبار :



شكل (65)

اسم الاختبار : خدمة جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني .

التجهيزات والتسهيلات التدريبية اللازمة :

1- جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني
2- جهاز قياس أفوميتر
3- سائل تنظيف
4- قطعة قماش ناعمة جافة
5- مفك
6- صنفرة ناعمة
7- منفاخ هواء

الإجراء المطلوب من المتدرب:

1- تنظيف جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني .
2- فحص جهاز قياس درجة الحرارة الإلكتروني والتحقق من سلامته .
3- فحص سلامة الأسلاك التابعة له .

مسرد المصطلحات الفنية

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
أشباه المواصلات	Semiconductors
أنبوبة بوردن	Bourdon Tube
أنواع الثرموستور	Kinds of Thermistors
أنواع المزدوج الحراري	Kinds of Thermometers
بيروميتر بصري	Optical pyrometer
تأثير ثومسن	Thomson Effect
تأثير سيبك	Seebeck Effect
تأثير يلتر	Peltier Effect
التدريج الفهرنهايتي	Fahrenheit Scale
التدريج المئوي	Centigrade Scale
التدريج المطلق أوتدريج كلفن	Absolute Or Kelvin Scale
الثرموستور	Thermistor
ثرموستور ذو معامل حراري سالب	Nagative Temperature Coefficient(N.T.C)
ثرموستور ذو معامل حراري موجب	Positive temperature Coefficient (P.T.C)
الثرموميتر	Thermometer
ثرموميتر الأشعة تحت الحمراء	Thermometer Infrared
ثرموميتر المقاومة البلاتينية	Platinum Resistance Thermometer
ثرموميتر المقاومة النحاسية	Cupper Resistance Thermometer
ثرموميتر المقاومة النيكلية	Nickel Resistance Thermometer
ثرموميترات الأشعاع الحراري	Thermal Radiation Thermometers
ثرموميترات التمدد	Expansion Thermometers
الثرموميترات الزجاجية المملؤة بسائل	Glass Thermometers
الثرموميترات المقاومية	Resistance Thermometers
الثرموميترات ثنائية المعدن	Bimetallic Thermometers
الثرموميترات ثنائية المعدن التي على شكل U	Bimetallic U – Shape Thermometers
الثرموميترات ثنائية المعدن اللولبية	Bimetallic Spiral Thermometers
الثرموميترات ذات النظام المعبأ	Filled System Thermometers

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
الثرموميترت ثنائية المعدن الحلزونية	Bimetallic Helical Thermometers
الحرارة	Heat
درجة الحرارة	Temperature
الزئبق	Mercury
الشكل الإسطواني	Rod Shaped
الشكل الحلقي	Washer Shaped
الشكل الخرزي	Bead Shaped
الشكل القرصي	Disk Shaped
طرق توصيل المزدوج الحراري	Expansion Thermometers
قنطرة وتستون	Wheatstone Bridge
القوة الدافعة الكهربائية	Electric Motive Force
مبدأ عمل الثرموستور	Thermistor Working principle
مجس درجة الحرارة	Resistance – Temperature detector (RTD)
المزدوج الحراري	Thermocouple
مفهوم الثرموميتر	Concept of Thermometr
مفهوم الحرارة	Concept of heat
مفهوم الزئبق	Concept of mercury
المقاومة الحساسة بالحرارة	Thermally sensitive Resistor
وحدات قياس الحرارة	Temperature Units
الوصلة الباردة	Cold junction
الوصلة الساخنة	Hot junction

قائمة المراجع والمصادر

أولاً - المراجع العربية :

1- **مبادئ خواص المادة والحرارة**- د. مصطفى كامل , د.عبد المنعم قابيل د.رأفت كامل واصف , د.عادل عباس – الطبعة الأولى – مطبوعات جامعة الرياض – 1395هـ - 1975 م .

2- **القياسات الحرارية والديناميكية**- د. عبد المنعم محمد عوض- دار المعارف بمصر- 1967 .

3- **الحرارة** – د. علي عبد الجليل راضي- الطبعة الأولى – مكتبة النهضة العربية .

4- **الحرارة بالوحدات الدولية (SI)** - د. إبراهيم إبراهيم شريف - الطبعة العاشرة- دار المعارف .

5- **القياسات والسيطرة** – د. محمد نصيف لطيف العبيدي- وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – هيئة المعاهد الفنية - جمهورية العراق- دار التقني للطباعة والنشر - 1410هـ - 1989 م .

6- **التدريب العملي – صيانة الأجهزة الدقيقة** – م. اسما عيل صبري الصعيدي – م. حسن موسى الخطيب – فؤاد توفيق ابو هلال – وزارة التربية والتعليم – المديرية العامة للمناهج - المملكة الأردنية الهاشمية .

7- **التدريب العملي – الإلكترونيات الصناعية** – م. حيدر عبد المجيد الموفي – م. منذر صالح الكيلاني – د. راتب حمدان العيسى – محمود محمد كنعان - وزارة التربية والتعليم – المديرية العامة للمناهج - المملكة الأردنية الهاشمية .

8- **علم الصناعة – صيانة الأجهزة الدقيقة**- د. محمد عبد الكريم عالية – م. اسما عيل صبري الصعيدي – م. حسن موسى الخطيب– م. محمد صياح العبادي –– وزارة التربية والتعليم – المديرية العامة للمناهج - المملكة الأردنية الهاشمية .

9- **علم الصناعة – الإلكترونيات الصناعية**- د. صادق عبدا لله حامد – د. راتب حمدان العيسى – م. صلاح الدين محمد شديد – م. غالب موسى معابرة – وزارة التربية والتعليم – المديرية العامة للمناهج - المملكة الأردنية الهاشمية .

10- **استخدم أجهزة القياس والتحكم** - المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني - المملكة العربية السعودية – الطبعة الأولى - دار السيف للترجمة - 1997 م .

ثانيا - المراجع الأجنبية :

1- *Instrumentation* Frankly w. Kirk , B. S - Nicholas R. Rimboi , B . S . in E.E , AM. –Third Edition – U.S.A - American Technical Publisher , Inc . Chicago , Illinois 60637 – 1975 .

2- *Mechanical and Induatrial Measurement s*- Er.Rk.Jain – Third Edition – Delhi – Khanna Publishers – 2.B Nath Market , Nai Sarak – 1979 .

3- *Transducers and Instrumentation* - D.V.S.Murty – Prentice – Hall of India Private Limited – new Delhi – 110001 – 1995 .