المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الكليات التقنية

الحقيبة التدريبية :

قياسات

في تخصص التبريد وتكييف الهواء

مقدمة

الحمد لله وحده،والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعإلى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **قياسات** " لمتدربي تخصص " **التبريد وتكييف الهواء** " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بالشكل المباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، مدعم بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الفهــرس

الموضـــوع	رقم الصفحة
مقدمة	1
الفهرس	2
تمهيد	3
الوحدة الأولى : أساسيات علم القياس	5
الوحدة الثانية : خطأ القياس	18
الوحدة الثالثة : قياس الأطوال (الأبعاد)	32
الوحدة الرابعة : قياس درجة الحرارة	54
الوحدة الخامسة : قياس الضغط	83
الوحدة السادسة : قياس الرطوبة	100
الوحدة السابعة : قياس سرعة ومعدل التدفق للموائع	109
المصطلحات	140
المراجـع	141

تمهيد

للقياس أهمية خاصة في حياة الإنسان و تعتبر المقاييس من الوسائل الأولى التي ابتكرها الإنسان لتنفيذ الكثير من الأعمال الأساسية التي يحتاجها في حياته اليومية. و يرجع الفضل في تقدم الكثير من العلوم الهندسية إلى ما طوره الإنسان من أساليب القياس الحديثة حيث أصبح بمقدور أجهزة القياس الحديثة القيام بأعقد العمليات و تحليلها بسرعة فائقة.

و تستهدف هذه الحقيبة إلى التعرف على أسس و طرق القياس المختلفة بالإضافة إلى مفهوم الدقة و حساب خطأ القياس في القياس. كما تقدم هذه الحقيبة لمحة موجزة عن أجهزة القياس المختلفة اللازمة لقياس الكميات المادية المتنوعة التي يحتاج إليها الفنّي المختص في مجال التكييف و التبريد كالطول,والحرارة, والضغط, والرطوبة, وسرعة و كمية التدفق.

بالإضافة إلى ما سبق فإن هذه الحقيبة تهدف إلى مساعدة المتدرب على فهم أهمية القياسات و كيفية القياس لمختلف الكميات الفيزيائية في أنظمة التكييف و التبريد, كذلك معرفة دقة القياس و تحليلها وحساب الخطأ في قياس و معايرة أجهزة القياس.

ولتحقيق الأهداف المرجوة من هذه الحقيبة فقد قسمت إلى ست وحدات رئيسة هي:

الوحدة الأولى :أساسيات علم القياس و قد قسمت إلى أربعة فصول:

1 – معرفة أهمية القياس في النواحي العملية خاصة في مجال التكييف و التبريد.

2 – معرفة نظام الوحدات بشقيه المتري و البريطاني و عمل التحويلات بين النظامين.

الوحدة الثانية:

1- معرفة مصادر خطأ القياس و تحليله.

2 – معرفة أهمية معايرة أجهزة القياس.

الوحدة الثالثة :قياس الأطوال و الأبعاد الداخلية و الخارجية بواسطة القدمة ذات الورنية, والميكرومتر , وقوالب القياس.

الوحدة الرابعة : قياس درجة الحرارة باستخدام الترمومترات,والزوج الحراري ,والمقاومة RTD) (و اشباه الموصلات (Thermistor).

الوحدة الخامسة :قياس ضغط الغازات و السوائل باستخدام المانومترات,وأنبوب بوردون و المعايرة بالحمل الميت.

الوحدة السادسة :قياس الرطوبة باستخدام سيكرومتر المقلاع إضافة لطرق قياس الرطوبة المختلفة.

الوحدة السابعة : قياس سرعة السريان الهوائي و المائي و كمية التدفق بواسطة الفنشوري (Venturi), والفوهة (Orifice) , والروتاميتر (Rotameter) , والسلك الساخن (Hot wire anemometer),وأنبوب بيتوت (Pitot tube) .

هذا و يجب التنويه إلى أنه يمكن الرجوع دائماً إلى كتاب المعايرة الخاص بكل جهاز من أجهزة القياس لمعرفة الخطوات الصحيحة لاستخدام تلك الأجهزة,وعمل المعايرة لها, وتحليل قراءتها و احتساب الدقة في القياس.

كذلك تشتمل هذه الحقيبة على الامتحانات الذاتية مع الإجابات النموذجية لها ، أيضاً توجد قائمة بأسماء المراجع التي تم الاستعانة بها عند إعداد هذه الحقيبة و التي يمكن الاستفادة منها للحصول على معلومات أكثر تفصيلاً.

الوحدة الأولى

أساسيات علم القياس

الهدف العام:

معرفة أهمية القياس في النواحي العملية خاصة في مجال التبريد و التكييف، كذلك حساب التحولات للكميات الطبيعية المختلفة مثل درجة الحرارة، والضغط، و الحجم من النظام المتري إلى النظام البريطاني و العكس.

الأهداف التفصيلية:

عند اكتمال هذا الفصل تكون لديك القدرة على:

1. معرفة أهمية القياس خاصة في مجال التبريد و التكييف.
2. تحديد تعريف دقيق لعلم القياس.
3. الوحدات القياسية الأساسية في كل من النظامين المتري و البريطاني.
4. حساب التحولات للكميات الطبيعية من النظام المتري إلى النظام البريطاني والعكس

الوقت المتوقع للتدريب: 2 ساعة تدريبية

الوحدة الأولى

أساسيات علم القياس

Prinicipals of Measurement

أهمية القياس : Measurement Importance

تعتبر المقاييس من الوسائل الأولى التي ابتكرها الإنسان, فالمجتمعات البدائية وجدت أنها بحاجة إلى مقاييس مختلفة لتنفيذ كثير من الأعمال مثل بناء المساكن و تحديد مساحات الأراضي الزراعية، و لمقايضة السلع، و المواد الغذائية، و غير ذلك من شؤون الحياة المختلفة. فقد اتخذ الذراع و كف اليد و الإصبع و غيرها من الظواهر الطبيعية كمقاييس للأطوال, و استفاد الإنسان من شروق الشمس و غروبها و دورة القمر و الفصول الأربعة في قياس الزمن.

إن ما شهده العالم من تقدم كبير في مختلف العلوم الهندسية يرجع الفضل فيه إلى تطوير أساليب و أجهزة قياس مختلف الوحدات و المقادير الهندسية حيث أمكن الوصول إلى دقة متناهية و حساسية بالغة و أصبح بمقدور أجهزة القياس الحديثة القيام بأعقد العمليات و تحليلها بسرعة فائقة.

أهمية القياس في مجال التكييف و التبريد

إن قياس الكميات الفيزيائية يقدم لنا المصدر الوحيد للمعلومات الكمية الخاصة بالعمليات المختلفة في عالم المجموعات الفيزيائية, وتكون القياسات على هيئة أعداد مقابلة لأوضاع مؤشر يتحرك على مقياس مدرج, كما هو الحال في جهاز بوردون لقياس الضغط.

لا يكاد يخلو أي معمل هندسي من أدوات و أجهزة قياس الكميات الفيزيائية الأساسية مثل: الطول, الكتلة, الزمن و درجة الحرارة أو ما هو مشتق من هذه الكميات الفيزيائية و اعتمادا عليها مثل الحجم, القوة, الضغط, القدرة و كمية التدفق للمائع.

و من الأمثلة على أجهزة القياس الثيرمومتر الزئبقي حيث يستخدم عمود الزئبق المتحرك على ساق مصنوعة من أنبوبة زجاجية سميكة الجدران و بها مجرى شعري للزئبق لقياس درجة الحرارة.

و للقياس أهمية خاصة في علم التكييف و التبريد حيث تستخدم أدوات و أجهزة القياس المختلفة في قياس و تحديد جميع الكميات المادية و المتغيرات الفيزيائية الأساسية في علم التكييف و التبريد و التي تشمل:

1 – الأطوال و المساحات و الأحجام.
2 – درجة الحرارة.
3 – الضغط.
4 – الرطوبة.
5 – سرعة و كمية التدفق للمائع.

تعريف القياس

القياس: هو تحديد قيمة محددة (معلومة) لكمية فيزيائية مثل الطول,والقوة, ودرجة الحرارة, والضغط,والسرعة و كمية التدفق للمائع و ذلك بواسطة جهاز قياس.

و تعرف عملية القياس بأنها التعبير عن القيمة أو الحالة المقاسة بمقارنتها بقيمة أو حالة مرجعية و ذلك بقيم عددية أو باستخدام رموز لها قواعد معينة. فمثلا عندما يكون ارتفاع جدار 97 سم, فإن الواحد سم هنا هو القيمة الإسنادية أو المرجعية للطول. في هذه الحالة يكون الارتفاع هو 97 وحدة من هذه القيمة الإسنادية.

و تسمى طريقة التعبير عن الارتفاع و أصناف أخرى بقيم عددية طريقة التعبير الكمي. و بالمقارنة فإن طريقة التعبير عن حالات المواد بالإحساس مثل منخفض أو عال تسمى طريقة التعبير النوعي.

الوحدات القياسية الأساسية

أنظمة الوحدات : Systems Units

بدراسة موقف وحدات القياس على الصعيد الدولي نجد أن هناك نظامين رئيسين لوحدات القياس. فالنظام المتري بأشكاله المختلفة (سم,وغم,وث,وم,وكغم,وطن) يستعمل في فرنسا. كما استخدم النظام الإنجليزي بأشكاله المختلفة (بوصة, قدم, ميل, قنطار, أوقية) و في الولايات المتحدة نفس الوحدات الإنجليزية و لكن هذه الوحدات تختلف بين أمريكا و إنجلترا من حيث القيمة و المقدار.

طبقا لأحدث المعلومات عن المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) فإن الوحدات الأساسية هي خمس وحدات يمكن أن يشتق منها عدد كبير من الكميات. و الوحدات الأساسية هي الموضحة في الجدول رقم (1- 1):

الرقم	وحدة القياس	الوحدة القياسية الأساسية	الرمز
1	متر Meter	وحدة قياس الطول Length	م m
2	كيلوغرام Kilogram	وحدة قياس الكتلة Mass	كغم Kg
3	ثانية Second	وحدة قياس الزمن Time	ث s
4	أمبير Ampere	وحدة قياس شدة التيار الكهربائي Ampere	A
5	كلفن Kelvin	وحدة قياس درجة الحرارة Kelvin	K

جدول رقم (1- 1) وحدات القياس الأساسية

حدد للمتر القياسي وحدات طولية أكبر و أقل منه طبقا للنظام العشري بحيث تكون النسبة بينهما أساسها الرقم عشرة مرفوعا إلى أس, و يطلق على كل أس رمز خاص يبدأ به اسم وحدة القياس.

مثال: السنتمتر = وحدة المتر × الأس = 10^{-2}.

و ما ينطبق على وحدة قياس الطول ينطبق على الوحدات الأخرى كالغرام مثلا. وفيما يلي جدول وحدات القياس المشتقة من المتر القياسي طبقا للنظام العشري و الرموز الخاصة بالتسميات:

الوحدة	الرمز	التمثيل الرياضي
تيرا	T	10^{12}
جيجا	G	10^{9}
ميجا	M	10^{6}
كيلو	k	10^{3}
هيكتو	h	10^{2}
ديكا	da	10
دسي	d	10^{-1}
سنتي	c	10^{-2}
مللي	mm	10^{-3}
ميكرو	µ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}
بيكو	p	10^{-12}
فيمتو	f	10^{-15}
أتو	a	10^{-18}

جدول رقم (1- 2) وحدات القياس المشتقه من المتر القياسي طبقا للنظام العشري

وفيما يلي جدول يبين بعض الوحدات المشتقة في النظام الدولي:

البعد	اسم الوحدة	الرمز	التكوين
القوة	نيوتن	N	$Kg \bullet m/s^2$ كغم . م/ث^2
الشغل	جول	J	نيوتن . م N•m
القدرة	وات	W	جول / ث J/s
الجهد الكهربائي	فولت	V	وات / أمبير w/A
المقاومة الكهربائية	أوم	Ohm	فولت / أمبير V/A
الضغط	باسكال	Pa	N/m^2 نيوتن / م^2

جدول رقم (1- 3) بعض الوحدات المشتقه في النظام الدولي

ويوضح الجدول (1- 4) الوحدات القياسية الأساسية حسب النظام البريطاني.

الرقم	الوحدة	استخدام الوحدة	الرمز
1	قدم	قياس الطول	ft
2	باوند	قياس الكتلة	lb
3	ثانية	قياس الزمن	S
4	أمبير	قياس شدة التيار	A
5	فهرنهيت	قياس درجة الحرارة	F°
6	باوند	قياس القوة	lbf

جدول رقم (1- 4) الوحدات الاساسية في النظام البريطاني.

بعد شرح الوحدات المستخدمة في النظامين الدولي و البريطاني لا بد من العلم أن التحويل بين النظامين سهل و متوفر.

والجدول التالي يبين أهم معاملات التحويل بين وحدات النظام المتري:

الطول:	1 متر = 100 سنتيمتر 1 سنتيمتر = 10 ملمتر
الكتلة:	1 كيلوغرام = 1000 غرام
الطاقة:	1 جول = 0,239 كالوري

جدول رقم (1- 5)

والجدول التالي يبين أهم معاملات التحويل بين وحدات النظام المتري و النظام الانجليزي:

الطول:	القدم = 30.48 سنتيمتر القدم = 0,3048 متر القدم = 12 إنش
الكتلة:	1 كيلو غرام = 2،2 باوند
القوة:	1باوند قوة = 4،45 نيوتن
الطاقة:	1 وحدة حرارية إنجليزية(BTU) = 1055 جول
القدرة:	1 حصان ميكانيكي = 746 واط= 0.746 كيلو واط

جدول رقم (1- 6)

التحويل بين قياس درجة الحرارة في النظام المتري و النظام الانجليزي:

هناك معادلتان تربطان كل من قياس درجة الحرارة في النظام المتري و ما يكافئها في النظام الإنجليزي.

المعادلة الأولى:

$$^{o}F = \frac{9}{5}\,^{o}C + 32$$

أو

$$^{o}C = \frac{5}{9}(^{o}F - 32)$$

المعادلة الثانية:

$$K = {}^{o}C + 273.15$$

حيث إن:

درجة الحرارة بالفهرنهيت هي ^{o}F

درجة الحرارة بالمئوي هي ^{o}C

درجة الحرارة بالكلفن هي K

مثال:

عند قياس درجة حرارة الغرفة وجد أن قياس تلك الدرجة ($25\,C^{o}$). أوجد قياس درجة الحرارة: أ – بالفهرنهايت. ب – بالكلفن.

الحل:

الدرجة بالفهرنهايت:

$$^{\circ}F = \frac{9}{5}\,^{\circ}C + 32$$

$$= \frac{9}{5} \times 25 + 32$$

$$= 77\,^{\circ}F$$

الدرجة بالكلفن:

$$K = {}^{\circ}C + 273.15$$

$$K = 25 + 273.15 = 298.15$$

تدريبات عملية

التدريب العملي رقم (1)

الهدف:

معرفة أهمية القياس في النواحي العملية خاصة في مجال التكييف و التبريد.

المواد و الأدوات:

جهاز قياس درجة الحرارة الجافة,وجهاز قياس درجة الحرارة الرطبة,وأجهزة قياس ضغط مختلفة,ومسطرة,والقدمة ذات الورنية,والميكرومتر.

المطلوب:

1 - قم بتحديد أهمية كل جهاز من أجهزة القياس السالفة الذكر.

2 – قم بتحديد و مناقشة أهمية علم القياس في تحديد قيمة رقمية للكميات الفيزيائية و الطبيعية المختلفة مثل: درجة الحرارة,والضغط,وكمية التدفق,وسرعة التدفق.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (2)

الهدف:

معرفة كيفية عمل حسابات التحويلات للكميات الطبيعية المختلفة مثل: درجة الحرارة و الضغط من النظام المتري إلى النظام البريطاني و العكس.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وقلم,وآلة حاسبة.

المطلوب:

عمل التحويلات بين الكميات الفيزيائية و الطبيعية المختلفة من النظام المتري إلى النظام البريطاني و العكس.

الخطوات:

1 – قم بتحويل وحدات الطول (500mm , 75cm ,3m) من النظام المتري إلى النظام البريطاني.

2 – قم بتحويل وحدة درجة الحرارة المئوية (42°C , 27°C) من النظام المتري إلى النظام البريطاني.

3 – قم بتحويل وحدة قياس الضغط ($200KN/m^2$) من النظام المتري إلى النظام البريطاني.

4 – قم بتحويل بعض الكميات الفيزيائية مثل: 50 lbf, 200B.T.U, من النظام البريطاني إلى النظام المتري.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

الوحدة الثانية

خطأ القياس

الهدف العام: معرفة أهم مصادر أخطاء القياس و تحليلها.

الأهداف التفصيلية: عند اكتمال هذا الفصل تكون لديك القدرة على معرفة:

1- مصادر خطأ القياس.

2- تحليل خطأ القياس.

3- القدرة على معرفة أهمية المعايرة, وتعريف المعايرة و كذلك معرفة معنى الدقة و الحساسية.

الوقت المتوقع للتدريب: 2 ساعة تدريبية.

الوحدة الثانية

خطأ القياس

Measurement Error

مقدمه : Introduction

تقاس دقة عملية القياس بالأجهزة بمدى قرب القيمة العددية لكمية فيزيائية، كدرجة الحرارة المستنتجة من القياس إذا ما قورنت بالقيمة الحقيقية لهذه القيمة الفيزيائية. و لسوء الحظ فإنه تبعا لطبيعة المشكلة فإن ما يسمى بالقيمة الحقيقية غير معروف أساسا ولا يمكن الوصول إليه لذلك فإن درجة الدقة لعملية القياس هي أصلا غير محددة تماما, لذلك فإننا نلجأ إلى تحليل أدق مبني على خطأ القياس.

ويعرف خطأ القياس على أنه الفرق بين القيمة الحقيقية و القيمة المقاسة تبعا للمعادلة التالية:

خطأ القياس = القيمة المقاسة – القيمة الحقيقية

فمثلا يمكن قياس قيم عددية أكبر من (1) ملم باستخدام العين لو استخدمنا مسطرة طول جزء القياس بها (1) ملم أما القيمة الأقل من ذلك فلا يمكننا قياسها بالعين بنفس المسطرة لكن لو توفر لدينا ميكرومتر لأمكننا القياس.

ويمكن تصنيف أخطاء القياس في ثلاث مجموعات هي:

1. **الخطأ الإجمالي**: Gross Error

ويتضمن الخطأ الواقع من الشخص المستخدم في قراءة واستخدام الأجهزة وتدوين وحساب النتائج,وهذا النوع من الأخطاء كثيرا ما يحدث ويمكن توقع هذه الأخطاء وتجنبها , مثل أخطاء عدم التطابق نتيجة لقلة الخبرة عند اخذ القراءة والنظر إلى التدريج بزاوية معينة بدلا من ان يكون النظر بشكل عامودي لأخذ القراءة,أو اختيار الجهاز المناسب للقياس وتنتج كذلك هذه الأخطاء من عدم التأكد من ضبط الموقع الصفري لمؤشر الجهاز وبالتالي تتضمن جميع القراءات ما يعرف بالخطأ الصفري,وكذلك عدم معرفة استخدام الأجهزة متعددة التدريج.

هذه الأخطاء لا يمكن معالجتها ولكن يجب تجنبها بالاهتمام والعناية ومعرفة أخذ القراءات الصحيحة وتسجيلها بالممارسة والتمرين، ويجب تحت كل الظروف عدم الاكتفاء بأخذ قراءة واحدة بل أخذ ثلاث قراءات مختلفة على الأقل لنفس الكمية تحت ظروف مختلفة بإطفاء الجهاز وتشغيله مثلاً.

2. **الأخطاء الرتيبة** : Systematic Errors

وتقسم إلى:

أ- أخطاء الأجهزة: Hardware Errors

وهي أخطاء متأصلة في أجهزة القياس نسبة للأجهزة الميكانيكية المتحركة التي تتأثر بالاحتكاك وينشأ من ذلك ما يعرف بخطأ الاحتكاك، أو يحدث التواء في الياي المتصل بأجزاء الدوران، أو عدم انتظام في تمدد زنبرك نتيجة لسوء استخدام الجهاز مثل تمرير تيار أعلى من المسموح به فتؤدي هذه العيوب إلى أخطاء بالقراءة تعرف بأخطاء التشوه. ومن الأخطاء تحدث نتيجة لقدم الجهاز .

ب- الأخطاء البيئية أو الوسطية: Environmental errors or moderation

وتحدث نتيجة للمؤثرات الخارجية مثل التغير في درجات الحرارة وتأثير الرطوبة، والضغط الجوي، أو حدوث مجالات كهربائية ومغناطيسية تؤثر على الأجهزة, وهذه الأخطاء يتم التخلص منها بأخذ الاحتياطات اللازمة ومعالجة الظروف المحيطة بالأجهزة قبل استخدامها.

3. **الأخطاء العشوائية:** Random Errors

وهي أخطاء لا يعرف سببها وتبقى موجودة حتى بعد التخلص من كل الأخطاء الرتيبة وبالرغم من صغر مثل هذه الأخطاء إلا أنها ذات أهمية بالغة عندما تكون دقة القياس المطلوبة عالية.

عوامل أخطاء القياس: Factors of Measurement Errors

هناك عوامل كثيرة تدخل في تصميم أجهزة القياس مما يقلل من الدقة التي يمكن الوصول إليها و بالتالي يتولد ما يعرف بالخطأ في القياس. و من أهم هذه العوامل ما يلي:

1 – القدرة على قراءة تدريج أداة القياس: تعتمد القدرة على قراءة مقياس الجهاز على المؤشر و التدريج الممكن رؤية القراءة عليه, و يتناسب مدى القدرة على قراءة مقياس الجهاز تناسبا طرديا مع طول المقياس و تتأثر المسافة بين التدريجات. وكلما زاد طول المقياس زاد عدد الأرقام المؤكدة التي يمكن قراءتها.

2 – حساسية الجهاز: Sensitivity of the Device

تعرف حساسية الجهاز على أنها النسبة بين الحركة الخطية للمؤشر و قيمة التغير في الكمية المراد قياسها.

3 – التخلفية: Hysteresis

هي الفرق بين قراءتي جهاز واحد ناتجتين عن قيمة محددة لإشارة داخلة بحيث نصل إلى قيمة هذه الإشارة مرة بطريقة التزايد ، و مرة بطريقة التناقص، بحيث نبدأ من قيم أصغر و قيم أعلى من قيمة هذه الإشارة المقاسة على التوالي.

التخلفية خاصية غير مرغوب فيها, و قد تنشأ عن تأثيرات المرونة, أو المغناطيسية, أو الحرارة أو التأثيرات الميكانيكية.

4 – الحرارة والضغط: Pressure and Temperature

تتأثر قراءة أجهزة قياس كثيرة بتغير درجة الحرارة أو الضغط والظروف المحيطة بالجهاز.

5 – المعايرة : Calibration

معايرة جهاز القياس هي عملية إيجاد العلاقة الوظيفية بين قراءات المؤشر و الكميات المتغيرة المراد قياسها.

6 – التصميم : Design

إن تصميم أجهزة القياس يساهم في أخطاء القراءات من خلال التثبيت لأجهزة الحس المراد اختبارها.

تحليل خطأ القياس: Measurement Error analysis

يمكن تقليل الأخطاء في القياس إذا ما تم قياس أطوال الأجزاء باستخدام أجهزة قياس دقيقة. و لا تعني الأخطاء الصغيرة دقة قياس أكبر كما أنه ليس صحيحا أن نقرر أن القياس صح أو خطأ عن طريق الخطأ الحاصل كبيرا كان أم صغيرا. لكن تؤخذ النسبة المئوية بين الخطأ و القيمة الحقيقية في الاعتبار و تسمى النسبة المئوية للخطأ و تعرف كالآتي:

$$E = \frac{D}{T} \times 100\ \%$$

حيث:

E = النسبة المئوية للخطأ

T = القيمة الحقيقية

D = القيمة المقاسة – القيمة الحقيقية

مثال:

الخطأ في قراءة المسطرة المئوية لا يتعدى (1 ملم).

الخطأ في قراءة القدمة ذات الورنية لا يتعدى (0،1 ملم).

أيضا إذا كانت درجة حرارة الجو (10 م°) هي القيمة الحقيقية و عند قياسها بالثيرمومتر كانت

(11 م°) فإن النسبة المئوية للخطأ في درجة الحرارة هي:

$$E = \frac{11 - 10}{10} \times 100\ \%$$

$$E = 10\ \%$$

المعايرة : Calibration

تعريف المعايرة

المعايرة هي مجموعة من عمليات القياس التي تتم تحت ظروف محددة باستخدام أجهزة وأدوات قياس مسندة إلى المعايير القومية أو الدولية التي تحقق وحدات النظام الدولي للقياس (SI) وتحدد هذه العمليات مدى دقة أجهزة القياس وملاءمتها للغرض المستخدمة من أجله ومدى مطابقتها للنظام الدولي للقياس طبقا لمعايير دولية محددة ويتم تحديد خصائص أجهزة وأدوات القياس عن طريق إيجاد العلاقة بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة.

أهمية المعايرة : Importance of Calibration

يظهر من السابق أنه لا يمكن تصميم أي جهاز لقياس كمية فيزيائية معينة دون أن يتم ضبط قراءات ذلك الجهاز - معايرته - مع أي جهاز آخر دقيق حتى يتسنى إيجاد العلاقة بين قراءات المؤشر و الكميات الفيزيائية المتغيرة المراد قياسها. و يتضمن ذلك تثبيت المتغيرات الأخرى التي قد تؤثر في دقة جهاز القياس, و تشمل هذه المتغيرات درجة حرارة الجو المحيط بالجهاز, والضغط الجوي المحيط بالجهاز و اتجاه تغير الإشارات الداخلة للجهاز و كذلك الوقت بين القراءات المتتابعة بالإضافة إلى تأثير كل من المجالات المغناطيسية,والمجالات الكهربائية,والجاذبية الأرضية,ودرجة الرطوبة,ومصدر تزويد الجهاز بالطاقة,والاهتزازات,وزاوية النظر إلى المؤشر, و شخصية قارئ الجهاز.

إن مستخدم أجهزة القياس له الحرية في أن يحدد أي من المتغيرات الخارجية يجب تثبيته أثناء المعايرة أو إجراء تجارب لاحقة للحصول على البيانات اللازمة للتصحيح.

وهناك عدة أهداف لإجراء تجارب المعايرة و هي:

1 – معرفة ما إذا كان الفرق بين قراءة جهاز القياس و الإشارة الداخلة للجهاز تتخذ على الدوام قيمة تقل دوما عن كمية معينة، و بالتالي معرفة الحد الأقصى للخطأ المسموح به, حيث إن أخطاء الجهاز التي تقل عن هذا الحد ستؤدي إلى تأثير طفيف للغاية على نتائج الاختبار المراد إجراؤه.

2 – معرفة الأخطاء إلى أعلى درجة ممكنه و ذلك في حدود إمكانية الجهاز.

3 – الحصول على معلومات عن جهاز القياس نفسه من أجل إجراء التعديلات على الجهاز.

الدقة و الحساسية: Precision and Sensitivity

يتم تقييم عمل أجهزة القياس حسب الدقة و مقدار الخطأ و مدى حساسية الجهاز. فمثلا دقة المسطرة المترية العادية (1 ملم), لذلك فإن الخطأ في قراءة المسطرة لا يتعدى بالضرورة (1ملم).

وتُعرف دقة أجهزة القياس بأنها أصغر تدريج أو أصغر قراءة يمكن للجهاز قياسها.

و تعرّف حساسية أجهزة القياس على أنها مدى إحساس الجهاز لسرعة التغيرات التي تحدث للكمية المقاسة, حيث يتحرك المؤشر في جهاز القياس معطيا القراءة اللّحظية.

$$S = \frac{M}{V}$$

S = الحساسية

M = مقدار حركة المؤشر

V = التغير في الكمية المقاسة

معايرة الثيرمومتر: Calibration of Thermometer

حيث يتم معايرة الثيرمومتر كل ستة أشهر تقريباً وذلك من اجل التأكد من مدى دقته لقياس درجات الحرارة وتتم المعايرة بالطريقة التالية:

أ -أحضر وعاء يحتوي على كمية من الثلج المجروش ثم أضف عليه كمية بسيطة من الماء النظيف.

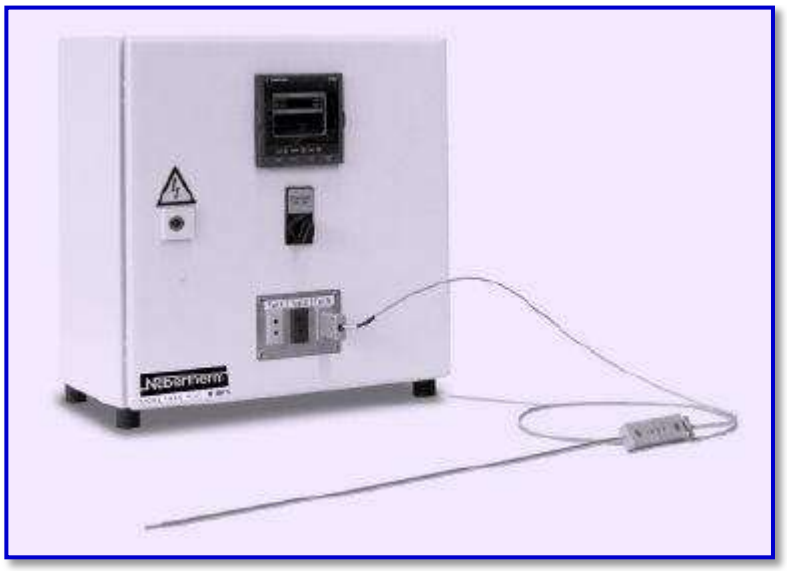
ب -قم بوضع الثيرمومتر في الوعاء وانتظر لمدة 30 ثانية تقريباً

ت -اضبط مقياس الثيرمومتر عند درجة الصفر المئوي

ومن طرق معايرة الثيرمومترات مايلي:

1. المعايرة باستخدام الثلج.
2. المعايرة باستخدام الماء أثناء غليانه.
3. المعايرة عن طريق المقارنة بغرفة التبريد.
4. المعايرة عن طريق المقارنة بالأفران.

إن من السهل علينا أن نقوم بمعايرة ثيرمومتر أو مزدوج حراري وذلك بالاستناد إلى درجة تجمد أو انصهار السوائل المختلفة أو درجات انصهار المعادن المختلفة والتي هي من الثوابت الفيزيائية المعروفة حيث يتم الاستناد اليها كمرجع قياسي , أو تستخدم أفران صهر معدة ليتم معايرة الحساس وتسمية نقاط انفعال مؤشر القياس بالدرجات التي ينصهر عندها المعدن المستخدم , والشكل (1- 1) يبين أحد الأفران المزود بفتحة جانبية والتي تستخدم لتثبيت المزدوج الحراري المطلوب معايرته عن طريق درجات الحرارة والمعلومة لدى الفرن والذي هو عبارة عن جهاز المعايرة المطلوب.



شكل(1- 1) فرن معايرة المزدوجات الحرارية

معايرة أجهزة قياس الضغط: Calibration of pressure gauge

يمكن معايرة أجهزة قياس الضغط وذلك عن طريق أوزان قياسية، حيث يتم حساب قيمة الضغط المعيارية وذلك بقسمة الوزن على المساحة ومن ثم يتم بعد ذلك ضبط قراءات مؤشرعداد الضغط على القيم المناظرة لها بعد إجراء عملية الحساب للضغط، ومن الأجهزة المستخدمة للمعايرة هو جهاز المعايرة بالحمل الميت Dead Wieght Tester والذي سوف يمر معنا فيما بعد طريقة استخدامه والشكل(1- 2) يوضح هذا الجهاز.

شكل (1- 2) جهاز المعايرة بالحمل الميت

تدريبات عملية

التدريب العملي رقم (1)

الهدف:

معرفة أهم مصادر خطأ القياس و تحليلها.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وقلم,وآلة حاسبة.

المطلوب:

تحليل خطأ القياس و معرفة أهم مصادر هذا الخطأ.

الخطوات:

إذا كانت درجة الحرارة الحقيقية في الجو هي (13 °م) و عند قياسها بواسطة الثيرمومتر كانت (14 °م) فما مقدار:

1 – خطأ القياس في درجة الحرارة؟

2 – النسبة المئوية للخطأ في قياس درجة الحرارة؟

3 – ما سبب الاختلاف بين الحرارة الحقيقية و المقاسة؟

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (2)

الهدف:

معرفة أهمية معايرة أجهزة القياس.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وقلم,ومسطرة,وآلة حاسبة,وجهاز قياس درجة الحرارة,والورنية,والميكرومتر, والثيرمومتر الزئبقي.

المطلوب:

1 – تحديد أهم العناصر التي تتحكم في عملية معايرة أجهزة القياس.

2 – تحديد مفهوم الدقة في أجهزة القياس.

3 – حساب حساسية جهاز القياس.

الخطوات:

لحساب حساسية جهاز القياس نتبع ما يلي:

1 قم بقياس درجة الحرارة بواسطة الثيرمومتر.

2 قم بتسخين فقاعة الزئبق شيئا قليلا و لاحظ مقدار التغير في درجة الحرارة.

3 قم بقياس مقدار حركة الزئبق في الثيرمومتر.

4 عليه تكون الحساسية تساوي مقدار التغير في حركة الزئبق مقسوما على مقدار التغير في درجة الحرارة.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

الوحدة الثالثة

قياس الأطوال (الأبعاد)

الهدف العام : معرفة كيفية قياس الأبعاد الداخلية و الخارجية للأجسام بواسطة القدمة ذات الورنية.

الأهداف التفصيلية : عندما تكتمل هذا الفصل تكون لديك القدرة على التعرف إلى

1 - القدمة ذات الورنية.

2- الميكروميتر وأجزاؤه

3- قوالب القياس.

4 - كيفية تنفيذ قياس الأبعاد باستخدام القدمة ذات الورنية, الميكروميتر, قوالب القياس.

الوقت المتوقع للتدريب : 4 ساعات.

الوحدة الثالثة

قياس الأطوال

Length Measurements

مقدمة: Introducion

لقياس الأطوال أو الأبعاد الهندسية للجسم أهمية كبيرة في عمليات الضبط والتفتيش في مجال التصنيع وفي تصميم الماكينات وينحصر اهتمامنا في قياس الأطوال التي تتراوح مقاديرها مابين عدة سنتمترات إلى أجزاء من المئة من الملمتر .

وفي هذه الوحدة سيتم القيام بتنفيذ قياسات الأبعاد الداخلية والخارجية للأجسام باستخدام :

1- 1 المسطرة المترية

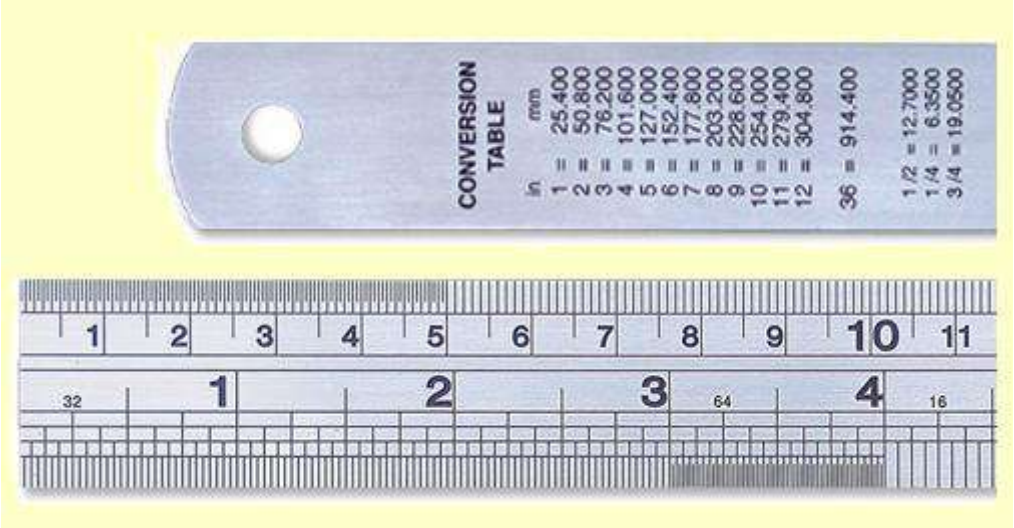
1- 2 القدمة ذات الورنية .

1- 3 الميكرومتر .

1- 4 قوالب القياس .

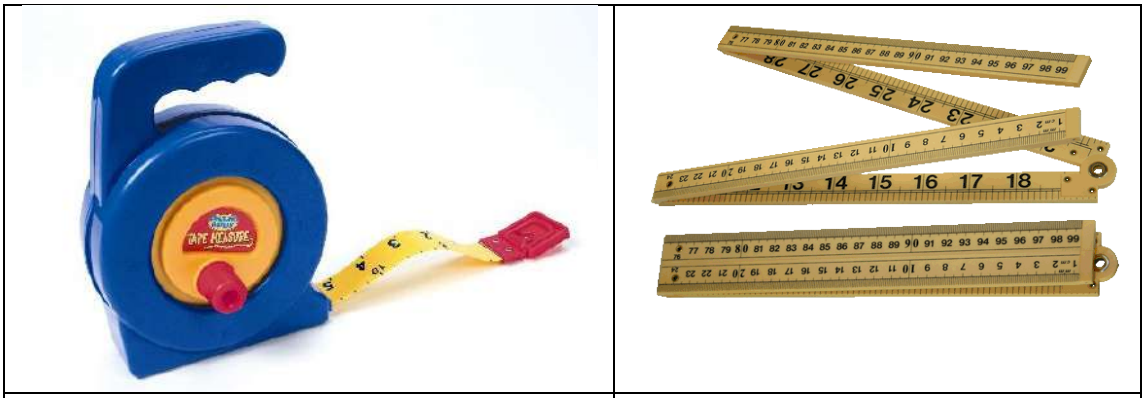
أولاً: المساطر المترية المدرجة (Rulers)

المسطرة المدرجة شكل (1 -3) هي من أدوات القياس البسيطة لقياس الأطوال ويتم بواسطتها قراءة البعد المراد قياسه مباشرة من التدريج الموجود عليها وتتراوح أطوال المساطر المدرجة من 100mm وحتى 5mm وتستعمل في ورش الإنتاج مساطر فولاذية بأطوال 100mm ، 300mm، 500mm. ويتم تصنيعها من الخشب أو فولاذ القوابض الرقيق المصلد ، ويكون محفوراً عليها تدريج مليمتري أو نصف مليمتري وبالتالي يمكن استخدام المساطر المدرجة لقياس أبعاد حتى 0.5mm حيث أن ذلك هو أقل تقسيم على المسطرة ويسمى بحساسية المسطرة.



الشكل (3- 1): المسطرة المدرجة.

و توجد أيضاً المساطر المدرجة المفصلية، و أشرطة القياس الموضحة بشكل (3-2) (أ) و (ب) على الترتيب، و هذه التصميمات تتيح إمكانية استخدامها لقياس أبعاد طويلة في حين أن الأداة يمكن طيها في حيز صغير.



(أ)	(ب)

الشكل (3- 2): المساطر المفصلية و شرائط القياس.

ثانياً: الفراجير (Dividers)

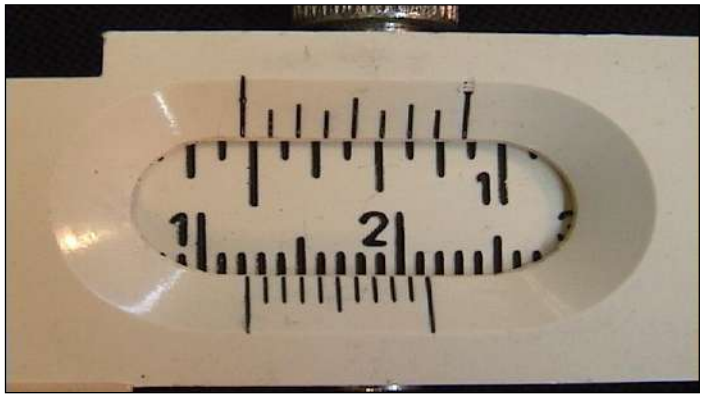
تستخدم الفراجير كوسائل مساعدة للقياس بطريقة غير مباشرة، فيتم بواسطتها نقل قيمة البعد من الشغلة إلى أداة القياس أو العكس. و تُصنع الفراجير بأشكال مختلفة لتناسب كافة المشغولات، فمنها الفرجار الداخلي و الخارجي و الفرجار ذو النابض و هي موضحة بشكل (3- 3). وتصل حساسية الفرجارات (أي أقل قيمة يمكن قياسها) إلى 0.01 مم.

الفرجار الداخلي	**الفرجار الخارجي**	الفرجار ذو النابض(المقسم)
الشكل (3- 3): أشكال مختلفة من الفراجير.		

ثالثاً: القدمة ذات الورنية : Vernier Caliper

تعتبر القدمة أحد أهم أجهزة القياس التي تستعمل لقياس الأبعاد الداخلية والخارجية و الأعماق وتستخدم في المصانع وتتراوح دقة القياس للقدمة مابين (0,1) ملم إلى (0,05) ملم, و يبين الشكل (3 - 4) مقياس ورنية من النوع المستعمل عادة في القدمة ذات الورنية. و فيه يدرج المقياس الرئيس بحيث تكون المسافة بين كل علامة تدريج مليمترا و يجري الترقيم عند كل سنتيمتر أما مقياس الورنية الذي ينزلق أمام المقياس الرئيس الموجود على القدمة فإن له خطا بيانيا ابتدائيا مكتوبا عليه صفر, وهو الخط الذي يبين قراءة المقياس الرئيس.

والفكرة الأساسية من الورنية هي إضافة عدة أرقام عشرية لقراءة المقياس الرئيس الصحيحة عدديا وذلك لزيادة دقة القراءة ويقسم مقياس الورنية إلى مسافات متساوية في العدد لعدد الأقسام الجزئية المراد تجزئة المسافات الموجودة على القدمة إليها.



شكل (3 – 4) مقياس ورنية

وفي الحالة الموجودة في الشكل (3- 4) يمكن قراءة الأطوال حتى (0,1) ملم و هي المسافة بين كل شريطين على القدمة ولذلك تكون الورنية في هذه الحالة مقسمة إلى عشرة أقسام, و بالنظر إلى الشكل (3 - 4) يلاحظ أن إحدى علامات الورنية تنطبق على إحدى علامات المقياس الرئيس بدرجة أكثر من انطباق أية علامة أخرى من الورنية على علامة أخرى من المقياس الرئيس ويبين شكل القدمة ذات الورنية مع أهم الأجزاء المكونة لها من الشكل (3 - 4) , القياس هو قياس القدمة + قياس الورنية

إذا فالقياس هو:

= 12 ملم + تطابق خط الورنية مع خط القدمة

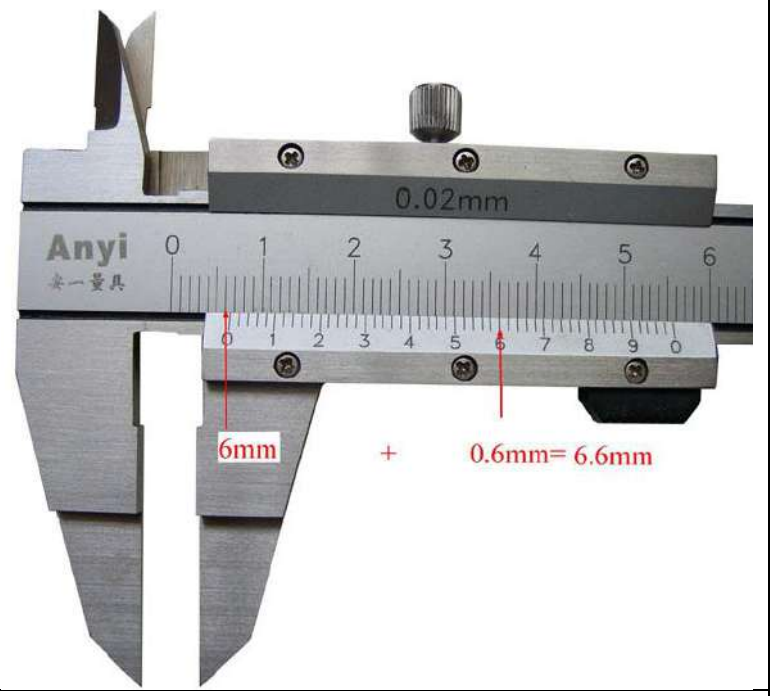
= 12 ملم + 0.3 ملم

= 12.3 ملم

كيفية تنفيذ قياس الأبعاد باستخدام الورنية

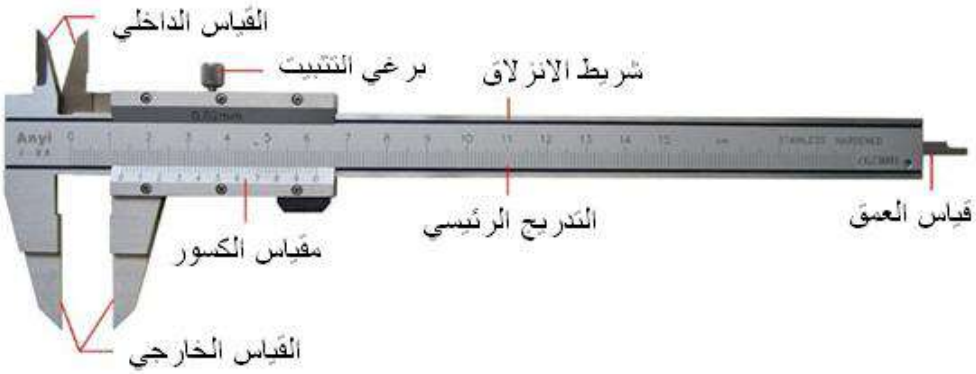
لتفرض أننا نريد قياس أحد الأبعاد الخارجية لقالب من المعدن فإن خطوات عمل القياس كالآتي:

1- تثبيت القالب بين فكي القياس الخارجي في القدمة.
2- نقرأ المقياس على العمود الرئيس (المقياس الرئيس) و نفرض أنه كان (6) ملم.
3- نقرأ القيمة على مقياس الورنية المناظر للمقياس الرئيس وهي أكبر من (0,6) ملم.
4- فتكون القيمة المقاسة أكبر من (6,6) ملم.



شكل (3 – 5) أخذ القراءة من الورنية

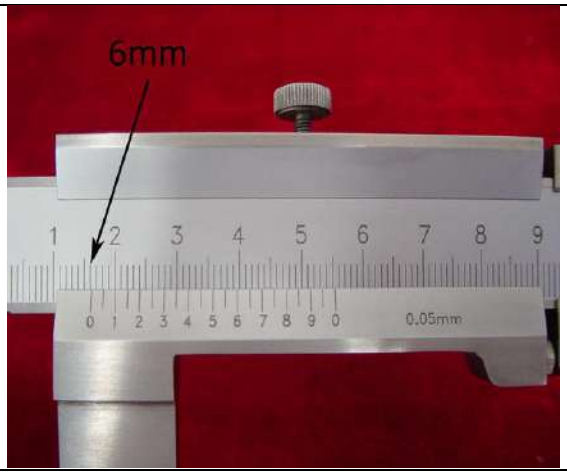
5 - أعد التجربة لقياس القطر الداخلي لأنبوب معدني.



شكل(3- 6) أجزاء الورنية

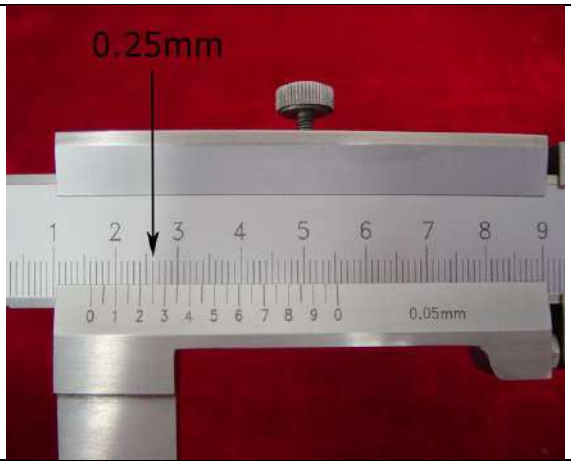
مثال

تتبع الصور التالية لأخذ القراءة النهائية على الورنية شكل (3- 7) .

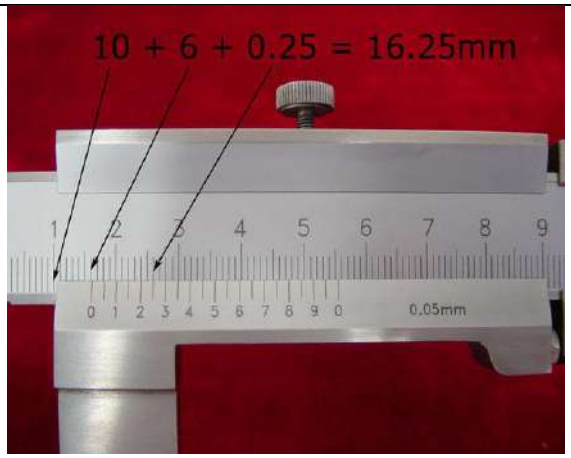


(أ)

(ب)



(ج)



(د)

شكل رقم (3- 7) قراءة الكليبر

الحل :

1- خذ قراءة التدريج الرئيسي على الفك الثابت والواقعة قبل تدريج الصفر على الفك المتحرك ولتكن كما في الشكل (أ) 1cm= 10mm

2- حدد العلامة بالمليمتر من خلال تدريج صفر الفك المتحرك ولتكن كما في الشكل (ب)6mm

3- خذ القراءة من خلال المقياسين الثابت والمتحرك تجد تطابق خط المليمتر المتحرك (0.25mm) مع أحد خطوط الفك الثابت كما في الشكل (ج).

4- للحصول على القراءة النهائية قم بجمع كافة المقادير كما يلي :

$$10mm + 6mm + 0.25mm = 16.25mm$$

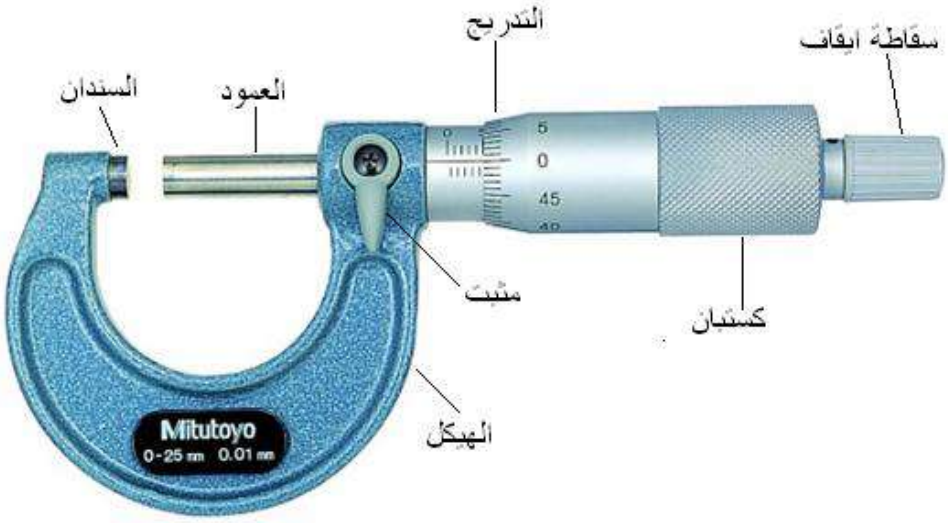
وبذلك نحصل على القراءة النهائية والتي تعادل :

$$16.25mm$$

رابعاً : الميكروميتر: Micrometer

الميكروميتر هو: جهاز للقياس المباشر يمكن بواسطته قياس الأقطار الخارجية، وتكون دقة القراءة به في حدود (0.01) مليمتر ؛ يحول الميكروميتر الإزاحة الخطية إلى زاوية دوران باستعمال مسمار مسنن ويضخمها، ويتحرك المسمار المسنن خطوة واحدة خلال لفة واحدة. ويبين الشكل (3 - 8)

تركيب الميكروميتر الخارجي:



شكل (3 – 8)الميكروميتر

في الشكل تكون خطوة المسمار (0.5) ملم، ويقسم المقاس الأسطواني على الكستبان إلى 50 قسماً متساوياً وعلى ذلك يكون كل قسم من المقياس يساوي (0,01) ملم.

وتتحدد دقة القياس باستخدام الميكروميتر بعدة عوامل أهمها :

1 -توازي واستواء أسطح القياس للعمود والسندان.

2 -قوة القياس وتستعمل سقاطة إيقاف لتجعل قوه القياس ثابتة وتضبط قوه القياس في المدى من 510إلى 1530غم قوه

3 -خطوة المسار.

ولهذا السبب، يكون مدى القياس محدوداً بـ (25) ملم إلى (50) ملم.

وتنقسم أنواع المكيروميتر إلى الميكروميتر الخارجي، و الميكروميتر الداخلي لقياس القطر الداخلي، وميكروميتر العمق، وميكروميتر قياس سماكة أسنان العجلات المسننة، وميكروميتر المسامير المسننة.

الميكروميتر (طريقة العمل)

شكل (3 – 9) يوضح قراءة الميكروميتر (5,25) ملم, دقة القياس (0,01) ملم, و لزيادة الإيضاح فقد تم تكبير رأس الميكروميتر لكي يتم توضيح قيمة قراءة الميكروميتر .

عملية قراءة الميكروميتر كالآتي:

1 – خط التقسيم الطولي الرئيس بأسطوانة القياس الداخلية مقسم من أعلى بالمليمتر الصحيح و من أسفل بأنصاف المليمتر, و هذا يعني أن خطوة قلاووظ عمود القياس = (0,5) ملم.

2 – قراءة التقسيم الطولي الرئيس = (5) ملم.

3 – قراءة التقسيم الرئيس السفلي = (0,5) ملم.

4 – قراءة مخروط أسطوانة القياس = (28) جزء = (0,28 × 0,5) / 0,50= (0,28) ملم.

5 – عليه تكون قراءة الميكروميتر = (5 + 0,5 + 0,28) = (5,78) ملم.

قياس الأبعاد باستخدام الميكروميتر :

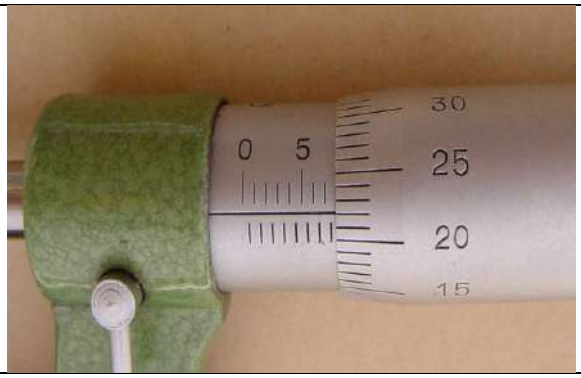
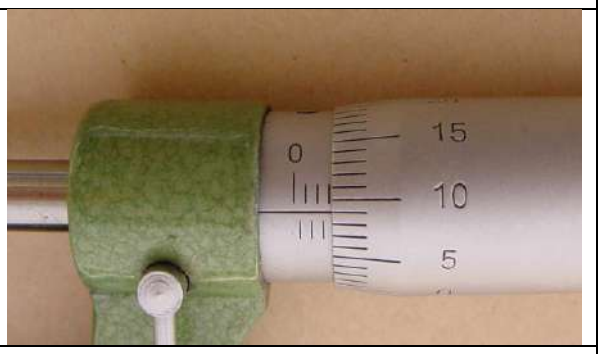
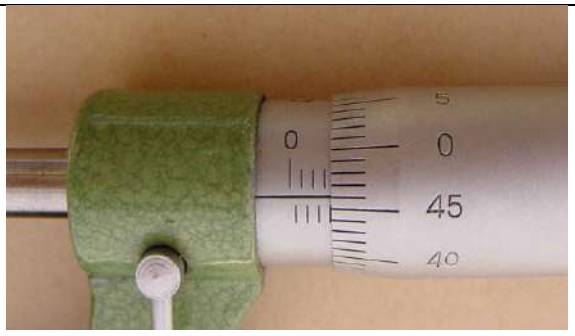
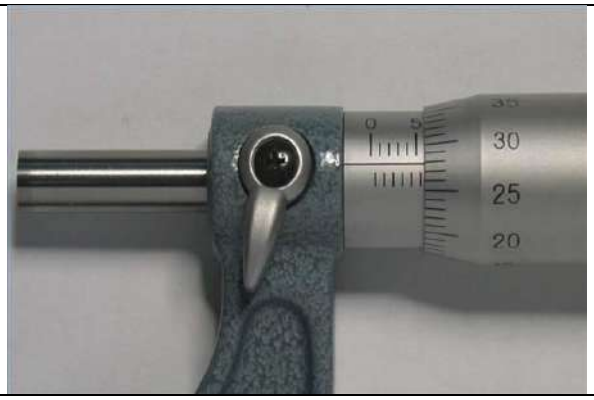
لنفرض أننا نريد قياس القطر الخارجي لأنبوب من المعدن قطره الخارجي (2,14) ملم فإننا نستنتج الخطوات التالية:

1. نثبت الأنبوب المعدني بشكل جيد بين العمود والسندان مع ملاحظة عدم الشد بقوة أكثر من المدى المسموح به
2. نقرأ القيمة المقاسة على تدريج العمود مع ملاحظة أن تلك القيمة تكون لأقرب (ملم) أي إن القيمة المقاسة على تدريج العمود هي (2.1) ملم

3. نلاحظ أن المسار يتحرك خطوة واحدة خلال لفة واحدة. نقرأ على المقياس الأسطواني على الكستبان القيمة (0,04) ملم فتكون القيمة المقاسة (2.14) ملم.

ملحوظة: إن المقياس الأسطواني مقسم إلى (50) جزءاً وإن كل قسم من المقياس الأسطواني يساوي (0,01) ملم.

شكل رقم (3 – 9) ميكروميتر

	
7.0 + 0.38 = 7.38mm	7.0+0.50 + 0.22 = 7.72 mm
	
0.0 + 0.29= *0.29 mm*	3.0 + 0.09 = *3.09 mm*
	
3.0 + 0.50 + 0.06 = *3.56 mm*	3.0 + 0.46 = *3.46 mm*
	
5.0+0.50+0.28=5.78mm	5.0 + 0.50 + 0.30 = *5.80 mm*

شكل (3- 10) نماذج لقراءات مختلفة باستخدام الميكروميتر

ثالثاً: قوالب القياس: Gauge Blocks

قوالب القياس عبارة عن مجسمات قياس (محددات القياس) وهي تمثل أدق وسيلة قياس بالورشة، ويمكن استخدام قوالب القياس المعيارية سواء للقياس المباشر أو لمقارنة القياسات من أجل ضبط أجهزة القياس.

وتنقسم قوالب القياس إلى نوعين أساسيين هما:

1. قوالب القياس المتوازية.
2. قوالب قياس الزوايا.

قوالب القياس المتوازية: Parallel Gauge Blocks

عبارة عن كتل قياس بشكل متوازي مستطيلات ذات أسطح قياس متوازية، وتسمى بمحددات القياس المنزلقة نسبة إلى سهولة انزلاقها. وتتميز هذه القوالب بسهولة تجميعها لتكوين قياس معين وعادة تكون أبعاد مقطعها بالقياسات التالية :

(أ) - أبعاد القوالب التي تزيد قياسها عن (10) ملم هي (35 × 9) ملم.

(ب) - أبعاد القوالب التي قياسها مابين (5 ملم و 10 ملم) هي (30×9) ملم.

(ت) - أبعاد القوالب التي قياسها أقل من (5) ملم هي (20 × 9) ملم.

ويجهز السطحان المتوازيان تجهيزاً عالي الدقة بحيث يصل إلى درجة فائقة من النعومة والاستواء واللمعان بحيث يعتبر كل سطح منهما مسطحاً ضوئياً، ولهذا فإنه عند انزلاق السطحين المتوازيين على بعضيهما فإنهما يلتصقان ببعضهما , ويرجع ذلك إلى تجاذب ذرات كل من السطحين الأملسين وإلى الضغط الجوي.

هذا مع ملاحظة أن المسافة بين سطحي القياس المتوازيين تمثل طول القالب وهي مسجلة على سطح القالب بالحفر وتعتبر هي البعد الأصلي وكمرجع للقياس.

شكل (3 – 11) قوالب القياس المتوازية

قوالب قياس الزوايا Angle Gauge Blocks

تصنع قوالب قياس الزوايا بنفس مواصفات قوالب القياس المستطيلة وتوجد على هيئة مجموعة بصندوق خشبي شكل(3- 12).

ويتم تجهيز سطحي القياس المنحرفين تجهيزاً عالي الدقة بحيث يصلا إلى درجه فائقة من النعومة واللمعان وقيمة الزاوية إما أن تكون بالدرجة أو بالدقيقة أو بالثانية.

شكل (3 – 12) قوالب قياس الزوايا

فئات قوالب القياس : Categories of Gauge Blocks

تصنع قوالب القياس بأربع درجات (رتب) متفاوتة في الدقة ، وفيما يلي فئات(رتب) القوالب متدرجة تبعا لدرجات دقتها :

1 القوالب الأمامية؛ ويرمز لها بالرمز (00) وتوجد هذه القوالب في معامل الأبحاث والمعايرة فقط في حجرات مكيفة قياسية وتستخدم بمثابة مراجع قياسية فقط مثل مراجعة محددات القياس عالية الدقة.

2 قوالب المراجع ؛ ويرمز لها بالرمز (0) و تستخدم غالبا في مراجعة محددات القياس العادية وضبط أجهزة القياس.

3 قوالب التفتيش.ويرمز لها بالرمز (1) وتوجد هذه القوالب في حجرات التفتيش المكيفة الموجودة بالمصانع المختلفة وتستخدم في مراجعة الفئة التي تليها.

4 قوالب التشغيل.ويرمز لها بالرمز (2) وتوجد في ورش الإنتاج والتشغيل وتستخدم في ضبط ماكينات التشغيل وقياس أبعاد الأجزاء المصنعة.

تدريبات عملية

التدريب العملي رقم (1)

الهدف:

معرفة كيفية قياس الأبعاد الداخلية و الخارجية للأجسام بواسطة القدمة ذات الورنية.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وآلة حاسبة,وقلم,والقدمة ذات الورنية.

المطلوب:

قياس الأبعاد الداخلية و الخارجية للأجسام بواسطة القدمة ذات الورنية.

الخطوات:

قم بقياس الأبعاد الداخلية و الخارجية لبعض الأجسام (قوالب و أنابيب متنوعة)			
الجسم الأول		الجسم الثاني	
رمزه (اسمه)		رمزه (اسمه)	
طوله		طوله	
الجسم الثالث		الجسم الرابع	
رمزه (اسمه)		رمزه (اسمه)	
طوله		طوله	

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (2)

الهدف:

معرفة كيفية قياس الأبعاد باستخدام الميكرومتر.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وآلة حاسبة,وقلم,والميكرومتر.

المطلوب:

قم بقياس الأبعاد الداخلية و الخارجية لبعض الأجسام (قوالب و أنابيب متنوعة)			
الجسم الأول		الجسم الثاني	
رمزه (اسمه)		رمزه (اسمه)	
طوله		طوله	
الجسم الثالث		الجسم الرابع	
رمزه (اسمه)		رمزه (اسمه)	
طوله		طوله	

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (3)

الهدف:

معرفة أهم أقسام و فئات قوالب القياس و عمل المعايرة لها.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وقلم,وآلة حاسبة,ومجموعة من قوالب القياس.

المطلوب:

1 – تحديد أهم الفئات و الأقسام لقوالب القياس.

2 – عمل المعايرة باستخدام قوالب القياس.

الخطوات:

1 - قم بإحضار مجموعة من قوالب القياس المعيارية			
القالب الأول		القالب الثاني	
رمزه		رمزه	
رقمه		رقمه	
2 – قم بإحضار مجموعة من القوالب المعدنية و الأنابيب المختلفة			
القطعة الأولى		القطعة الثانية	
رمزها		رمزها	
رقمها		رقمها	

3 – قم بمقارنة و معايرة الأطوال للقطع المعدنية بواسطة القوالب المعيارية.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

الوحدة الرابعة

قياس درجة الحرارة

الهدف العام: معرفة كيفية قياس درجة الحرارة بواسطة الثيرمومتر بأنواعه المختلفة, الزوج الحراري, المقاومة الكهربائية, الثيرموستر.

الأهداف التفصيلية: عندما يكتمل هذا الفصل تكون لديك القدرة على قياس درجة الحرارة بواسطة:

1. الثيرمومتر الزجاجي.
2. ثيرمومتر الضغط.
3. الثيرمومتر المزدوج المعدن.
4. الزوج الحراري.
5. المقاومة الكهربائية.
6. الثيرموستر (أشباه الموصلات).

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات تدريبية.

الوحدة الرابعة

قياس درجة الحرارة

Temperature Measurement

مقدمة : Introducion

تعتبر درجة الحرارة بعدا إضافيا يضاف إلى الطول والزمن والكتلة وفي الحقيقة أنه لا يمكن أن تذكر ظاهرة فيزيائية أو كيميائية لا تعتمد على درجة الحرارة.

وطُورت المقاييس المعروفة لدرجة الحرارة بتعيين قيم عددية لكل من نقطة انصهار الثلج، ونقطة غليان الماء عند الضغط الجوي القياسي، وفي المقياس المئوي تكون نقطة انصهار الثلج صفر درجة مئوية، ونقطة تبخر الماء (100مْ) بتباعد أساسي بينهما قدرة مئة درجة. أما في مقياس الفهرنهيت فتكون نقطة الثلج (32فْ) ونقطة البخار (212فْ) بتباعد أساسي قدره 180درجة.

تعرف أجهزه قياس درجة الحرارة بالثيرمومترات وتعتمد معظم الأجهزة على إحدى هذه التغيرات:

1. تغيرات في الأبعاد كالتمدد أو الانكماش للمواد سواء كانت سائلة ؛ غازية أو صلبة. مثل الثيرمومتر الزجاجي والشريحة المزدوجة لمعدن.
2. التغير في المقاومة الكهربائية.
3. القوة الدافعة الكهروحرارية نتيجة استعمال معدنيين مختلفين أو ما يعرف بالزوج الحراري.
4. التغير في شدة ولون الإشعاع الصادر من جسم ساخن.

قياس درجة الحرارة بواسطة الثيرمومترات Temperature Measurement by thermometers

تتمدد جميع المواد عموماً بارتفاع درجة حرارتها و إن كانت هناك بعض المواد التي تخرج عن هذه القاعدة.

وقد استغلت خاصية تمدد المواد الغازية والسائلة والصلبة في صناعة بعض الثيرمومترات العملية, هذا مع ملاحظة أن ثيرمومتر التمدد يعتمد أساساً على قياس الفرق بين تمدد مادتين مختلفتين وسنعرض هنا ثلاثة أنواع من الثيرمومترات المستخدمة في قياس درجة الحرارة وهي:

1. الثيرمومتر الزجاجي. Glass Thermometer
2. ثيرمومتر الضغط. pressure Thermometer
3. الثيرمومتر المزدوج المعدن.Bimetallic strip Thermometer

الثيرمومتر الزجاجي:Glass Thermometer

وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية بداخلها أنبوبة شعرية وعلى سطحها الخارجي يوجد تدريج القياس {شكل رقم (4 - 1)} و الأنبوبة الشعرية متصلة في إحدى نهاياتها بخزان صغير يوجد به سائل قابل للتمدد و الانكماش حسب درجة الحرارة.

شكل (4 – 1) الثيرموميتر الزجاجي

ويعتبر الثيرمومتر الزئبقي في الزجاج أكثر الثيرمومترات استعمالا لقياس درجة الحرارة - ويتكون من فقاعة زجاجية تحتوي على كمية من الزئبق، وساق مصنوعة من أنبوبة سميكة الجدران وبها مجرى شعري و الحد الأدنى لقراءة الثيرمومتر هي نقطه تجمد الزئبق وهي حوالي 38.3مْ.

أما الحد الأعلى المناسب لقياس درجات الحرارة بواسطة الثيرمومتر الزئبقي في حدود 260مْ.

ولما كان من غير الممكن استعمال الزئبق كسائل لقياس درجات الحرارة التي تقل عن تجمده وهي
38,8 مْ، لذلك تستعمل سوائل أخرى ذات نقطة تجمد أقل من الزئبق وهي:

الرقم	اسم المادة	نقطة التجمد	نقطة الغليان
.1	إيثل الكحول	100 - مْ	78.33مْ
.2	بنتين	130.56 - مْ	36.11مْ
.3	تولين	92.22 - مْ	110.55مْ

جدول(4- 1)

وهذه المواد في الغالب شفافة، ولذلك تضاف إليها صبغة حتى يمكن رؤية عمود السائل.

تجربة رقم (1) استخدام الثيرمومتر الزئبقي

خطوات إجراء التجربة:

1. يملأ سخان الماء بالماء النظيف المقطر و نملأ الترمس بخليط الثلج المجروش و بعض الملح و ماء نظيف.
2. نحضر الثيرمومتر الزئبقي و نقرأ به درجة حرارة الجو.
3. نغمس الثيرمومتر الزئبقي في محلول الثلج المخلوط و نقلب بلطف و نتأكد من أن قراءة الثيرمومتر هي الصفر المئوي.
4. نشغل السخان ثم نحرك مفتاح القدرة الخاص بالسخان في اتجاه عقارب الساعة كاملا, حتى يصل الماء إلى درجة الغليان و نتأكد من أن قراءة الثيرمومتر هي مئة درجة مئوية.
5. إعادة نفس المحاولة بوضع الثيرمومتر مرة أخرى في الثلج ثم الماء المغلي و نتأكد من أن القراءتين هما صفر و مئة.

ملحوظات: يضاف الملح إلى الثلج المجروش المخلوط بالماء بنسبة (5) غرام لكل لتر.

أ- نلاحظ أن إضافة الملح إلى الثلج المجروش يخفض درجة حرارة تجمد الماء فلا يتجمد الماء في هذه الحالة عند الصفر المئوي.

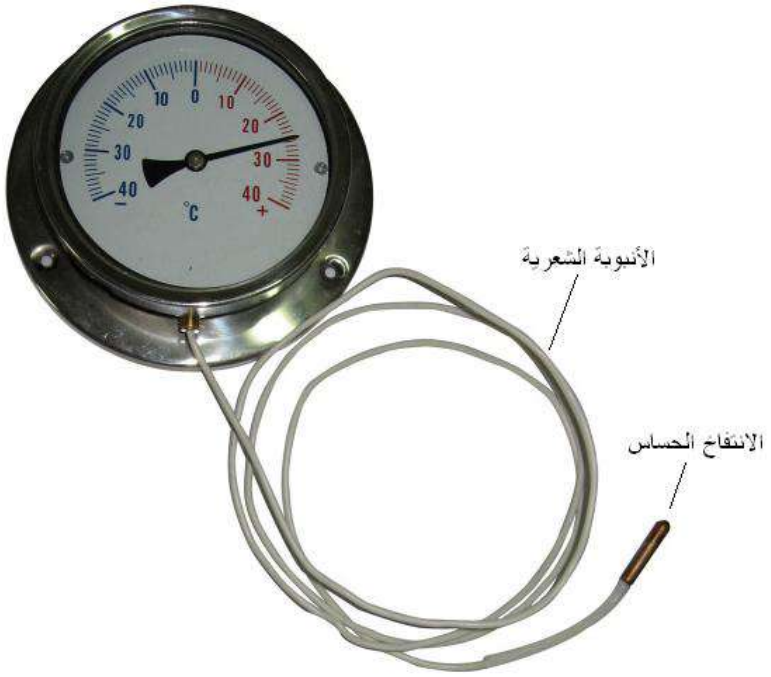
ب- نلاحظ أن الماء يغلي عند 100 مْ فقط عند ضغط جوي مقداره 76 سم زئبق، وإذا قل الضغط فإن درجة غليان الماء تقل عن 100 مْ وإذا زاد الضغط تزيد درجة الغليان.

الاستنتاج

نستنتج من هذه التجربة أن الماء النظيف يمكن استخدامه في المعايرة من صفر حتى 100 مْ، وكذلك يصلح الثيرمومتر الزئبقي للمعايرة في هذا المدى.

ثيرمومتر الضغط : Pressure Thermometer

إذا وضع مائع في حيز مقفل، أصبح الضغط دالة على درجة الحرارة. وعلى ذلك يمكن بيان درجة الحرارة بواسطة جهاز بوردن لقياس الضغط شكل (4 – 2) وتستعمل السوائل و الغازات في ثيرمومتر الضغط. وكلها تتميز بالقراءة المباشرة بواسطة مؤشر على مقياس مدرج. ولثيرمومتر الضغط القدرة على تشغيل أجهزة التحكم.



شكل (4 – 2) ثيرمومتر الضغط

وفي التصميم العام، توضع المادة المائعة في فقاعة، وتوضع هذه الفقاعة في المائع المراد قراءة درجة حرارته، وتصل أنبوبة شعرية مابين الفقاعة وجهاز قياس الضغط الذي يكون مدرجاً بحيث يقرأ درجات الحرارة.

ويجب ملاحظة أن درجة حرارة الأنبوبة الشعرية تؤثر على قراءة الجهاز ويمكن معالجة الخطأ الناتج بجعل الأنبوبة الشعرية رقيقة جداً.

أما المائع المستخدم فقد يكون سائلاً أو غازاً ومثال على ذلك:

الرقم	اسم المائع	المدى المناسب للقياس (مْ)
.1	كلوريد الميثيل CH_3CL	0 To 50 ℃
.2	الكحول الإيثيلي CH_3CH_2OH	90 To 170 ℃
.3	نيتروجين N_2	-180 To -130 ℃

جدول رقم (4- 2)

تجربة رقم {2} استخدام ثيرمومتر ضغط البخار

خطوات التجربة:

1. أضف الماء النظيف إلى سخان الماء.
2. شغل مصدر الطاقة في السخان ثم ضع كلاً من الثيرمومتر الزئبقي و ثيرمومتر ضغط البخار في المكان الخاص بكل منهما ثم نلاحظ قراءة كل منهما وذلك عند جهد معين.
3. أدر مصدر الطاقة الكهربائي كاملا في اتجاه عقارب الساعة و لاحظ قراءة كل من الثيرمومترين أثناء ارتفاع درجة الحرارة.
4. في حالة القراءة على فترات نحتاج لتقليل القدرة الكهربائية بإدارة المفتاح عكس عقارب الساعة. حتى نصل إلى حالة القراءة الثابتة الاستقرار (Steady State) وهو الوقت الذي تثبت فيه القراءة.

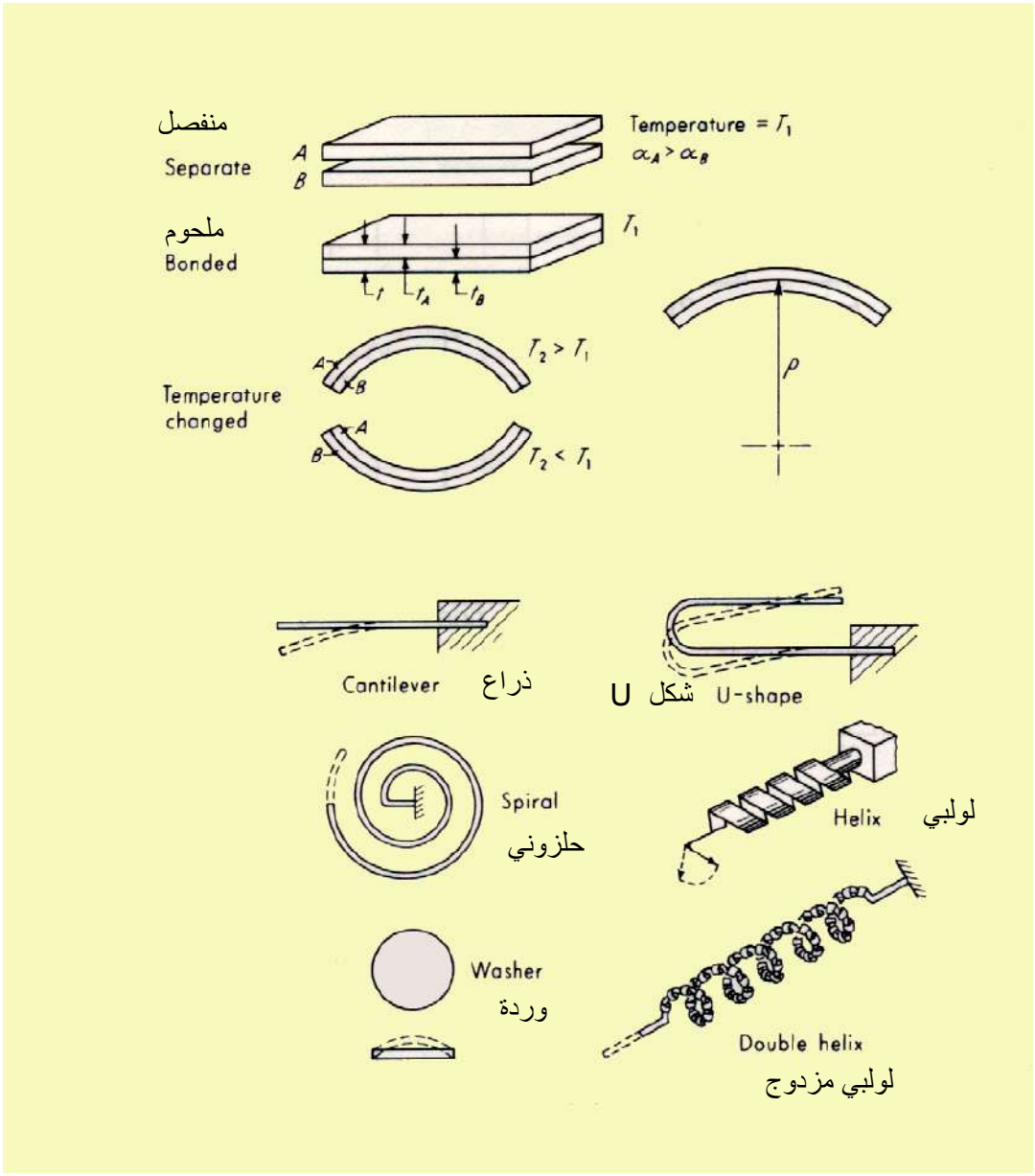
الاستنتاج

نستنتج من التجربة أن ثيرمومتر ضغط البخار غير مناسب للقراءات اللحظية وذلك لردة فعله البطيئة.

الثيرمومتر المزدوج المعدن (Bimetallic strip Thermometer)

باستعمال معدنيين لهما معامل تمدد حراري مختلف وملحومان ببعضهما البعض يمكن بيان درجة الحرارة وإحدى الاستعمالات لهذه الطريقة من القياس هي الثيرموستات حيث تكون الوحدة الحساسة أنبوبة معدنية والوحدة المرجع عمود من الكوارتز ذو معامل التمدد الحراري المنخفض.

يلف المعدنان أو يلحمان ببعضهما بحيث يظهر المعدنان المختلفان على وجهي الشريط المتضادين فإذا تعرض الشريط لتغيير في درجة الحرارة التف, ويشكل الشريط على هيئة حلزوني مزدوج ويثبت أحد طرفي الحلزوني، أما الطرف الآخر فإنه يتصل بعمود مؤشر ويحمل رأس الثيرمومتر تدريجاً دائريا تمثل درجة الحرارة. ويمكن استعمال هذا النوع من الترمومترات في المدى (-30 to 550 C°) و بدقة تصل إلى 1 ٪.



شكل (4 – 3) أنواع مختلفة من الثيرمومتر المزدوج المعدن

تجربة رقم (3) استخدام الثيرمومتر ثنائي المعدن : Thermocouples

1. يتم تشغيل سخان الهواء والمروحة (Blower).
2. اقرأ درجة حرارة الجو بكل من الثيرمومتر ثنائي المعدن و الثيرمومتر الزئبقي ثم قارن بينهما.
3. خذ القراءة في خلال مجرى سخان الهواء بواسطة الثيرمومتر ثنائي المعدن و الثيرمومتر الزئبقي ثم قارن بينهما.
4. لاحظ أن قراءة درجة الحرارة المسجلة باستخدام الثيرمومتر ثنائي المعدن تحتاج إلى وقت أكثر بكثير من الثيرمومتر الزئبقي حتى نصل إلى درجة الحرارة الحقيقة المستقرة (Steady State).

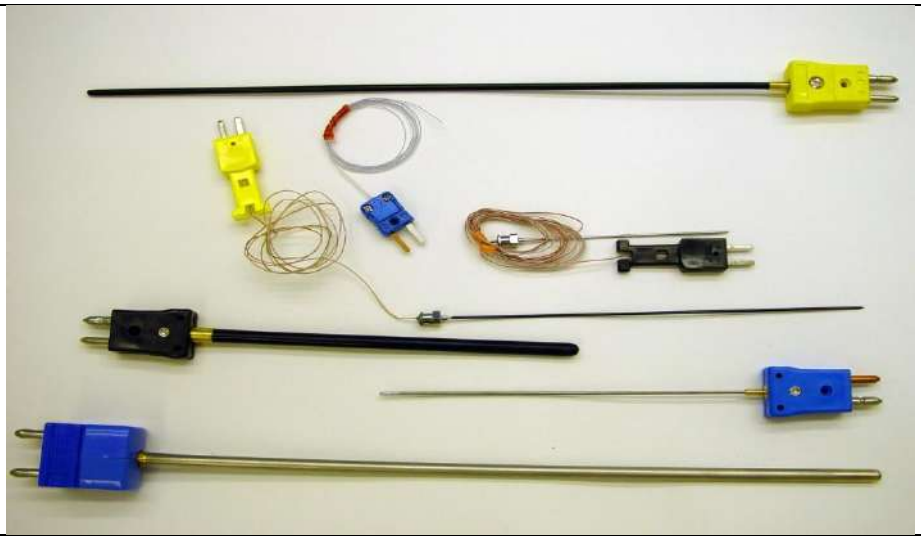
الاستنتاج

نستنتج من هذه التجربة أن دقة القراءة لدرجة الحرارة بواسطة الثيرمومتر ثنائي المعدن ليست كبيرة، لذا فهو يستخدم في مجال الصناعة بكثرة في القياسات التي لا تحتاج إلى دقة كبيرة.

استخدام الزوج الحراري في قياس درجة الحرارة

عند توصيل سلكين معدنيين من مادتين مختلفتين و تعريضها لدرجتي حرارة مختلفتين فإنه تتولد قوة دافعة كهربائية، تتوقف على نوع السلكين ودرجتي الحرارة ويسمى هذا بالازدواج الحراري.

وكما هو واضح في الشكل (4 – 4) تتكون دائرة كهربائية مقفلة باستخدام أسلاك معدنية من معدنيين مختلفين.



شكل (4 – 4) أنواع مختلفة من المجسات المزدوجة المعدن

ونتيجة اختلاف درجات الحرارة للجزأين المتصلين تتولد القوة الدافعة الكهربائية والتي تتسبب في سريان التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية المتولدة باسم القوة الحرارية الكهربائية.

ويجب ملاحظة ثبات درجة حرارة النقطة الباردة (المرجع) في المزدوجة الحرارية و إلا أضيف في المزدوجة خطوط تعويض وتوصيلها إلى نقطة ذات درجة حرارة ثابتة. وكثيراً ما تكون درجة حرارة النقطة الباردة (المرجع) هي نقطة تجمد الثلج (صفر مئوي).

شكل(4- 5) جهاز ازدواج حراري رقمي

المواد المستعملة في المزدوجة الحرارية :

يجب ملاحظة أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الدائرة يعتمد على نوع السلكين المعدنيين المستخدمين والفرق في درجات الحرارة للجزأين المتصلين. وهناك عدد قليل من المعادن المزدوجة التي تستعمل عادة في الازدواج الحراري.

وفيما يلي أهم شروط استعمال هذه المعادن:

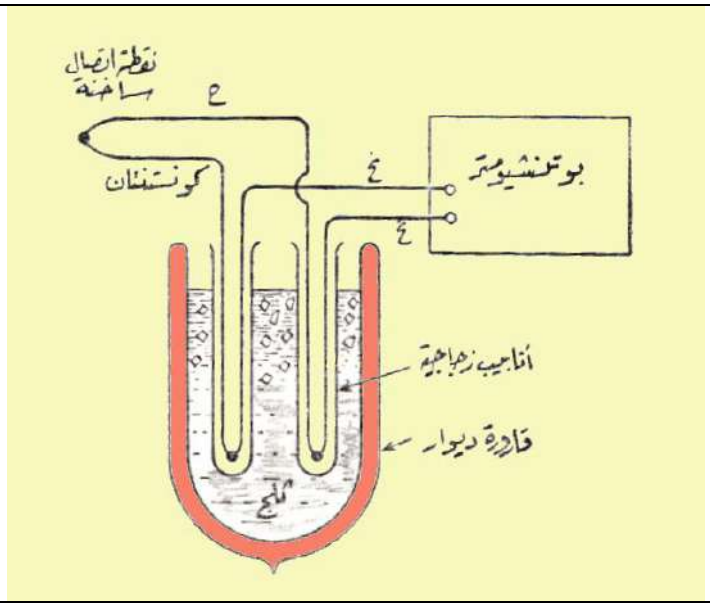
1. مدى واسع للعلاقة الطردية – الزيادة- بين القوة الدافعة الكهربائية و درجة الحرارة.
2. معامل كبير و محسوس لتغير القوة الدافعة الكهربائية مع درجة الحرارة.
3. مقاومة المعادن للتآكل و الأكسدة.
4. سهولة الحصول على المعادن.
5. عدم وجود تغييرات مفاجئة في العلاقة الطردية بين القوة الدافعة الكهربائية و درجة الحرارة.

والجدول التالي يبين أهم المواد المستخدمة في المزدوجة الحرارية:

الحرف المميز	نوع المزدوجة الحرارية	أقصى درجة حرارية	أقصى فرق جهد كهربائي متولد عند نقطة مرجع صفر مئوي
Type	Thermocouple	Max. Temperature	Max.thermo-volltageV_0 at 0 C
T	Cu-CuNi	400 C°	20.869 mV
E	NiCr-CuNi	1000 C°	76.352 mV
J	Fe-CuNi	1200 C°	69.536mV
K	NiCr-Ni	1372 C°	54.865 mV

جدول رقم (4- 3) أهم المواد المستخدمة في المزدوجة الحرارية

ونظراً لأن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة من الازدواج الحراري هي ذات قيمة صغيرة جداً، فإنه يلزم استخدام طرق قياس ذات دقة عالية. وللحصول على هذه الدقة فإنه تستخدم مقاومة كهربائيةمتغيرة القيمة مع الدائرة الكهربائية الأصلية وذلك حسب الشكل المرفق:



شكل (4 – 6)

وفي هذه الدائرة تستخدم مقاومة كهربائيةمتغيرة متصلة مع منبع كهربائي ثابت وكذلك جهاز الجلفانومتر وفائدة جهاز الجلفانومتر هو أنه يبين فيما إذا كانت الدائرة الكهربائية يمر بها تيار كهربائي أم لا. وللحصول على درجة حرارة المقياس يتم تحريك المنزلق الخاص بالمقاومة المتغيرة حتى نحصل على تيار قيمته (صفر) (لا يمر تيار من الدائرة). في تلك الحالة يكون التيار المتولد بواسطة المنبع الكهربائي يساوي قيمة التيار الناتج عن الازدواج الحراري، وبقراءة قيمة المقاومة المتغيرة ومن منحنيات المقاومة يمكن الحصول على درجة الحرارة.

تجربة (4) استخدام الزوج الحراري في قياس درجة الحرارة

لكي نوجد علاقة بين الجهد الكهربائي ودرجة الحرارة في المزدوج الحراري نستخدم ثيرمومتر المقاومة البلاتيني للمعايرة كالآتي:

1. أضف الماء النظيف إلى السخان والثلج المجروش إلى الحافظة وإضف بعض الماء النظيف له.
2. أحضر ثيرمومتر المقاومة البلاتيني من مكانه (يحتوي على فيش ذي أربعة أذرع صغيرة) و صله في مكانه على لوح التشغيل ثم ضعه في مكانه في السخان المائي وتأكد من ملامسته للماء.
3. أحضر اثنين من الأزواج الحرارية (Type K) و صلهم نهايات حمراء و سوداء.
4. في البداية ضع كلا الزوجين الحراريين في إناء واحد للتأكد أن الملي فولت يقرأ صفراً مئوياً ثم أعده إلى الوضع الأول.
5. سجل قراءة الملي فولت في نفس الوقت مع قراءة ثيرمومتر المقاومة البلاتيني وذلك عند جهود مختلفة مع مراعاة الاستقرار وكرر ذلك حتى الوصول إلى درجة الغليان.
6. ارسم العلاقة بين قراءة درجات الحرارة المختلفة على الرسم البياني مع الملي فولت, و هذا المنحنى يستخدم بعد ذلك لقياس و معرفة درجة الحرارة المقاسة بمعرفة فرق الجهد حيث إن قراءة الملي فولت تعبر عن درجة الحرارة المقاسة.
7. يمكن إعادة التجربة باستخدام زوج حراري آخر.

شكل (4 – 7) الزوج الحراري

قياس درجة الحرارة بواسطة المقاومة الكهربائية :

تزيد المقاومة الكهربائية للمعادن النقية عموما بمعدل منتظم وذلك تبعا لارتفاع درجات الحرارة.

والعلاقة الخطية بين مقدار التغير في المقاومة الكهربائية والتغير في درجة الحرارة هي:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)] \qquad (1)$$

حيث إن:

R_2 المقاومة الكهربائية للمادة عند درجة الحرارة T_2.

R_1 المقاومة الكهربائية للمادة عند درجة الحرارة T_1.

α معامل المقاومة الحراري للمادة.

ويمكن استخدام المعادلة رقم (1) في قياس التغير في المقاومة الكهربائية عندما يكون هناك مدى قصير في درجات الحرارة. أما إذا كان المدى في درجات الحرارة كبيرا فتستعمل المعادلة التالية:

$$R = R_0 [1 + aT + bT] \qquad (2)$$

حيث إن:

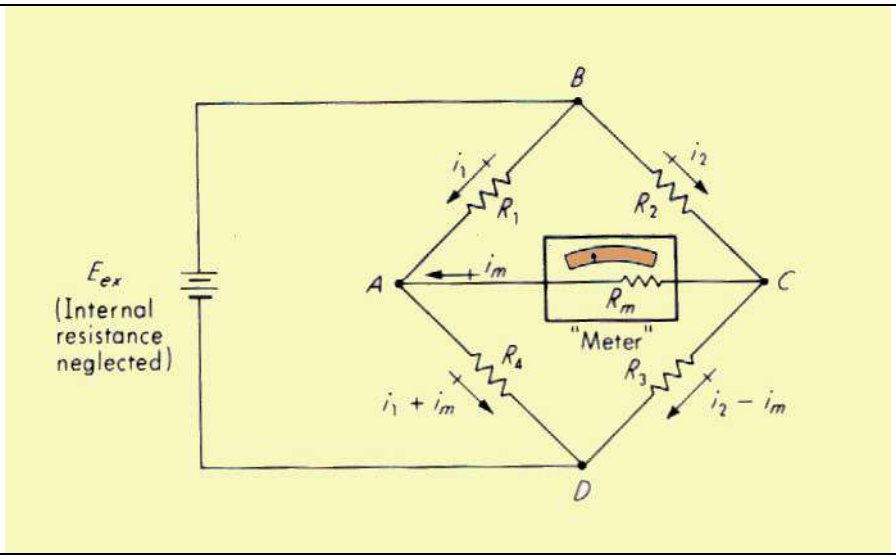
R المقاومة عند درجة الحرارة T.

R_0 المقاومة عند درجة حرارة المرجع T_0.

a, b عوامل ثابتة تحدد مخبريا.

طريقة القياس

تقاس درجة الحرارة باستعمال قنطرة هويستون (Wheatstone Bridge) الموضحة بالشكل التالي:



شكل (4 – 8) قنطرة هويستون

تحتوي قنطرة هويستون على أربع مقاومات منها (R_1 وR_2)مقاومتان معلومتان وثابتتان و R_3 مقاومة متغيرة تستخدم لعمل اتزان الجلفانومتر (G) ثم المقاومة (R_4) وهي المقاومة المجهولة المراد إيجاد درجة الحرارة المقابلة لها و التي تتصل بثيرمومتر المقاومة.

عند توصيل المنبع الكهربائي يمر التيار في جميع الأفرع و بواسطة المقاومة المتغيرة يمكن تثبيت مؤشر الجلفانومتر عند وضع الصفر و بتطبيق قانون كيرشوف المغلق نجد أن:

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$$

Or

$$R_4 = R_3 \times \frac{R_2}{R_1}$$

و بمعرفة (R_4) يمكن إيجاد درجة الحرارة المناظرة باستخدام معادلة رقم (1).

ومن أهم خصائص ثيرمومترات المقاومة الكهربائية أن لها دقة عالية و يمكن استعمالها في المدى

-220 to 600 C° ومن أهم المعادن المستخدمة في ثيرمومتر المقاومة الكهربائية النحاس,والنيكل, والذهب,والفضة, و البلاتين.

تجربه رقم (5) استخدام ثيرمومتر المقاومة RTD (البلاتيني) في قياس درجة الحرارة

خطوات التجربة

1. أضف الماء النظيف لسخان الماء.
2. شغل مصدر الطاقة في السخان ثم ضع ثيرمومتر المقاومة في المكان الخاص به ثم لاحظ قراءة الثيرمومتر وذلك عند جهد معين .
3. أدر مصدر الطاقة الكهربائي كاملاً ولاحظ قراءة الثيرمومتر أثناء الارتفاع في درجة الحرارة.
4. استمر بالتسخين حتى تصل إلى درجة الحرارة (100مْ) وهي درجة غليان الماء ولاحظ قراءة الثيرمومتر.

الاستنتاج

نستنتج من هذه التجربة ما يلي:

1. دقة القراءة والقياس لدرجة الحرارة بواسطة ثيرمومتر المقاومة هي دقة عالية.
2. تكون القراءة التي نحصل عليها من ثيرمومتر المقاومة لحظية وبدقة عالية.

شكل(4- 9) مجسات حرارية نوع RTD

قياس درجة الحرارة بواسطة الثيرموستر :Temperature measurement by Thermistor

أشباه الموصلات عبارة عن مادة شبه موصلة للتيار الكهربائي و تتكون من أوكسيد معدني و تتميز بأنها أكثر حساسية من ثيرمومتر مقاومة الموصلات (PTC), و هي منخفضة التكاليف, و يمكن لثيرمومتر أشباه الموصلات أن ينتج بأي شكل كما يمكن وضع بعضها داخل أنبوبة ذات قطر.

(1 ملم) و مقارنة مع الثيرمومتر ذي المقاومة البلاتينية فإن السعة الحرارية لها صغيرة و استجابتها جيدة. ومن ميزات هذا الثيرمومتر أنه ينتج بسهولة و بأشكال مختلفة كعناصر قياس لدرجة الحرارة تبعا لنوع الاستخدام.

وتتميز أشباه الموصلات بأنها كلما زادت درجة الحرارة قلت المقاومة و بالتالي فالعلاقة غير خطية و تمثل بالمعادلة التالية:

$$R = R_{\circ} \times \left(e^{B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_{\circ}}\right)} \right)$$

حيث إن:

B = ثابت يعتمد على مادة الثيرموستر

$R_{\circ}$ = مقاومة الثيرموستر عند درجة حرارة المرجع

T = درجة الحرارة للمقاومة (كلفن)

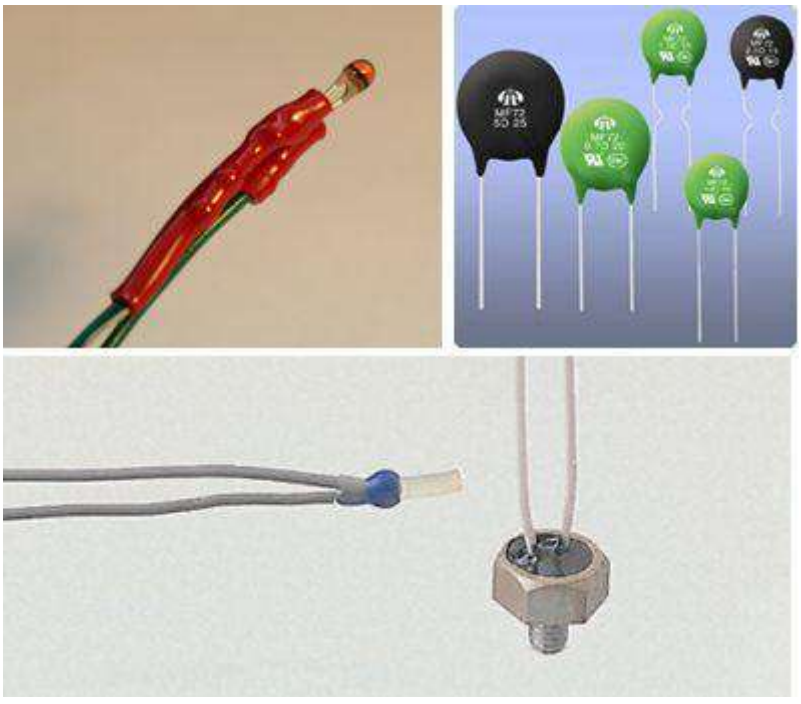
$T_{\circ}$ = درجة حرارة المرجع (293 K)

تمثل هذه العلاقة لوغرتميا.

ومن أهم ميزات ثيرموستر المقاومة (Negative temperature coefficient)NTC) أنها ذات حجم صغير و لها تخلف زمني قصير و دقة قياس عالية – حتى 0.01 K – وجدول (4- 4) يوضح مقارنة بين ثيرمومتر الموصلات (PTC) و ثيرمومتر أشباه الموصلات (NTC):

الثيرمومتر ذو المقاومة (الموصلات) (PTC)	الثيرمومتر ذو مقاومة اشباه الموصلات (NTC)
يصنع من مواد موصلة مثل الحديد و النحاس	يصنع من مواد شبه موصلة مثل السيليكون و الجرمانيوم
لا يتأثر بالرطوبة	يتأثر بالرطوبة
مدى القياس $200\ C^{\circ}$- إلى $600\ C^{\circ}$	مدى القياس $100\ C^{\circ}$- إلى $300\ C^{\circ}$
يستخدم مع قنطرة هويستون	يستخدم مع قنطرة هويستون
كلما زادت درجة الحرارة زادت المقاومة	كلما زادت درجة الحرارة نقصت المقاومة
علاقة خطية بين المقاومة و درجة الحرارة	علاقة غير خطية بين المقاومة و درجة الحرارة

جدول رقم (4- 4) مقارنة بين ثيرمومتر الموصلات و ثيرمومتر أشباه الموصلات



شكل(4- 10) أنواع مختلفة من الثيرموستور

تجربة رقم (7) قياس درجة الحرارة باستخدام الثيرموستر (Thermistor)

الهدف من التجربة : قياس درجة الحرارة باستخدام الثيرموستر المصنوع من السيلكون أو الجرمانيوم.

الخطوات:

1. يملأ سخان الماء بماء نظيف مقطر.
2. أحضر الثيرمومتر الزئبقي و قس به درجة حرارة الجو المحيط. اقرأ كذلك درجة الحرارة باستخدام الثيرموستر و قارن بين القراءتين.
3. اغمس الثيرمومتر الزئبقي و الثيرموستر في سخان الماء و اقرأ درجة الحرارة للماء بواسطة الثيرمومتر الزئبقي و الثيرموستر.
4. شغل السخان ثم حرك مفتاح القدرة الخاص بالسخان باتجاه عقارب الساعة ببطء و سجل حرارة الماء الساخن و قارن بين قراءة الثيرمومتر الزئبقي و الثيرموستر.
5. استمر بالتسخين حتى يصل الماء بالسخان إلى درجة الغليان و هي 100 درجة مئوية.
6. عند غليان الماء سجل قراءة الثيرمومتر الزئبقي و الثيرموستر و قارن بين القراءتين.

الاستنتاج:

1. إن الماء النظيف يمكن استخدامه في عملية المعايرة من درجة حرارة الجو إلى درجة غليان الماء.
2. نلاحظ أن درجة الحرارة المسجلة بالثيرموستر تؤخذ بدقة عالية و بتخلف زمني قليل مقارنة مع قراءة الثيرمومتر الزئبقي. بمعنى أن الثيرموستر ذو حساسية عالية للتغير في درجة الحرارة.
3. يمكن نقل التغير في درجة الحرارة باستخدام الثيرموستر إلى إشارة كهربائية – رقمية – و بالتالي يمكن استخدام الثيرموستر في أنظمة التحكم الدقيق بدرجة الحرارة.

التدريب العملي رقم (1)

الهدف:

قياس درجة الحرارة بواسطة أنواع مختلفة من الثيرمومتر.

المواد و الأدوات:

الثيرمومتر الزئبقي,وسخان ماء,وماء مقطر,والثيرمومتر ثنائي المعدن,وثيرمومتر الضغط,وملابس العمل,وقلم.

المطلوب:

قياس درجة الحرارة بأنواع مختلفة من الثيرمومتر.

الخطوات:

1 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر مع الثلج المجروش بواسطة الثيرمومتر الزئبقي
2 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر مع الثلج المجروش بواسطة ثيرمومتر الضغط.
3 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر مع الثلج المجروش بواسطة الثيرمومتر ثنائي المعدن.
4 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر في الجو العادي بواسطة الثيرمومتر الزئبقي.
5 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر في الجو العادي بواسطة ثيرمومتر الضغط.
6 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر في الجو العادي بواسطة الثيرمومتر ثنائي المعدن.
7 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر المغلي بواسطة الثيرمومتر الزئبقي.
8 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر المغلي بواسطة ثيرمومتر الضغط.
9 - قم بقياس درجة حرارة الماء المقطر المغلي بواسطة الثيرمومتر ثنائي المعدن.
10 - قارن بين جميع القراءات السابقة لكل حالة من حالات الماء عند التجمد و الغليان.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (2)

الهدف:

قياس درجة الحرارة بواسطة الزوج الحراري.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وقلم,ومسطرة,وآلة حاسبة,وأنواع مختلفة من الزوج الحراري,وسخان ماء كهربائي,وورق رسم بياني.

المطلوب:

قياس درجة الحرارة بواسطة الزوج الحراري.

الخطوات:

1 – قم بقياس درجة حرارة الماء النقي مع الثلج المجروش بواسطة الزوج الحراري ثم شغل السخان الكهربائي و سجل درجة حرارة الماء و قراءة الجهد الكهربائي المقابل لدرجة الحرارة في الجدول التالي:

رقم القراءة	درجة حرارة الماء	الجهد الكهربائي (mV)
1		
2		
3		
4		
5		

2 – قم برسم العلاقة بين درجة الحرارة و الجهد الكهربائي.

3 – قم بتغيير الزوج الحراري و أعد الخطوات (1, 2).

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (3)

الهدف:

قياس درجة الحرارة بواسطة المقاومة الكهربائية.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل،وقلم،والثيرمومتر الزئبقي،وثيرمومتر المقاومة البلاتيني،وسخان ماء كهربائي.

المطلوب:

قياس درجة الحرارة بواسطة المقاومة الكهربائية.

الخطوات:

1 – قم بقياس درجة حرارة الماء النقي في الجو العادي بواسطة كلا الثيرمومترين.

2 – قم بإضافة الثلج المجروش إلى الماء النقي و قس درجة حرارة الماء بواسطة كلا الثيرمومترين.

3 – قم بتشغيل السخان الكهربائي و قس درجة حرارة الماء بواسطة كلا الثيرمومترين.

4 – قم بعمل مقارنة بين قياس درجة الحرارة بواسطة الثيرمومتر الزئبقي و قياس درجة الحرارة بواسطة ثيرمومتر المقاومة.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (4)

الهدف:

معرفة قياس درجة الحرارة بواسطة الثيرموستر (Thermister).

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,والثيرموستر,وسخان ماء كهربائي,والثيرمومتر الزئبقي.

المطلوب:

قياس درجة الحرارة بواسطة الثيرموستر.

الخطوات:

1 – قم بقياس درجة حرارة الماء النقي في الجو العادي بواسطة الثيرموستر و كذلك بواسطة الثيرمومتر الزئبقي.

2 – قم بإضافة الثلج المجروش إلى الماء النقي و سجل قراءة درجة الحرارة بواسطة الثيرموستر و كذلك بواسطة الثيرمومتر الزئبقي.

3 – قم بتشغيل السخان و سجل درجة الحرارة بواسطة الثيرموستر و كذلك بواسطة الثيرمومتر الزئبقي.

4 – قم بعمل مقارنة بين درجة الحرارة المسجلة بواسطة الثيرموستر و الثيرمومتر الزئبقي.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

الوحدة الخامسة

قياس الضغط

الهدف العام:

معرفة كيفية قياس ضغط الغاز و السائل باستخدام المانومتر, أنبوب بوردون, المعايرة بالحمل الميت.

الأهداف التفصيلية:

1- عندما يكتمل هذا الفصل تكون لديك القدرة على قياس الضغط باستخدام أنواع مختلفة من المانومتر مثل: مانومتر على شكل حرف (U), ومانومتر مائل, ومانومتر الخزان.

2- عندما يكتمل هذا الفصل تكون لديك القدرة على قياس الضغط باستخدام جهاز بوردن.

3- عندما يكتمل هذا الفصل تكون لديك القدرة على قياس الضغط باستخدام جهاز المعايرة بالحمل الميت.

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات تدريبية.

الوحدة الخامسة

قياس الضغط

Pressure Measurement

مقدمة : Introdction

يعرف الضغط بأنه القوة التي يؤثر بها مائع على وحدة مساحة سطح جدار الحيز المحتوي على المائع, و عندما يكون المائع في حالة اتزان لا يعتمد الضغط على الاتجاه و بذلك الافتراض بأن الضغط المؤثر عند جميع نقاط الحيز يكون متساويا.

مما سبق نرى أن الضغط (P) يعرف بأنه القوة (F)مقسوم على وحدة المساحة (A) حسب المعادلة التالية:

$$P = \frac{F}{A}$$

وحدة قياس الضغط هي الباسكال (Pascal), حيث إن الباسكال = نيوتن/متر مربع.

الضغط الجوي هو وزن عمود الهواء على وحدة المساحة من سطح الأرض ويرمز له بالرمز (P_{atm}).

حيث أن: $1atm = 101325 \ \frac{N}{m^2}$

ويقاس الضغط الجوي بالنظام الإنجليزي بوحدة (psi) حيث إن:

1 atm = 14.7 psi

الضغط الجوي (Atmospheric Pressure)

يقاس الضغط عموما نسبة للضغط الجوي و ليس للصفر. هذا مع ملاحظة أن

1 bar = 100000 Pascal = 100 Kilopascal

و هذا الرقم يعني واحد ضغط جوي.

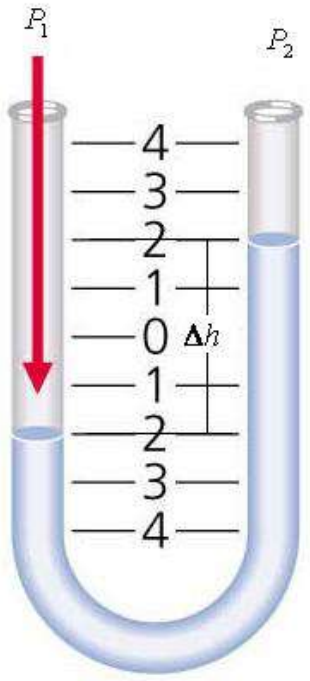
أما القياس بالنسبة لصفر الضغط فيسمى بالضغط المطلق (Absolute Pressure), و يسمى الضغط المقاس بالنسبة إلى الضغط الجوي ب (Gauge Pressure) – P_g .

$$P_{abs} = P_{atm} + P_g$$
$$P_{abs} = P_{atm} - P_{vac}$$

حيث إن P_{vac} هو ضغط الفراغ

أولاً : المانومتر Manometer

المانومتر عبارة عن وسيلة لقياس الضغط المنخفض نسبيا و ذلك بموازنة الضغط بواسطة وزن عمود من السائل, و يحسب فيها الضغط هيدروليكيا بوزن عمود السائل, فإذا كان هناك عمود من السائل ارتفاعه (h) و مساحة مقطعه (A) و كثافته (ρ) فإن الضغط الناتج عن هذا العمود هو (ρgh) حيث (g) هي عجلة الجاذبية الأرضية.

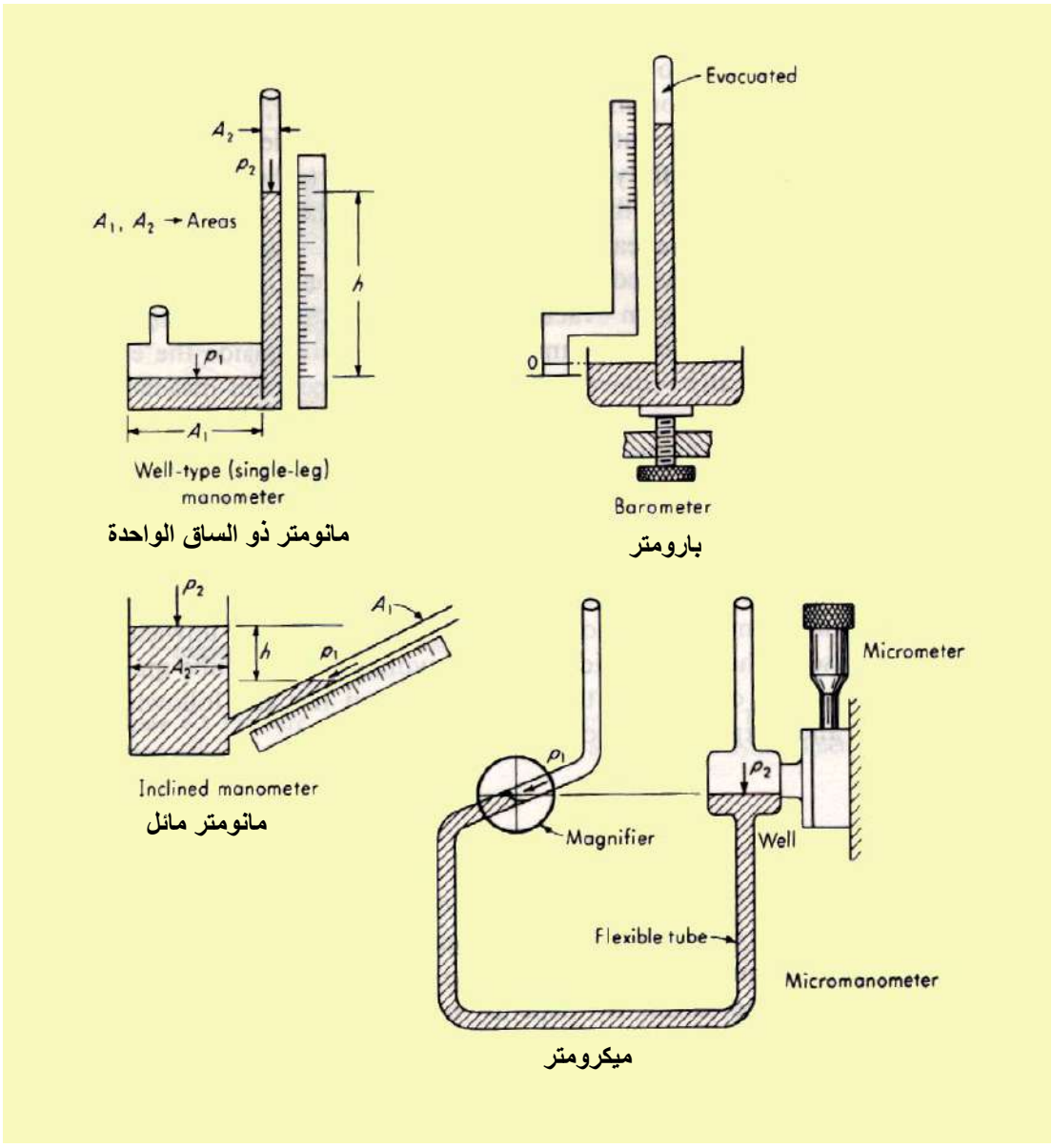


شكل (5 – 1) المانوميتر

من الشكل (5 – 1) يمكن حساب الفرق بالضغط(Δ P)

$$\Delta P = \rho g (\Delta h)$$

و المانومترات تعتبر أجهزة قياس ضغط دقيقة و تستخدم كمرجع كما تستخدم أيضا كمبينات لضغط الهواء في العمليات الصناعية و لكنها نادرا ما تستخدم في أجهزة التحكم.
تعتمد قراءة الضغط بشكل رئيس على كثافة السائل فقط, أما بالنسبة لمساحة مقطع الأنبوب المستخدم فإنها لا تؤثر. أما السوائل المستخدمة في المانومترات فهي عادة إما الماء, أو الكحول, أو الزئبق, هذا مع ملاحظة بأنه يمكن قراءة الضغط ب (mm Hg, mm H2O) ثم يحول إلى وحدات ضغط باستخدام العلاقة (P = ρgh).



شكل (5 – 2) أنواع مختلفة من المانومترات

قياس الضغط باستخدام المانومتر :Pressure Measurement using the Manometer

يمكن استخدام الأنواع الأربعة السابقة من المانومتر لقياس الضغط و بنفس الطريقة، و لنفرض أننا نريد قياس الضغط في مجرى هوائي قبل و بعد الخانق فإننا نتبع الخطوات التالية:

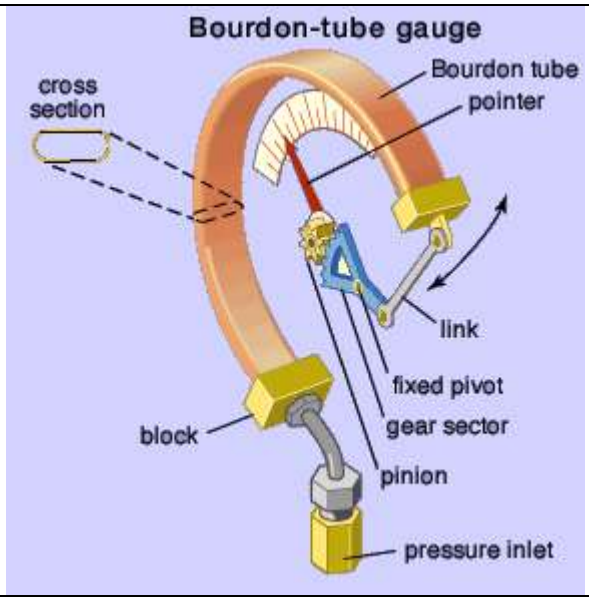
1. ركب الوحدة .
2. ابدأ بتوصيل التيار الكهربائي و من ثم تشغيل المروحة.
3. قم بوصل المانومتر إلى مجرى التيار الهوائي قبل و بعد الخانق.
4. قم بقياس فرق الضغط قبل و بعد الخانق باستخدام المانومتر شكل حرف U و أعد المحاولة باستخدام المانومتر المائل.
5. لاحظ أن فرق الضغط المقاس باستخدام المانومتر المائل يعطي قراءة أكثر دقة من المانومتر شكل حرف U.
6. أعد القراءات بتغيير سرعة المروحة و سجل الفرق في الضغط مع التغيير في سرعة المروحة.

شكل(5- 3) المانوميتر المائل

ثانياً : أنبوب بوردون Bourdon tube gauge

يعتبر استخدام أنبوب بوردون من الطرق غير المباشرة في قياس الضغط, و يعتمد هذا النوع على المرونة و أساسيات بوردون. تأخذ أنبوبة بوردون شكل حرف C أو حلزوني Spiral أو Helical.

تكون طريقة عمل الأنبوبة بأن تكون إحدى نهاياتها مغلقة و الأخرى هي مصدر تلقي إشارة الضغط, وكل الأنواع متماثلة في العمل. يعمل الضغط على الناحية المفتوحة إجهادا ميكانيكيا للأنبوبة تنتج عنه إزاحة ميكانيكية في الناحية المغلقة, و عن طريق أذرع توصيل و تروس يمكن نقل الإزاحة إلى مؤشر و بالتالي يتم قراءة قيمة الضغط على التدريج.



شكل (5 – 4) مكونات أنبوب بوردن

قياس الضغط باستخدام أنبوبة بوردون

يمكن استعمال أنبوبة بوردون لقياس ضغط مرتفع نسبيا, و لنفرض أننا نريد قياس الضغط عند مدخل و مخرج الضاغط في وحدة تكييف مركزي بسيطة فإننا نقوم بما يلي:

1. ركب أنبوبة بوردون عند مدخل الضاغط و على خط السحب.
2. ركب أنبوبة بوردون أخرى على مخرج الضاغط.
3. شغل وحدة التكييف المركزي.
4. قم بتسجيل قراءة الضغط عند مدخل و مخرج الضاغط.
5. نلاحظ أن الضغط عند مخرج الضاغط أكبر منه على مدخل الضاغط.

شكل (5 – 5) أنبوب بوردن

ثالثاً : جهاز المعايرة بالحمل الميت

المعايرة بالحمل الساكن (الميت):Dead Wieght

إن أكثر الطرق المباشرة لقياس الضغط هي بموازنته بواسطة أثقال معروفة الكتلة. فتوصل أسطوانة وكابس مساحتهما معروفة بحيز المائع بواسطة أنبوبة وبذلك يكون وجه الكابس جزءا من الحائط المحتوي على المائع.

ويؤثر المائع بقوة في المكبس تساوي الضغط مضروبا في مساحة المكبس. فإذا كان المكبس رأسيا فإنه يمكن موازنة هذه القوة بواسطة أثقال توضع فوق المكبس. ويستعمل هذا الجهاز كمقياس للضغط وكطريقة لمعايرة أجهزة الضغط الأخرى وكذلك كطريقة لقياس القوى المجهولة.

وتكون قيمة الضغط المقاس بهذه الطريقة معرضا لنوعين من الأخطاء وهما :

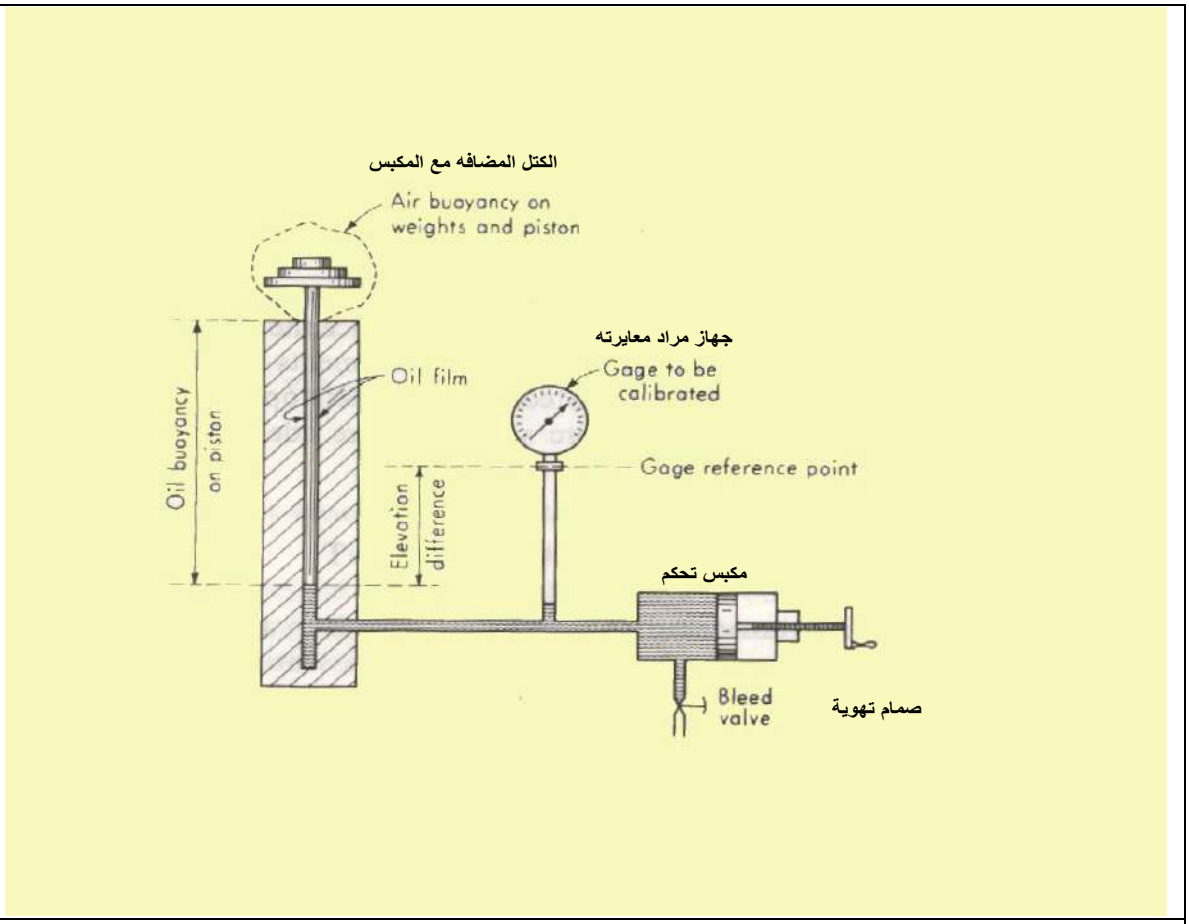
1 - الاحتكاك بين المكبس والاسطوانة أو اللباد المانع للتسرب.

2 - عدم التأكد من المساحة.

ويسبب الاحتكاك خطأ في القياس لأنه ينقل القوة من المكبس مباشرة إلى الأسطوانة بدلاً من نقلها إلى المائع. ويمكن تقليل الاحتكاك بتوفير خلوص كاف، ويجعل سطح التوجيه طويلاً لمنع الالتصاق. وإذا أدير الكابس داخل الأسطوانة فإن الاحتكاك يحذف بدرجة فعالة.

وتحدد قوة الاحتكاك الممكن وجودها بحاصل ضرب القوة العمودية في معامل الاحتكاك ويكون اتجاه قوة الاحتكاك مضاداً للحركة النسبية.

ونظرًا لضرورة وجود خلوص قطري، فإن مساحة المكبس ستقل عن مساحة الأسطوانة وبذلك ينساب المائع خلال فراغ الخلوص وتعمل قوى القص اللزجة التي توجد في المائع داخل الخلوص على مساندة المكبس وتكون المساحة الفعالة عبارة عن القيمة المتوسطة لمساحتي كل من المكبس والأسطوانة.



شكل (5 – 6) مخطط جهاز المعايرة بالحمل الميت

طريقة عمل المعايرة

1. يتم وضع كتل معلومة فوق المكبس فنجد إن المكبس الحامل للكتل قد هبط.
2. نبدأ في تحريك (تهوية مكبس التحكم) ببطء حتى يبدأ حامل الكتل في الارتفاع في هذا الوقت يكون قد حدث هناك اتزان بين الضغط المقاس ومجموعة الكتل وأصبحا متساويين.
3. يمكن معرفة الضغط الناتج من مجموعة الكتل على السائل على النحو التالي:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m \times g}{A}$$

حيث (P) هو الضغط, (F) هي القوة, (A) هي المساحة, (m) هي الكتلة, (g) هو تسارع الجاذبية.

وبما أن الكتل المضافة معلومة، وعجلة الجاذبية معلومة ومساحة المقطع للمكبس معلومة فيمكن حساب الضغط.

4 . يستخدم هذا النوع لمعايرة خطوط تصل إلى 100 كيلو باسكال ويمكن استخدامه لتحديد أخطاء في جهاز معين مستخدم أو عمل تدريج لجهاز جديد.

شكل (5 – 7) جهاز المعايرة بالحمل الميت

التدريب العملي رقم (1)

الهدف:

معرفة كيفية قياس ضغط السائل و الغاز بواسطة المانومتر بمختلف أنواعه.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,والمانومتر حرف (U),والمانومتر المائل,ومانومتر الخزان,ووحدة تكييف.

المطلوب:

قياس ضغط السائل و الغاز بواسطة المانومتر.

الخطوات:

1 – قم بتشغيل المروحة على سرعة رقم (1).

2 – قم بقياس فرق الضغط قبل و بعد الخانق بواسطة المانومتر حرف (U).

3 – قم بقياس فرق الضغط قبل و بعد الخانق بواسطة المانومتر المائل.

4 - قم بقياس فرق الضغط قبل و بعد الخانق بواسطة مانومتر الخزان.

5 – قم بتغيير سرعة المروحة من سرعة رقم (1) إلى سرعة رقم (6).

6 – أعد الخطوات من خطوة رقم (2) إلى خطوة رقم (4).

7 – ارسم العلاقة بين فرق الضغط (ΔP) وسرعة المروحة لكل حالة من الحالات الثلاث السابقة.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (2)

الهدف:

معرفة كيفية قياس الضغط بواسطة أنبوب بوردون.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وأنبوب بوردون,ووحدة تكييف مركزي.

المطلوب:

قياس ضغط السائل و الغاز بواسطة أنبوب بوردون.

الخطوات:

1 – قم بتشغيل وحدة التكييف المركزي.
2 – قم بقياس الضغط عند مدخل خط السحب بواسطة أنبوب بوردون.
3 – قم بقياس الضغط عند مخرج الضاغط بواسطة أنبوب بوردون.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (3)

الهدف:

معرفة كيفية قياس الضغط و معايرته بواسطة المعايرة بالحمل الميت.

المواد و الأدوات:

جهاز المعايرة بالحمل الميت,وملابس العمل,وكتل معدنية مختلفة.

المطلوب:

قياس الضغط و معايرته بواسطة الحمل الميت.

الخطوات:

1 – قم بوضع مجموعة من الكتل المعدنية فوق المكبس و قم بمعايرة الضغط الناتج.

قم بملء الجدول التالي:

قيمة الكتل المعدنية (kg)	قيمة الضغط (Pascal)

3 – ارسم العلاقة بين الكتل المعدنية و قيمة الضغط من الخطوة رقم (2).

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

الوحدة السادسة

قياس الرطوبة

الهدف العام: معرفة كيفية قياس الرطوبة بالطرق المختلفة وخصوصا باستخدام سيكروميتر المقلاع.

الأهداف التفصيلية: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- معرفة كيفية قياس الرطوبة باستخدام سيكروميتر المقلاع.

الوقت المتوقع للتدريب: 2 ساعة تدريبية.

الوحدة السادسة

قياس الرطوبة

Humidity Measurement

مقدمة : Introduction

تعرف الرطوبة بأنها محتوى البلل وهي كسر من كمية الماء الموجودة بالغاز أو الهواء.

وهناك ثلاثة تعريفات عامة للرطوبة وهي:

1 - الرطوبة المطلقة Absolute Humidity

وهي كتلة بخار الماء الموجودة في وحدة حجم الغاز

الرطوبة المطلقة = كتلة البخار(بخار الماء) مقسوما على حجم الهواء

2 - الرطوبة النسبية (R.H) Relative humidity

وهي النسبة بين كمية بخار الماء في الغاز إلى كمية بخار الماء اللازمة لتشبع الغاز عند نفس درجة الحرارة.

$$\phi = \frac{m_v}{m_{v,saturated}} = \frac{p_v}{p_{v,sat.}}$$

حيث إن :

P_v الضغط الجزئي لبخار الماء

$P_{v,sat}$ الضغط الجزئي لبخار الماء المشبع

m_v كتلة بخار الماء في الهواء

m_{vsat} كتلة بخار الماء المشبع

3 - الرطوبة النوعية (ω)

$$\omega = \frac{m_v}{m_{air}} = 0.622 \frac{p_v}{p_{air}}$$

$$= 0.622 \frac{p_v}{p_{atm} - p_v}$$

4 - نقطة التكثيف (نقطة الندى) .Dew Point

وهي درجة الحرارة يبدأ عندها بخار الماء الموجود في الهواء بالتكاثف.

إن تحديد نسبة بخار الماء في الهواء والتحكم فيها شيء مهم جدًا في عملية التكييف فمعروف أن الماء عنصر ملطف للهواء. ويجب معرفة أنه عند قياس درجة حرارة الجو هناك درجتان إحداهما درجة الحرارة الجافة (Dry bulb temperature) والأخرى درجة الحرارة المبللة

(Wet bulb temperature) ويمكن قيا سهما بواسطة ثيرمومتر المقلاع. وبمعرفة درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة يمكن تحديد كل من الرطوبة النسبية والرطوبة النوعية ونقطة التكثيف وذلك باستخدام خرائط تسمى بالخرائط السيكرومترية (Psychrometric chart).

طرق قياس الرطوبة: Methods of Humidity Measurement

هناك ثلاث طرق رئيسية لقياس الرطوبة وهي:

1 استخدام الهيجروميتر.
2 استخدام الطرق الكهربائية والإلكترونية.
3 استخدام سيكروميتر المقلاع.

الهيجروميتر Hygrometer

وهو جهاز لقياس نسبة الرطوبة في الهواء الجوي. ويطلق عليه أيضا هيومدستات والجزء الحساس فيه غالبًا مصنوع من مادة تتأثر بالرطوبة حيث تتمدد تلك المادة بزيادة الرطوبة وتنكمش بنقص الرطوبة(أي تتأثر طرديا بالرطوبة). ويطلق على هذه المادة بالعنصر الهيجروسكوبي.

وغالبًا ما تكون العناصر الحساسة من مادة مثل الشعر،والخشب، وخيوط النايلون وغيرها ويكون التغير في طول تلك المواد تبعًا لمقدار التغير في الرطوبة.

شكل (6- 1) جهاز هيومدستات رقمي

الطرق الكهربائية والالكترونية

وتعتمد هذه الطرق غالباً على التغير في المقاومة الكهربائية لهذه المواد تبعاً للتغير في الرطوبة. وبالتالي فإن معرفة التيار أو جهده له دلالة على قيمة الرطوبة الموجودة في الهواء. وأهم العناصر الحساسة المستعملة في النظام الكهربائي هي:

1 كلوريد الليثيوم (Lithium Chloride).

2 -حبيبات الكربون (Carbon Particle) مغمور في مادة تتأثر بالرطوبة والتي فيها المقاومة الكهربائية تقل عند زيادة نسبة الرطوبة.

وتتميز الطرق الكهربائية والإلكترونية بأنه يمكن استخدامها لفصل وتشغيل دائرة كهربائيةوتعمل على فتح,أو إغلاق أو تشغيل مضخة ترطيب للتحكم في نسبة الرطوبة.

سيكروميتر المقلاع :

إذا عرض الثيرمومتر للهواء الجوي غير المشبع ببخار الماء وكان الثيرمومتر ذا فقاعة مبللة بالماء قرأ هذا الثيرمومتر درجة حرارة أقل من درجة الحرارة التي يقرأها الثيرمومتر الذي يحوي فقاعة جافة. والسبب في ذلك هو أن الماء الذي يتبخر من الفقاعة المبللة يستمد حرارة التبخير من الحرارة المحسوسة للفقاعة. ويزيد انخفاض درجة حرارة الفقاعة المبللة بانخفاض الرطوبة النسبية للهواء. ويعتمد مقدار الانخفاض في درجة الحرارة كذلك على الانتقالات الحرارية الإشعاعية والانتقالات الحرارية بتيارات الحمل – طرق انتقال الحرارة - من الهواء الجوي إلى الفقاعة الأبرد, ويجب التأكد من أن الفتيل الذي يحيط بفقاعة الثيرمومتر مبلل

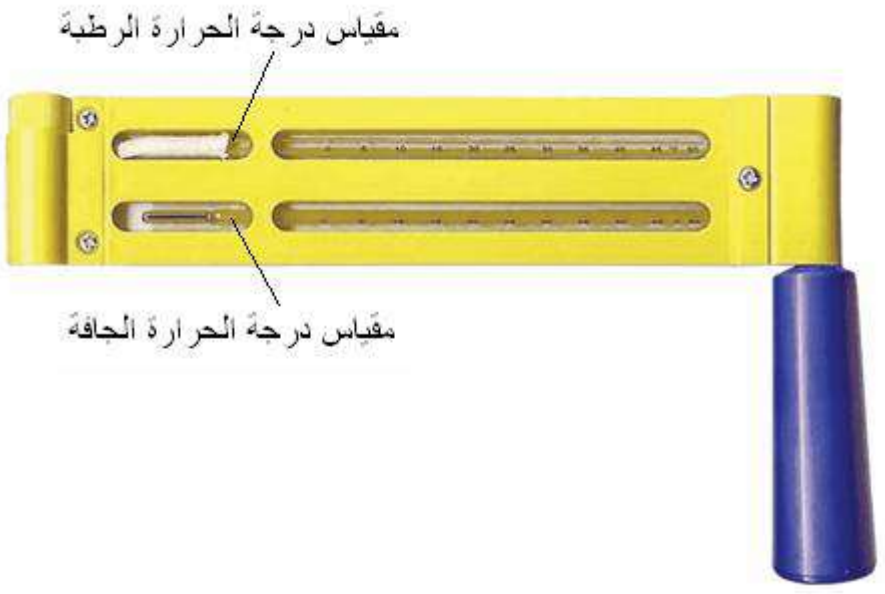
بدرجة التشبع بالماء النقي، حيث إن استمرار تبخر الماء غير النقي فوق الفتيل يعمل على تراكم الأملاح فوق الفتيل مما يعطي قراءة غير صحيحة.

ومن التجهيزات التي تعتبر قياسية تجهيز مقلاع قياس الرطوبة حيث يركب على لوح واحد الثيرمومتر ذو الفقاعة مبللة وآخر ذو الفقاعة الجافة ويتأرجح اللوح بواسطة يد ذات ارتكاز. وهناك ترتيب آخر حيث يوضع الثيرمومتران عند مدخل مجرى المروحة تدار كهربائياً ومصممة بحيث تعطي سرعة الهواء التصميمية الصحيحة وهي 152متراً في الدقيقة.

وبمعرفه درجه الحرارة الجافة (Dry Bulb Temperature) .

ودرجه الحرارة الرطبة (المبللة) (Wet Bulb Temperature) .

يمكن تحديد الرطوبة النسبية وذلك باستخدام الخريطة السيكرومترية (Psychrometric Chart).



شكل(6- 2) سيكروميتر المقلاع

استخدام سيكروميتر المقلاع في قياس الرطوبة :

لتحديد الرطوبة النسبية أو كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء الجوي يمكن استخدام سيكروميتر المقلاع لتحقيق هذا الهدف وحسب الطريقة التالية:

1. لاحظ أن سيكروميتر المقلاع يتكون من اثنين من الثيرمومترات الأول يسجل درجة الحرارة الجافة و الآخر و هو مغطى بقطعة من الخشب أو القماش ويسجل درجة الحرارة الرطبة.
2. اقرأ درجة حرارة الهواء (الدرجة الجافة) باستخدام الثيرمومتر غير المغطى من المقلاع.
3. تأكد من أن قطعة القماش أو الخشب التي تلف فقاعة الثيرمومتر الآخر مبللة بالماء جيداً.
4. حرك المقلاع جيداً وسجل درجة حرارة الهواء الجافة وكذلك سجل درجة حرارة الهواء الرطبة وقارن بين القراءتين.
5. لاحظ أن درجة حرارة الهواء الرطبة أقل من درجة حرارة الهواء الجافة.
6. اذهب إلى الخريطة السيكرومترية (Psychrometric Chart) وبمعرفة درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة يمكن أن نقرأ بسهولة كل من الرطوبة النسبية والرطوبة النوعية.
7. استخدم جهاز الهيومدستات (Humidstat) لتسجيل و قياس الرطوبة النسبية في الجو و قارن بين قيمة الرطوبة النسبية المسجلة و قيمة الرطوبة من الخطوة رقم (6).

التدريب العملي رقم (1)

الهدف:

معرفة كيفية قياس الرطوبة بواسطة سيكروميتر المقلاع.

المواد و الأدوات:

سيكروميتر المقلاع,والخريطة السيكرومترية,وجهاز الهيومدستات ذو الشعيرة,وجهاز قياس الرطوبة الإلكتروني.

المطلوب:

قياس الرطوبة بواسطة كل من سيكروميتر المقلاع,وجهاز الهيومدستات,وجهاز قياس الرطوبة الالكتروني.

الخطوات:

1 قم بقياس الرطوبة بواسطة سيكروميتر المقلاع:
2 قم بقياس درجة الحرارة الجافة.
3 قم بقياس درجة الحرارة الرطبة.
4 باستخدام الخريطة السيكرومترية قم باستخراج الرطوبة النسبية و الرطوبة النوعية.
5 قم بقياس الرطوبة النسبية بواسطة جهاز الهيومدستات.
6 قم بقياس الرطوبة النسبية بواسطة جهاز الرطوبة الإلكتروني.
7 قارن بين قيم الرطوبة النسبية لكل من الحالات الثلاث السابقة.

شكل (6- 3) طريقة استخدام سيكروميتر المقلاع

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

الوحدة السابعة

قياس سرعة ومعدل التدفق للموائع

الهدف العام: معرفة كيفية قياس سرعة وكمية التدفق باستخدام كل من الفنشوري , الفوهة , الروتاميتر, السلك الساخن, أنبوب بيتوت, .

الأهداف التفصيلية: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

استخدام كل من الفنشوري , الفوهة , الروتاميتر, السلك الساخن, أنبوب بيتوت, في قياس سرعة وكمية التدفق.

الوقت المتوقع للتدريب: 8 ساعات تدريبية.

الوحدة السابعة

قياس سرعة ومعدل التدفق

Measure the speed and flow rate

مقدمة : Introduction

تستعمل طرق كثيرة في قياس سرعة وكمية التدفق للسوائل والغاز. ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى الأقسام التالية:

1 - طرق تعتمد على معدل السرعة والحجم والكتلة.

2 - طرق كهربائيةوإلكترونية.

3 - طرق حرارية.

و لإجراء عملية القياس هناك ثلاث كميات يجب أن تقاس:

1 - سرعة المائع (م/ث) وهناك أجهزة لقياس السرعة (v).

2 - معدل الحجم (m^3/sec) وهناك أجهزة لقياس معدل الحجم (Q) .

3 - معدل الكتلة (kg/sec) وهناك أجهزة لقياس معدل الكتلة ($\dot{m}$).

قياس معدل سريان الحجم (Q)

إذا تدفق مائع سرعته (V) (سائل أو غاز) في مجرى مساحته (A) فإن معدل سريان الحجم (Q) يساوي السرعة مضروبة بالمساحة

$$Q = V \cdot A$$

معدل سريان الكتلة ($\dot{m}$)

إذا تدفق مائع كثافته (ρ) في مجرى مساحته (A) وبسرعة (V) فإن معدل سريان الكتلة خلال ذلك المجرى تساوي الكثافة مضروبة بالمساحة و السرعة.

$$\dot{m} = \rho A V$$

معادلة الاستمرارية Continuity Equation

تقول هذه المعادلة أن كتلة المائع تسري بمعدل ثابت بمعنى أن:

معدل الكتلة الداخلة= معدل الكتلة الخارجة

$$\dot{m}_i = \dot{m}_o$$
$$\rho_i \times V_i \times A_i = \rho_o \times V_o \times A_o$$

معادلة برنولي (Bernoulli Equation)

تنص هذه المعادلة على أنه إذا سرى مائع غير قابل للضغط (Incompressible Flow) في مجرى فإن

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2} + g h_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2} + g h_2$$

حيث إن:

P هو الضغط.

ρ هي الكثافة.

V هي السرعة.

H هو الارتفاع.

إيجاد معدل السريان بمعرفة الضغط

1 – نطبق معادلة الاستمرارية

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$
$$\rho_1 \times V_1 \times A_1 = \rho_2 \times V_2 \times A_2$$

حيث إن السائل نفسه المستخدم فإن المعادلة تصبح

$$V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

2 – نطبق معادلة برنولي بعمل الارتفاع متساوي نحصل على

$$\frac{P_1}{\rho g}+\frac{V_1^{\,2}}{2g}=\frac{P_2}{\rho g}+\frac{V_2^{\,2}}{2g}$$

بحل المعادلتين السابقتين نجد أن:

$$\Delta P = P_1 - P_2$$
$$\Delta P = \frac{\rho V_2^{\,2}}{2g}\left[1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right]$$

إذاً تصبح المعادلة النظرية كالآتي :

$$Q_{th.} = \frac{A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \times \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

إلا أن قياس معدل السريان الفعلي يكون أقل من القيمة المحسوبة نتيجة عملية الخنق و أيضا نتيجة حدوث بعض الدوامات , ولقياس الكمية الفعلية يتم إيجادها بالمعايرة فينتج ثابت معين ($C_d<1$) يسمى بثابت المعايرة أو معامل الاحتكاك (Friction Coefficient) عليه تكون القيمة الفعلية هي:

$$Q_{actual} = C_d \times Q_{th}$$

أولاً : الفنشوري (Venture)

في حالة توفر خانق، في جزء من خط الأنابيب ذي فتحة أو فوهة أو أنبوبة فنشوري كما في الشكل (6 - 1) يتغير الجذر المربع للفرق في الضغط قبله وبعده بالتناسب مع معدل ضغط الانسياب ويتميز مقياس الانسياب باستخدام الفرق في الضغط بأنه ذو تركيب بسيط ودقة عالية ويستخدم بكثرة.

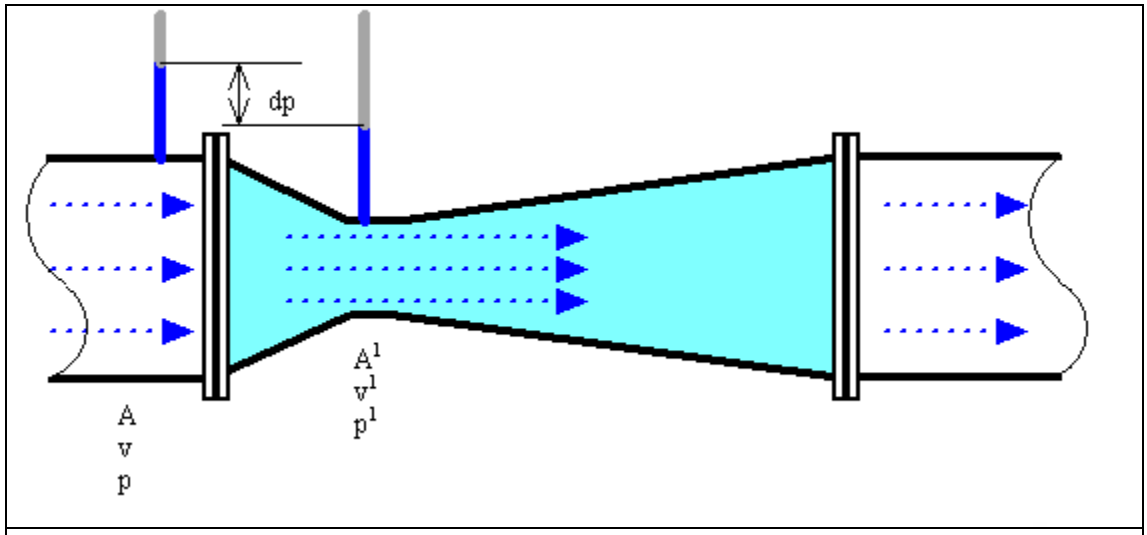
$$Q_{act} = \frac{C_d \times A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \times \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

حيث إن :

C_d هو ثابت المعايرة.

A هي المساحة.

P هو الضغط.



شكل (7 – 1) الفنشوري

طريقة قياس كمية التدفق باستخدام الفنشوري

1 -جهز وحدة التحكم و التي تتكون من مروحة و لوحة تحكم في سرعة المروحة مع ممرات هواء.

2 -تركب وحدة التحكم في سرعة الجريان وهي على تدريج مقسم لستة أقسام.

3 -ابدأ بتوصيل مصدر التيار الكهربائي ثم تشغيل المروحة وضبط الجهد وسرعة المروحة.

4 -يتم توصيل المانومتر إلى الفنشوري (Venture).

5 -يتم قياس فرق الضغط عند ضبط المؤشر المحدد.

6 بالرجوع إلى خريطة وحدة التحكم التي تحدد سرعة الجريان بمعرفة فرق الضغط مع التأكد من قطر الوحدة المستخدمة (200ملم أو 160ملم) يتم تحديد كمية التدفق.

7 إذا كان الضغط المقاس أو سرعة السريان ليس موجودًا على الخريطة الخاصة بوحدة التحكم فمعنى ذلك أنه يجب تقليل سرعة المروحة عن طريق وحدة التحكم وإعادة القياس.

8 يتم حساب معدل التدفق من المعادلة السابقة.

9 بالرجوع إلى خريطة وحدة التحكم التي تحدد معدل السريان وبمعرفة سرعة المروحة (V) وفرق الضغط (ΔP_m) نستطيع حساب معدل السريان (Q).

10 نقارن بين معدل التدفق (السريان) الذي تم حسابه من المعادلة , وبين المعدل الذي تم تحصيله من خريطة وحدة التحكم.

11 نستطيع حساب سرعة التدفق (V) في أي مكان من الأنبوب وذلك باستخدام العلاقة: $Q_{act} = V \times A$

ثانياً: الفوهة (Orifice)

يبين الشكل (6 - 2) كيف تركب الفوهة و التي تتصل مع مانومتر ضغط على شكل حرف (U).

يمكن حساب معدل التدفق في الفوهة من خلال المعادلة التالية:

$$Q_{act} = \frac{C_d \times A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_2}\right)^2}} \times \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

حيث إن:

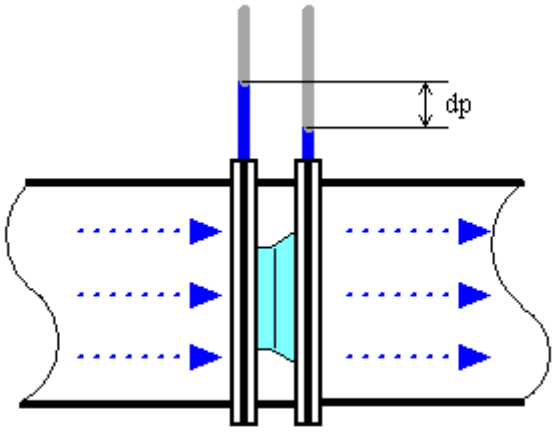
C_d ثابت المعايرة و هو بحدود (0.65) .

A_1 هي مساحة المقطع قبل الفوهة.

A_2 هي مساحة مقطع الفوهة.

P_1-P_2 هو الفرق في الضغط.

ρ هي الكثافة.



شكل (7 – 2) الفوهة

طريقة قياس كمية التدفق باستخدام الفوهة (Orifice)

1 تركب الوحدة حسب الرسم في الشكل (7 – 2).

2 - تركب وحدة التحكم في سرعة الجريان وهي على تدريج مقسم لستة أقسام.

3 ابدأ بتوصيل مصدر التيار الكهربائي ثم تشغيل المروحة وضبط الجهد وسرعة المروحة.

4 يتم توصيل المانومتر إلى الفوهة (Orifice) حسب الرسم.

5 يتم قياس فرق الضغط عند ضبط المؤشر المحدد.

6 بالرجوع إلى خريطة وحدة التحكم التي تحدد سرعة الجريان بمعرفة فرق الضغط مع التأكد من قطر الوحدة المستخدمة (200 ملم أو 160ملم) يتم تحديد كمية التدفق.

7 إذا كان الضغط المقاس أو سرعة السريان ليس موجودًا على الخريطة الخاصة بوحدة التحكم فمعنى ذلك أنه يجب تقليل سرعة المروحة عن طريق وحدة التحكم وإعادة القياس.

8 بالرجوع إلى خريطة وحدة التحكم التي تحدد معدل السريان وبمعرفة سرعة المروحة (V) وفرق الضغط (ΔP_m) نستطيع حساب معدل السريان (Q) .

9 نقارن بين معدل التدفق (السريان) الذي تم حسابه من المعادلة و بين المعدل الذي تم قياسه من خريطة وحدة التحكم.

10 -نستطيع حساب سرعة التدفق (V) في أي مكان من الأنبوب وذلك باستخدام العلاقة:

$$Q_{Act} = V \times A$$

ثالثاً: الروتاميتر (Rotameter)

يتكون الروتاميتر من جزءين؛ أنبوبة زجاجية مخروطية الشكل ؛ وعوامة تتحرك داخل الأنبوبة بحيث تطفو فوق سطح المائع عند مروره داخل الأنبوبة.

شكل (7 – 3) الروتاميتر

وهذا النوع من المقاييس يركب دائماً رأسياً ويكون اتجاه جريان المائع من أسفل إلى أعلى. و تكون العوامة دائما ذات كثافة أعلى من كثافة المائع بحيث عندما لا يكون هناك سريان للمائع تكون العوامة أسفل الأنبوب الزجاجي وتكون القراءة على التدريج صفراً. وعند مرور المائع فإنه يرفع أمامه العوامة ويكون ارتفاع الشبكة متناسباً مع كمية المائع

المار. و أهم ميزات هذا النوع من أجهزة القياس أنه رخيص الثمن ويعطي قيمة معدل السريان مباشرة وبدون الحاجة إلى عمليات حسابية ونسبة الخطأ فيه حوالي 2٪.

عند مرور المائع بين خلوص العوامة والجدران ينشأ فرق في الضغط قبل وبعد العوامة وتكون العوامة معلقة (واقفة) عندما يكون وزنها مساوياً لفرق الضغط الناتج. وبما أن الأنبوبة مخروطية الشكل فإن الخلوص بين العوامة والجدران يزداد كلما ارتفعت العوامة وعليه ترتفع العوامة مع ازدياد معدل السريان. ويمكن للروتاميتر أن يقيس معدل تدفق يتراوح بين (30 l/s) إلى (120 l/s) .

هذا و يمكن عمل معايرة بين كمية التدفق (Q) و المسافة (x) التي تحركتها العوامة حسب العلاقة التالية:

$$Q = A + B \times x$$

حيث إن (A, B) هي ثوابت.

6- 4- 1 طريقة قياس كمية التدفق باستخدام الروتاميتر

1 ابدأ بتوصيل التيار الكهربائي و تشغيل المروحة وضبط الجهد وسرعة المروحة.
2 يتم قياس كمية التدفق مباشرة من مقياس الروتاميتر.
3 بالرجوع إلى خريطة وحدة التحكم وبمعرفة فرق الضغط يتم حساب كمية التدفق (Q).
4 يتم تغيير سرعة المروحة إلى سرعة جديدة ويتم قياس كمية التدفق المكافئة لتلك السرعة باستخدام الروتاميتر.
5 بالرجوع إلى خريطة وحدة التحكم وبمعرفة فرق الضغط الجديد يتم حساب كمية التدفق المكافئة لتلك السرعة.
6 يتم تغيير السرعة عدة مرات وفي كل مرة يتم عمل مقارنة بين (Q) المقاسة بواسطة الروتاميتر وقيمة (Q) التي يتم استخراجها من خريطة التحكم.

رابعاً: السلك الساخن (Hot Wire Anemometer)

يطلق على استخدام السلك الساخن اسم الطريقة الحرارية و يمكن بواسطة هذه الطريقة قياس سرعات منخفضة مثل (0,03 م/ث) إلى السرعات فوق الصوتية وتتلخص هذه الطريقة بالتسخين الكهربائي لسلك رفيع مصنوع من البلاتين أو سبائكه أو من التنجستن بقطر (0,025 ملم) و طول (25 ملم) ثم تعرض للغاز أو السائل المتدفق ليبرد السلك الساخن. بذلك يكون معدل التبريد للسلك دالة في فرق درجة الحرارة بين السلك والمائع وكذلك دالة في سرعة السريان للمائع وكذلك دالة في كمية التدفق.

وتتم معرفة مقاومة العنصر الحساس للجهاز بطريقتين:

1 - تثبيت مصدر التيار الكهربائي.

2 - تثبيت فرق الجهد الكهربائي.

ويسخن العنصر إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة المائع و بحساب الفقد الحراري بالحمل – إحدى طرق انتقال الحرارة- والذي يتساوى مع القدرة الكهربائية المفقودة ($I^2 \times R$). في حالة الاتزان يكون:

$$I^2 \times R = h \times A \times (T_w - T_f)$$
$$h = C_1 + C_2 \times \sqrt{V}$$

حيث إن:

I هي شدة التيار(بالأمبير).

R هي المقاومة الكهربائية لسلك الوحدة.

T_W هي درجة حرارة السلك.

T_F هي درجة حرارة المائع.

C_1, C_2 هي ثوابت.

A هي مساحة مقطع العنصر.

h هو معامل انتقال الحرارة بالحمل.

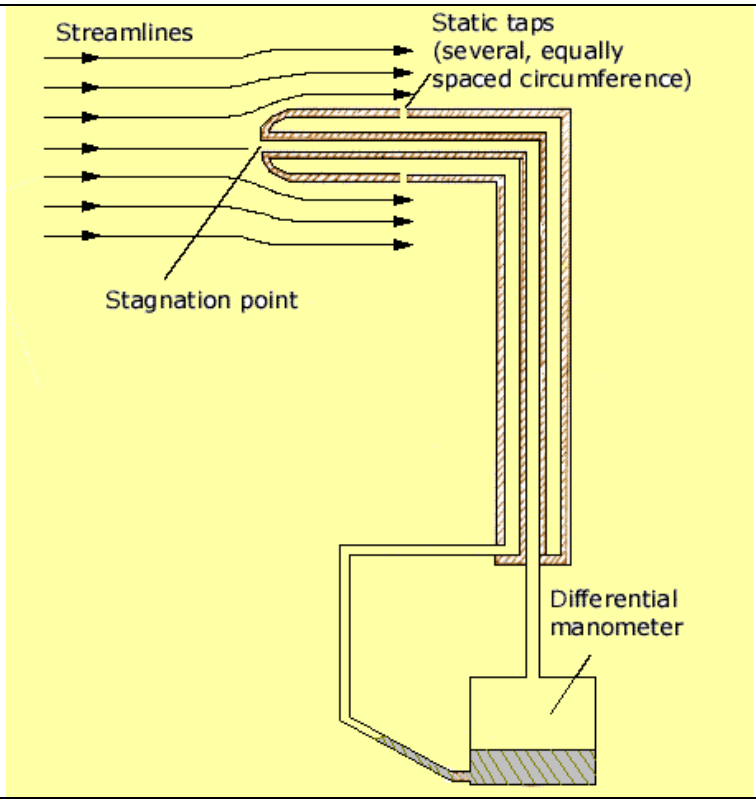
V هي سرعة المائع المراد معرفتها.

ويمكن قياس المقاومة باستخدام قنطرة هويستون.

شكل(7- 4) جهاز السلك الساخن

خامساً : أنبوب بيتوت (Petit Tube)

تتكون أنبوبة بيتوت كما في الشكل (7 - 5) من أنبوبة كبيرة نسبياً بها فتحتان على الجانب لقياس الضغط الإستاتيكي وبداخلها أنبوب أصغر يوجه لقياس الضغط الكلي.



شكل (7 – 5) أنبوب بيتوت

كما نلاحظ في الشكل فإن سريان المائع له طاقة حركية و طاقة وضعية نتيجة الضغط. فعندما يكون المائع ساكناً تكون له طاقة وضعية أو ضغط إستاتيكي.

الضغط الكلي = الضغط الإستاتيكي + الضغط الديناميكي

$$P_{tot} = P_{st} + P_{dyn}$$

$$P_{dyn} = P_{tot} - P_{st}$$

$$P_{dyn} = \frac{\rho U^2}{2}$$

$$U = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

حيث (U) هي السرعة.

بالنسبة للمائع المتحرك فإن الطاقة الكلية للمائع تساوي طاقة الوضع (الضغط) مضافاً إليها طاقة الحركة أي إن الطاقة الكلية هي

$$\text{الطاقة الكلية} = mgH + \frac{1}{2}mV^2$$

حيث إن :

V هي السرعة.

m هي كتلة المائع.

H ارتفاع معادل الضغط.

وطاقة الحركة هذه تتحول إلى طاقة وضع (ضغط) عندما يكون المائع ساكناً, أي إن

$$mgh = mgH + \frac{1}{2}mV^2$$

$$or$$

$$V = \sqrt{2g(h-H)}$$

حيث إن الكمية (h-H) هي الفرق في مستوى سائل المانوميتر و بناء عليه يكون معدل تدفق الحجم

(Q) هو:

$$Q = A \times V$$

$$Q = A \times \sqrt{2g(h-H)}$$

ويستعمل أنبوب بيتوت في قياس سرعة المائع وغالباً ما يستعمل أنبوب بيتوت لقياس سرعة الهواء.

طريقة قياس سرعة ومعدل التدفق الهوائي باستخدام أنبوب بيتوت

1 يتم ضبط مؤشر وحدة التحكم والقياس ثم ضبط الجهد.

2 يتم قياس سرعة السريان الهوائي (V) باستخدام أنبوب بيتوت في أكثر من نقطة و يؤخذ المتوسط لتلك السرعات.

3 يتم حساب معدل السريان و ذلك باستخدام المعادلة التالية:

$$Q = A \times V$$

4 -قم بتغيير سرعة المروحة و أعد الخطوتين (2, 3).

5 -ارسم العلاقة بين سرعة المروحة و سرعة السريان الهوائي.

6 -ارسم العلاقة بين سرعة المروحة و كمية التدفق.

التدريب العملي رقم (1)

الهدف :

معرفة كيفية قياس السريان الهوائي و المائي بواسطة الفنشوري.

المواد و الأدوات :

المانومتر المائل,وقلم,ومسطرة,وآلة حاسبة,وجهاز الفنشوري.

المطلوب :

قياس معدل السريان الهوائي و المائي بواسطة الفنشوري.

الخطوات :

1 قم بتحديد قطر و مساحة وحدة التحكم في السريان الهوائي (A_1).

2 قم بتحديد قطر و مساحة الفنشوري (A_2).

3 قم بتشغيل المروحة على سرعات مختلفة و سجل قراءة فرق الضغط لكل سرعة.

4 استخدم معادلة الفنشوري في حساب كمية التدفق.

5 بمعرفة سرعة المروحة و فرق الضغط المقاس لكل سرعة قم بتحديد كمية التدفق من خريطة وحدة التحكم.

6 قم بقراءة فرق الضغط و حساب كمية التدفق لكل سرعة في السريان الهوائي.

7 قم برسم العلاقة بين السرعة و فرق الضغط و كذلك مع كل من كمية التدفق المقاس و المحسوب.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (2)

الهدف:

معرفة كيفية قياس كمية التدفق بواسطة الفوهة (Orifice).

المواد و الأدوات:

المانومتر المائل,وقلم,وملابس العمل,ومسطرة,وآلة حاسبة.

المطلوب:

قياس معدل السريان الهوائي بواسطة الفوهة.

الخطوات:

1 قم بتحديد قطر و مساحة المجرى الهوائي لوحدة التحكم في السريان الهوائي (A_1, D_1).

2 قم بتحديد قطر و مساحة الفوهة (A_2, D_2).

3 قم بتشغيل المروحة على سرعات مختلفة و سجل قراءة فرق الضغط لكل سرعة.

4 استخدم معادلة الفوهة في حساب كمية التدفق.

5 بمعرفة سرعة المروحة و فرق الضغط المقاس لكل سرعة قم بتحديد كمية التدفق من خريطة وحدة التحكم.

6 قم بقراءة فرق الضغط و حساب كمية التدفق لكل سرعة في السريان الهوائي.

7 قم برسم العلاقة بين السرعة و فرق الضغط و كذلك مع كل من كمية التدفق المقاس و المحسوب.

8 أعد الخطوات من (1) إلى (7) و ذلك بتغيير قطر الفوهة (D_2).

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (3)

الهدف :

معرفة كيفية قياس سرعة و كمية التدفق بواسطة الروتامتر (Rotameter).

المواد و الأدوات :

ملابس العمل,وقلم,ومسطرة,وآلة حاسبة,وروتامتر, وحدة التحكم في كمية التدفق.

المطلوب :

قياس سرعة و كمية التدفق بواسطة الروتامتر.

الخطوات :

1 - قم بضبط سرعة المروحة ثم قم بقياس كمية التدفق مباشرة من جهاز الروتامتر.

2 – قم بتغيير سرعة المروحة و في كل مرة سجل قراءة كمية التدفق بواسطة الروتامتر.

3 – قم بتعبئة الجدول التالي:

سرعة المروحة V (m/s)	كمية التدفق Q_{rot}

4 – ارسم العلاقة بين سرعة المروحة و كمية التدفق.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (4)

الهدف:

معرفة كيفية قياس سرعة و كمية التدفق بواسطة السلك الساخن.

المواد و الأدوات:

ملابس العمل,وقلم,وآلة حاسبة,ووحدة تحكم في التحكم في كمية التدفق.

المطلوب:

قياس سرعة و كمية التدفق بواسطة السلك الساخن.

الخطوات:

1- قم بضبط سرعة المروحة ثم سجل قراءة سرعة التدفق مباشرة من السلك الساخن.

2- قم بقياس قطر وحدة التحكم و احسب مساحة المقطع لوحدة التحكم (A) ثم قم بحساب كمية التدفق من المعادلة التالية:

$$Q = V \times A$$

3- قم بتغيير سرعة المروحة و أعد الخطوة رقم (2) حتى تملأ الجدول التالي:

سرعة المروحة	سرعة التدفق	معدل التدفق

4 - ارسم العلاقة بين سرعة المروحة و كل من سرعة و معدل التدفق.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

التدريب العملي رقم (5)

الهدف :

معرفة كيفية استخدام أنبوب بيتوت في قياس سرعة و كمية التدفق.

المواد و الأدوات :

أنبوب بيتوت, قلم,وملابس العمل,وآلة حاسبة,ووحدة تحكم في سرعة و كمية التدفق.

المطلوب :

قياس سرعة و كمية التدفق بواسطة أنبوب بيتوت.

الخطوات :

1 – قم بضبط مؤشر وحدة التحكم و حدد سرعة المروحة.

2 – قم بقياس سرعة السريان (v) في المجرى الهوائي بواسطة أنبوب بيتوت.

3 – قم بحساب معدل التدفق (Q) و ذلك حسب المعادلة التالية :

$$Q = V \times A \quad ,A= 0.031\ m^2$$

4 – قم باكمال الجدول التالي:

سرعة المروحة	سرعة التدفق	معدل التدفق

5 – ارسم العلاقة بين سرعة السريان الهوائي و كل من سرعة المروحة و كمية التدفق.

ملحوظات المتدرب على تطبيق التدريب العملي

اختبار ذاتي رقم (1)

أجب عن الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر إلى الحل النموذجي.

س1:

عرف كل من المصطلحات التالية:

أ – القياس ب – المعايرة

ج – الدقة د – الحساسية

هـ – خطأ القياس

س2:

اذكر ثلاثة أغراض تستوجب إجراء عملية المعايرة لجهاز القياس.

س3:

اذكر ثلاثة أجهزة لقياس الأطوال مع ذكر دقة كل جهاز من هذه الأجهزة.

س4:

تنقسم قوالب القياس إلى نوعين رئيسين ما هما ؟

س5:

حول القيم التالية من النظام المتري إلى البريطاني.

A – 1 m^2 = ? ft^2.
B – 1 kg = ? lb_m.
C – 30 C° = ? F°.
D – 2 bar = ? psi.

اختبار ذاتي رقم (2)

أجب عن الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر إلى الحل النموذجي.

س1:

تعتمد معظم أجهزة القياس لدرجة الحرارة في عملها على قياس تغيرات في ظواهر فيزيائية محددة, ما هي ؟

س2:

كيف تستطيع معايرة الثيرمومتر الزئبقي ؟

س3:

عرف ما يلي:

الضغط المطلق,والرطوبة النسبية,والازدواج الحراري.

س4:

اذكر أهم ثلاث طرق لقياس الرطوبة.

س5:

اذكر ثلاثة أنواع من المانومتر.

س6:

يعتمد قياس سرعة و معدل التدفق على معادلتين رئيستين, ما هما ؟

إجابة الاختبار الذاتي رقم (1)

ج1:

القياس: هو تحديد قيمة محددة (معلومة) لكمية فيزيائية مثل: الطول,والقوة,ودرجة الحرارة, و الضغط بواسطة جهاز قياس.

المعايرة: هي إيجاد العلاقة الوظيفية بين قراءات المؤشر و الكميات المتغيرة المراد قياسها, أو هي ضبط قراءات الجهاز المستخدم مع جهاز آخر دقيق يسمى المرجع و ذلك لمعرفة مدى قرب أو بعد القراءات عن القراءة الصحيحة.

الدقة: هي أصغر تدريج أو أصغر قراءة يمكن قياسها أو أخذها من جهاز القياس.

الحساسية: هي مدى إحساس جهاز القياس لسرعة التغيرات التي تحدث في الكمية المقاسة بحيث يتحرك المؤشر معطيا القراءة اللحظية.

خطأ القياس: هو الفرق بين القيمة الحقيقية و القيمة المسجلة من القياس.

ج2:

الأغراض و الأهداف التي تستوجب إجراء عملية المعايرة:

1 - معرفة ما إذا كان الفرق بين قراءة جهاز القياس و قيمة الإشارة الداخلة للجهاز يتخذ على الدوام قيمة تقل أو تزيد عن قيمة معينة و ذلك لمعرفة الحد الأقصى للخطأ المسموح به.
2 - معرفة الأخطاء إلى أعلى درجة ممكنة من الدقة.
3 - الحصول على معلومات عن جهاز القياس نفسه و إجراء التحسينات عليه.

ج3:

أجهزة قياس الأطوال هي:

1 – المسطرة المترية و لها دقة تساوي (1 ملم).

2 – القدمة ذات الورنية و لها دقة قياس تساوي (1,. ملم).

3 – الميكرومتر و له دقة قياس تساوي (01,. ملم).

ج4:

تنقسم قوالب القياس إلى القسمين الرئيسين التاليين:

1 – قوالب القياس المتوازية.

2 – قوالب قياس الزوايا.

ج5:

A – 1 ft = 0.304 m
$1\ m^2 = (1/0.304)^2\ ft^2$

B – 1 lb_m = 0.4536 kg
1 kg = (1/0.4536) lb_m

C - F° = 1.8 C° + 32
= 1.8(30) + 32
= 86

D – 1 bar = 14.5 psi
2 bar = 2 (14.5) psi
= 29 psi

إجابة الاختبار الذاتي رقم (2)

ج1:

تعتمد معظم أجهزة قياس درجة الحرارة في عملها على قياس إحدى التغيرات التالية:

1 – تغير في الأبعاد كالتمدد و الانكماش للمواد سواء كانت سائلة أو صلبة أو غازية.

2 – التغير في المقاومة الكهربائية.

3 – القوة الدافعة الكهربائية نتيجة استعمال معدنيين مختلفين.

4 – التغير في شدة و لون الإشعاع الصادر من الجسم الساخن.

ج2:

نستطيع معايرة الثيرمومتر الزئبقي بوضعه:

1 – في محلول من الماء النقي و الثلج المجروش حيث إن درجة حرارة مثل هذا المحلول تساوي صفرا مئويا.

2 – في ماء نقي مغلي حيث إن درجة حرارة الماء المغلي و عند ضغط جوي واحد تساوي مئة درجة مئوية.

ج3:

الضغط المطلق: هو الضغط المقاس نسبة إلى ضغط يساوي صفرا (Zero Pressure) .

الرطوبة النسبية: هي النسبة بين كمية بخار الماء في الغاز إلى كمية بخار الماء اللازمة لتشبع الغاز عند نفس درجة الحرارة.

الازدواج الحراري: عند توصيل سلكين معدنيين من مادتين مختلفتين و تعريضهما لدرجتي حرارة مختلفتين فإنه تتولد قوة دافعة كهربائية تتوقف على نوع السلكين و درجة حرارة كل منهما و يسمى هذا بالإزدواج الحراري.

ج4: ثلاث طرق لقياس الرطوبة:

1 – باستخدام جهاز الهيومدستات.

2 – باستخدام العناصر الحساسة الكهربائية و الإلكترونية.

3 – باستخدام سيكرومتر المقلاع.

ج5:

من أنواع المانومتر:

1 – المانومتر العادي شكل حرف (U).

2 – مانومتر الخزان.

3 – المانومتر المائل.

ج6: المعادلتان الأساسيتان اللتان تستعملان في تحديد سرعة السريان و معدل التدفق هما:

1 - معادلة الاستمرارية.

2 - معادلة برنولي للانسياب المنتظم.

المصطلحات

المعنى	المصطلح
الثيرمومتر المزدوج المعدن	Bimetallic Strip Thermometer
حالة الاستقرار	Steady State
المروحة	Blower
الزوج الحراري	Thermocouples
قنطرة هويستون	Wheatstone Bridge
الضغط الجوي	Atmospheric Pressure
الضغط المطلق	Absolute Pressure
الرطوبة المطلقة	Absolute Humidity
الرطوبة النسبية	Relative Humidity
نقطة الندى	Dew Point
درجة الحرارة الجافة	Dry Bulb Temperature
درجة الحرارة الرطبة	Wet Bulb Temperature
الخريطة السيكرومترية	Psychrometric Chart
معادلة الاستمرارية	Continuity Equation
مائع غير قابل للانضغاط	Incompressible Flow
الفنشوري	Venture
الفوهة	Orifice

المراجع

اسم المرجع	المؤلف
أجهزة القياس و المعايرة, دار الفجر للنشر و التوزيع – القاهرة, 1999	أحمد زكي حلمي
أساليب و أجهزة القياس في الهندسة الميكانيكية, مكتبة النهضة المصرية- القاهرة , 1968.	ر. ج. سويني, ترجمة أحمد عباس الشربيني
"Experimental Methods for Engineers" : John Wiley & Sons	Author: J.P. Holman Publisher
Measurement Systems Application and Design, Fourth Edition, McGraw-Hill, 1990.	Ernest O. Doebelin
Fluid Mechanics, Pitman Publishing Limited, London; 1979.	Douglas, Gasiorek, Swaffield;
http://pd.prlog.org/40028537-cpb5000-dead-weight-tester.html	انترنت