

القياسات الدقيقة

Fine measurements

في كثير من التجارب نحتاج لقياس أبعاد أجسام بدقة عالية أو نحتاج لقياس أبعاد أجسام صغيرة ولذلك نستخدم أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية (كالقدمة والميكروميتر والإسفيروميتر ...) والتي تصل الدقة في بعض الأنواع إلى (0.0005 cm).

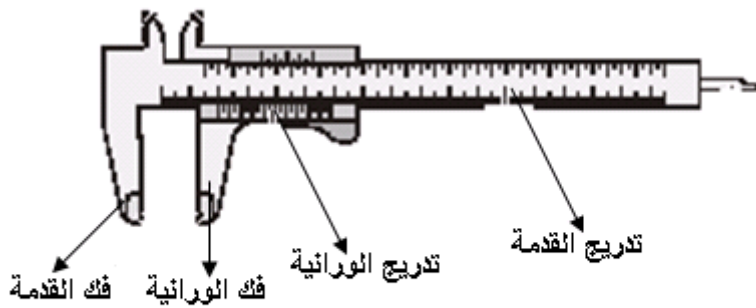
قاعدة أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية:

جميع أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية يتكون تدريجها من جزئين اثنين, أحدهما ثابت ويسمى التدريج الأساسي أو الثابت والآخر متحرك علي الجزء الثابت ويسمى بالورانية. والورانية المتحركة مقسمة إلي عدد n من الأقسام المتساوية. والقاعدة العامة للقياس بهذه الأجهزة هي أن قيمة العدد n من أقسام الورانية تكافئ قيمة اصغر قسم موجود على التدريج الثابت. والآن إليكم بعض أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية وكيفية استخدامها.

أولاً: القدمة ذات الورانية The Vernier Caliper:

تتكون القدمة ذات

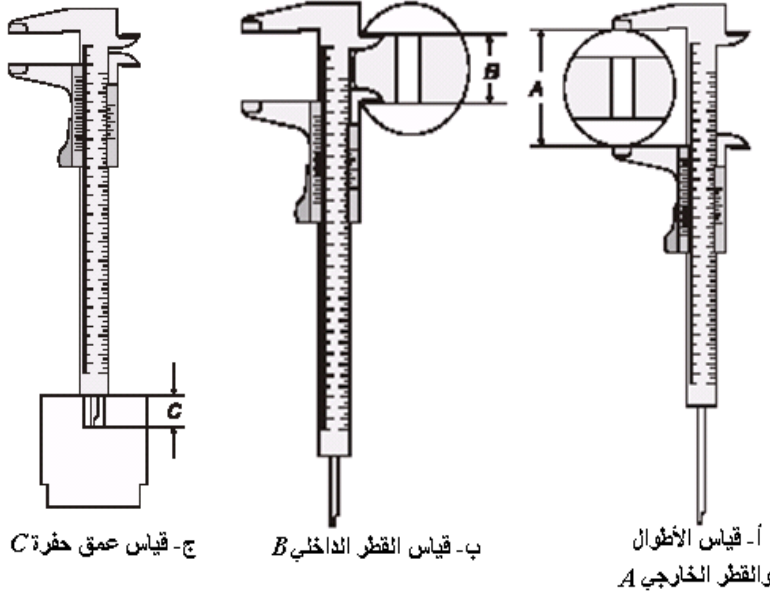
الورانية كما بالشكل (1) من فكي القدمة والتدريج الأساسي والورانية.



شكل (1)

التدريج الأساسي (الجزء الثابت) مدرج بالسنتيمترات والمليمترات وبالتالي فأصغر قسم موجود عليه هو 1 ملليمتر.

أما الجزء المتحرك (الورانية) فمقسم في بعض القدمات إلي عشرة أقسام (شرط) (أي أن $n = 10$) فتكون قيمة كل قسم (شرطه) (0.1 mm) أي (0.01 cm).



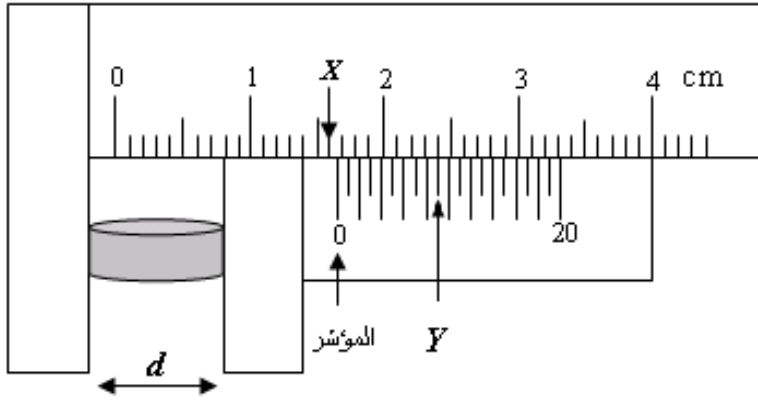
شكل (2)

أما القدمات الأكثر دقة تكون الورانية مقسمة إلى عشرين شرطة ($n = 20$) قيمة كل شرطة في تلك الحالة (0.005 cm).

وتستخدم القدمة لقياس الأبعاد (أطوال- الأقطار الخارجية والداخلية - أعماق - ...) ويوضح شكل (2) بعض هذه الاستخدامات.

طريقة القياس بالقدمة:

- 1- يوضع الجسم المراد قياس أحد أبعاده d بين فكي القدمة كما هو واضح بالشكل (3).
- 2- صفر التدرج المتحرك



شكل (3)

(الورانية) يسمى نقطة بداية القياس (المؤشر) حيث نقرأ قيمة الشرطة التي تقع قبل صفر الورانية على التدرج الثابت ولتكن X .

- 3- يتم تحديد عدد أقسام (شُرط) الورانية بين صفر

الورانية وبين أول شرطة بتطبيق تماما مع إحدى شُرط التدرج الأساسي ولتكن Y كما بالشكل (3) فيكون بعد الجسم المراد تعيينه هو:

$$d = (X + Y \times 0.005) \text{ cm}$$

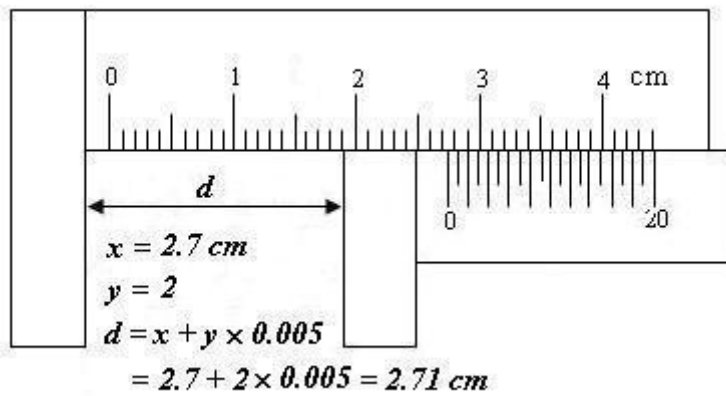
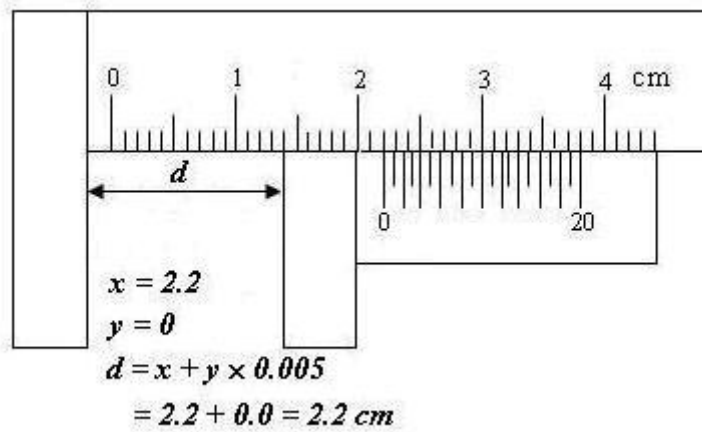
$$= 1.6 + 9 \times 0.005 = 1.645 \text{ cm}$$

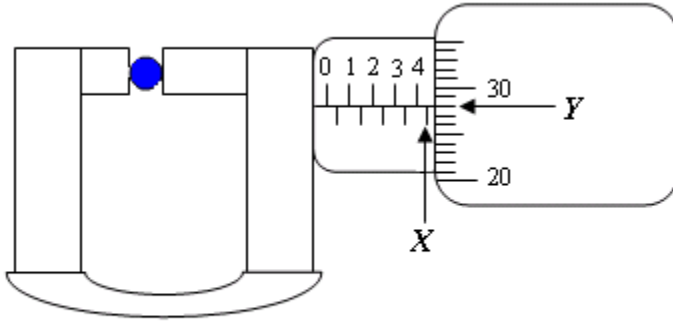
حالة خاصة:

إذا انطبق صفر التدريج المتحرك على إحدى شُرطَ التدريج الثابت فإن معنى ذلك أن $Y = 0$ وبالتالي فإن:

$$d = X \text{ cm}$$

أمثلة:



ثانياً: الميكروميتر Micrometer:**شكل (4)**

يتكون الميكروميتر كما هو

موضح بالشكل (4) أسطوانة ثابتة

عليها التدرج الأساسي وهي مقسمة

إلى ملليمترات ولها كذلك تدرج سفلي

يمثل أنصاف الملليمترات, أي أن أقل

جزء علي التدرج الأساسي هو 0.5

ملليمتر. أما الورانية فهي عبارة عن

تدرج دائري موجود علي أسطوانة دائرية متحركة حول الأسطوانة الثابتة. والورانية مقسمة

إلى خمسين شرطة فتكون قيمة كل شرطة (0.01 mm).

يستخدم الميكروميتر لقياس الأبعاد (أطوال - الأقطار الخارجية - سمك الألواح

الخارجية) للأجسام الصغيرة بدقة أكبر من القدمة.

طريقة القياس بالميكروميتر:

1 - يوضع الجسم المراد قياس بعد من أبعاده بين فكي الميكروميتر كما بالشكل (4).

2 - نحدد قيمة آخر شرطة تظهر على التدرج الثابت ولتكن X .

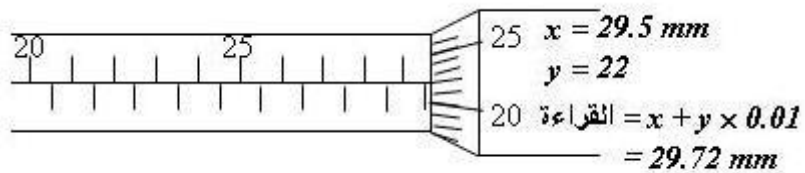
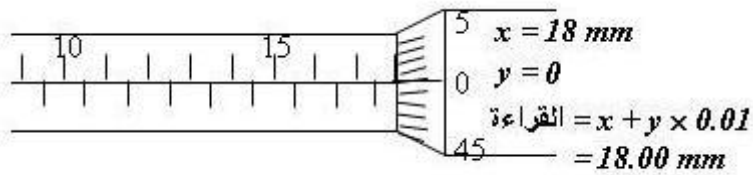
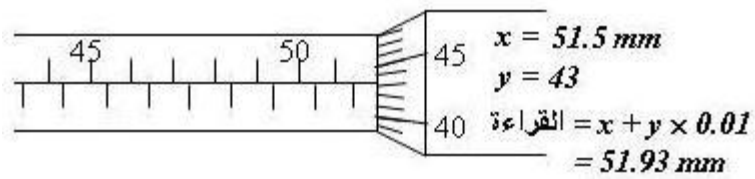
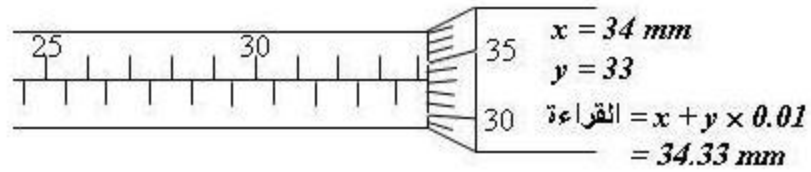
3 - نأخذ قراءة الورانية التي ينطبق عليها الخط الأفقي في التدرج الثابت ولتكن Y كما بالشكل

(4) فيكون بعد الجسم المراد تعيينه هو:

$$d = (X + Y \times 0.01) \text{ mm}$$

$$= 4.5 + 28 \times 0.01 = 4.78 \text{ mm}$$

أمثلة:



التمثيل البياني

أولاً: أنواع الأخطاء:

يجب في البداية أن يُدرك الطالب قبل إجراء التجارب العملية أنواع الأخطاء التي يمكن أن يقع فيها حتى يتمكن من تلافيها أو التقليل من نسبة الخطأ في نتائج العملية . أما الأخطاء التي ترجع إلى الطالب مثل الخطأ في توصيل التجربة أو في قراءة مقياس الأجهزة أو الخطأ في حساب النتائج فإنها أخطاء مرفوضة *Illegitimate errors* وتتطلب إعادة التجربة. فالأخطاء التي سنعالجها هي الأخطاء الخارجة عن إرادة الطالب والتي ترجع إلى عدم دقة الأجهزة أو صعوبة الوصول إلى الظروف المثالية للتجربة وهي:

1- خطأ معلمي **Experimental or Instrumental Errors**:

يعتمد هذا الخطأ على دقة وحساسية أجهزة القياس وطرق القياس نفسها . مثال لهذا الخطأ لو أننا نقيس تيار يتغير بمعدل 2mA واستخدمنا أميتر حساسيته 5mA فالقراءات لن تكون دقيقة.

2- خطأ شخصي **Personal Error** :

يعتمد هذا النوع من الأخطاء على دقة الشخص في ملاحظة وتسجيل البيانات الخاصة بالأجهزة وتسجيل القراءات بعناية. لذا يجب على الطالب مراعاة الدقة التامة في ملاحظة وتدوين النتائج و تكرار القياس عدة مرات (كلما أمكن ذلك) ثم حساب المتوسط.

3- خطأ منتظم **Systematic Error** :

هو خطأ ثابت موجود في جميع القراءات وفي نفس الاتجاه (إما بالزيادة أو النقصان) وهو يظهر نتيجة لعدم معايرة الأجهزة المستخدمة في القياس وكذلك يمكن أن يظهر بسبب تغير في الظروف الطبيعية كالضغط و درجة الحرارة والرطوبة. لذا يجب مراجعة الأجهزة المستخدمة جيداً و معايرتها وحمايتها من عوامل التلف الناتجة من سوء التخزين أو سوء الاستخدام.

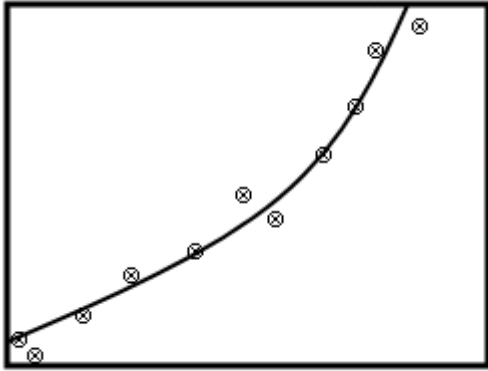
4- خطأ عشوائي Random error:

هو الخطأ الذي يحدث بمقادير متغيرة وينشأ من تغيير طفيف في حالة التجربة ومثال ذلك الخطأ الذي ينشأ عن تكرار قياس كمية معينة عدة مرات وفي كل مرة تحصل على نتيجة مختلفة قليلاً جداً عن السابقة.

ثانياً: التمثيل البياني:

يحتاج الطالب في معظم التجارب التي يقوم بها إلى التمثيل البياني لما يحصل عليه من نتائج وذلك للحصول على الثوابت الفيزيائية المطلوب حسابها من هذه النتائج. من هنا يجب أن يتعلم تمثيل النتائج بيانياً بصورة محكمة ودقيقة وكيفية الحصول على ما يحتاجه منها. ولتمثيل ورسم النتائج التي حصل عليها من القياسات العملية يجب ملاحظة الآتي :

- 1 يجب أخذ أكبر عدد من النتائج الممكنة فهذا يقلل من الأخطاء الشخصية المحتملة.
- 2 - يجب عند تمثيل كمية معينة اختيار مقياس الرسم المناسب على المحورين السيني والصادي ويتم ذلك بتحديد أكبر وأقل قيمة لمعرفة مدى القراءات وبالتالي أخذ المقياس المناسب بعد معرفة عدد المربعات المتاحة في ورقة الرسم البياني.



- 3 تمثل النتائج التي حصلت عليها كنقاط حولها دائرة صغيرة.

- 4 - في حالة رسم المنحنيات توصل النقاط باليد بدقة بدون تعرجات للحصول على منحنى

متصل يصل أكبر عدد من النقاط ويترك من الجانبين عدد شبه متساوي من النقاط وفي بعض الأحيان يستخدم راسم المنحنيات (French Curve).

الأبعاد والوحدات

الكميات الفيزيائية:

الكميات الفيزيائية نوعان: نوع أساسي كالطول والكتلة والزمن والتيار الكهربى ودرجة الحرارة، ونوع مستنبط من الكميات الأساسية كالسرعة والقوة والمقاومة الكهربائية وشدة المجال الكهربى والمغناطيسى، الخ. وهذا التقسيم ينطبق أيضا على الوحدات والأبعاد بالنسبة لهذه الكميات [Watt/(m.⁰K)] ولذلك يجب معرفة الطريقة التى تستنبط بها. للوحدات نظم عديدة منها النظام المطلق (سم , جم , ثانية), النظام الانجليزى (قدم , رطل , ثانية) . وقد اتفق عالميا على استخدام نظام الوحدات العالمى International System (SI). فى هذا النظام تستخدم الوحدات الأساسية الآتية:

الكمية الفيزيائية	رمز البعد	الوحدة	الوحدة
الطول	L	متر	Meter (m)
الكتلة	M	كيلومتر	Kilogram (Kg)
الزمن	T	ثانية	Second (sec.)
شدة التيار الكهربى	A	أمبير	Ampere (Amp.)
درجة الحرارة	K	درجة كلفن	Kelvin
كمية المادة	mol	مول	Temperature(K)
شدة الاستضاءة	cd	قنديله	Mole (mol)
			Candela (cd)

وتستنبط وحدات وأبعاد الكميات الفيزيائية الأخرى بدلالة (cd, mol, K, A, T, M, L)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m a}{A} = \frac{m d}{A t^2} : (P) \text{ فمثلا الضغط}$$

الضغط = قوة ÷ المساحة = (الكتلة × العجلة) ÷ المساحة = (الكتلة × المسافة) ÷ (زمن)² × المساحة).

أبعاد الضغط : وحدات الضغط هي ($\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{sec}^{-2}$) ومن تعريف الضغط يمكن كتابة هذه الوحدة : نيوتن/متر² وفي النظام العالمي (SI) تسمى وحدة الضغط (بار Par) .
فيما يلي جدول لوحدات وأبعاد بعض الكميات الفيزيائية المستنبطة:

الكمية الفيزيائية ورمزها	الأبعاد	الوحدات
السرعة الخطية v	LT^{-1}	متر/ثانية
السرعة الدورانية w	T^{-1}	درجة نصف
التردد v	T^{-1}	قطرية/ثانية
العجلة الخطية g	LT^{-2}	ذبذبة/ثانية أو هيرتز
القوة F	MLT^{-2}	متر/ثانية ²
معامل المرونة Y	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	نيوتن
الشغل والطاقة W	ML^2T^{-2}	نيوتن/متر ²
القدرة P	ML^2T^{-3}	نيوتن . متر = جول
عزم القصور الذاتي I	ML^2	وات = جول/ثانية
شدة المجال الكهربائي E	$\text{MLA}^{-1}\text{T}^{-3}$	كجم متر ²
الجهد الكهربائي V	$\text{ML}^2\text{A}^{-1}\text{T}^{-2}$	فولت / متر
كثافة الفيض المغناطيسي	$\text{MA}^{-1}\text{T}^{-2}$	فولت ³
B	$\text{MA}^{-1}\text{T}^{-2}$	ويبر/متر ² = تسلا
الفيض المغناطيسي Φ_B	$\text{ML}^2\text{A}^{-1}\text{T}^{-2}$	ويبر
شدة المجال المغناطيسي	AL^{-1}	أمبير - لفة/متر
H	AL^{-1}	جول/ (كجم. درجة
الحرارة النوعية S	$\text{L}^2\text{T}^{-2}\text{K}^{-1}$	كلفن)
معامل التوصيل الحراري	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}\text{K}^{-1}$	وات/(متر.درجة
K	K^{-1}	كلفن)
قوة عدسة أو التمايل	L^{-1}	ديوبتر

يلاحظ في الجدول أن وحدات الكميات الفيزيائية قد سميت بأسماء تطبيقية مثل التردد (هيرتز), الشغل (جول), كثافة الفيض المغناطيسي (الحث المغناطيسي) (تسلا), الضغط (بار). ويلاحظ أيضا أن لبعض الأبعاد المستنبطة علاقة بأبعاد مستنبطة أخرى فمثلا: وات = جول ÷ ثانية, فولت = ويبر ÷ ثانية.

بعض الكميات ليس لها أبعاد ولكنها قد أعطيت مسميات كوحدات لها ومن أمثلة ذلك :

1 -الزوايا: وحداتها بالتقدير الستيني "درجة ستينية" وبالتقدير الدائري "درجة نصف قطرية".

2 -عدد لفات ملف كهربى وحداته هي "لفة".

جدول عام لتحويل الوحدات

وحدات عملية (سم. جم. ث.)		وحدات عالمية (متر. كيلوجرام) M.K.S	الكمية
كهروستاتيكية (ستات) e. s. u	كهرومغناطيسية مطلقة (أب) e.m.u		
1 ثانية	1 ثانية	1 ثانية	الزمن
100 سم	100 سم	1 متر	الطول
1000 جم	1000 جم	1 كجم	الكتلة
10^5 داي	10^5 داي	1 نيوتن	القوة
10^7 إرج	10^7 إرج	1 جول	الطاقة
3×10^9 ستات كولوم	0.1 أب كولوم	1 كولوم	الشحنة
3×10^9 ستات أمبير	0.1 أب أمبير	1 أمبير	التيار
(1/300) ستات فولت	10^8 أب فولت	1 فولت	الجهد
(1/300000) ستات فولت	10^6 أب فولت/سم	1 فولت/متر	المجال الكهربى
9×10^{11} ستات فاراد	10^{-9} أب فلاد	1 فاراد	السعة
$(1/9) \times 10^{-11}$ ستات أوم	10^{-9} أب أوم	1 أوم	المقاومة
$(1/9) \times 10^{-9}$ ستات أوم.سم	10^{11} أب أوم.سم	1 أوم. متر	المقاومة النوعية
$(1/3) \times 10^{-2}$ ستات فولت. ثانية	10^8 ماكسويل	1 وبر	الفيض المغناطيسى
$(1/3) \times 10^{-6}$ ستات فولت. ثانية/سم ²	10^4 جاوس	1 وبر /متر ²	كثافة الفيض
$12\pi \times 10^7$ ستات أمبير/سم	$4\pi \times 10^{-3}$ أورستد	1 أمبير / متر	المجال المغناطيس
$(1/9) \times 10^{-11}$ ستات هنرى	10^9 أب هنرى	1 هنرى	الحث الذاتى والمتبادل

قيم بعض الثوابت الطبيعية

$$\text{شحنة الإلكترون} = -1.6 \times 10^{-19} \text{ كولوم} = -4.8 \times 10^{-10} \text{ ستات كولوم}$$

$$\text{شحنة البروتون} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ كولوم} = 4.8 \times 10^{-10} \text{ ستات كولوم}$$

$$\text{كتلة الإلكترون} = 9.108 \times 10^{-31} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{كتلة البرتون} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{كتلة دقيقة ألفا} = 6.68 \times 10^{-27} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{ثابت بلانك} = 6.62 \times 10^{-34} \text{ جول . ثنائية}$$

$$\text{معامل السماحية للفراغ} \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ (كولوم}^2 \text{) / (نيوتن.متر}^2 \text{)}$$

$$\text{معامل النفاذية للفراغ} \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ نيوتن / (أمبير}^2 \text{) أو وبر / (أمبير.متر)}$$

$$\text{العزم المغناطيسي للإلكترون (بوهر مجنيتون)} = 9 \times 10^{-24} \text{ أمبير . متر}^2$$

$$\text{الشحنة النوعية أي (e / m) للإلكترون} = 1.76 \times 10^{-11} \text{ كولوم / كيلو جرام}$$

$$\text{عدد أفوجادرو} = 6.02 \times 10^{23}$$

$$\text{سرعة الضوء} = 3 \times 10^8 \text{ متر / ث}$$

$$\text{الإلكترون فولت} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{عجلة الجاذبية الأرضية g} = 9.807 \text{ متر / ثانية}^2$$

$$\text{ثابت الجاذبية العام G} = 6.670 \times 10^{-11} \text{ نيوتن . م}^2 \text{ / كجم}^2$$

$$\text{كثافة الماء (النهاية العظمى) } \rho = 0.999972 \text{ جم / سم}^3$$

$$\text{كثافة الزئبق في م. ض. د} = 13.595 \text{ جم / سم}^3$$

$$\text{الضغط الجوي} = 1.0132 \times 10^5 \text{ نيوتن / م}^2$$

$$\text{حجم الغاز المثالي في م. ض. د} = 22.421 \text{ سم}^3 \text{ / جزئي}$$

$$\text{ثابت الغاز العام (R)} = 8.3166 \text{ جول / جزئي. درجة مطلقة}$$

$$\text{المكافئ الميكانيكي الحراري (J)} = 4.1855 \text{ جول / سعر}$$

$$\text{ثابت ستيفان - بولتزمان (σ)} = 5.6686 \times 10^{-8} \text{ وات / درجة مطلقة}^4$$

$$\text{الفارادى F} = 9.6520 \times 10^4 \text{ كولوم}$$

تعيين الحرارة النوعية لجسم صلب بطريقة الخلط

الهدف من التجربة:

تعيين الحرارة النوعية لمعدن بطريقة الخلط.

نظرية التجربة:

يتطلب رفع درجة حرارة جسم من درجة حرارة ابتدائية t_1 إلى درجة حرارة نهائية t_2 كمية من الحرارة تتوقف على كتلة الجسم وحرارته النوعية s والفرق بين درجتي الحرارة $(t_2 - t_1)$.

تعرف الحرارة النوعية s للمادة بكمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة ووحدتها هي $cal/(gm.^{\circ}C)$.

في هذه التجربة يمكن قياس الحرارة النوعية لجسم بدراسة الحرارة المتبادلة بين الجسم وكمية من الماء، ويدعى الوعاء الذي يتم ضمنه التبادل الحراري بالمسعر.

يتم تسخين الجسم الصلب المراد تعيين حرارته النوعية بطريقة الخلط إلى درجة حرارة

عالية ($t_2 \geq 90^{\circ}C$) وبعدها يوضع في كمية من الماء كتلتها m_w ودرجه حرارتها t_1 وبعد

الحصول على حالة الاتزان الحراري فان درجة الحرارة الجديدة للمجموعة (الماء والجسم

والمسعر) ولتكن t_3 والتي عندها يكون كل من الماء والمسعر قد كسب كمية من الحرارة

تساوى كمية الحرارة التي فقدها الجسم الصلب ويعبر عن حالة الاتزان بالمعادلة التالية:

$$m_s s_s (t_2 - t_3) = (m_c s_c + m_w s_w) (t_3 - t_1)$$

حيث:

m_s : كتلة الجسم الصلب ،

s_s : الحرارة النوعية للجسم الصلب ،

t_2 : درجة حرارة الجسم الصلب الابتدائية "وهوساخن" ،

t_3 : درجة حرارة الخليط عند الاتزان الحراري ،

m_c : كتلة المسعر وهو فارغ،

s_c : الحرارة النوعية للمسعر ،

m_w : كتلة الماء ،

s_w : الحرارة النوعية للماء ،

t_1 : درجة حرارة الماء والمسعر الابتدائية "وهي تساوي تقريباً درجة حرارة الغرفة".

الأدوات المستخدمة:

مسعر – سخان كهربائي - ميزان لتعيين الكتل - ترمومتر – ماء – جسم صلب يراد تعيين حرارته النوعية.

خطوات العمل:

1. عين كتلة المسعر m_c وهو فارغ .
2. ضع كمية من الماء في المسعر "أقل من نصف المسعر" ثم عين كتلة المسعر والماء M_1 .
3. من الفرق بين M_1 و m_c عين كتلة الماء m_w .
4. ضع المسعر في الوعاء العازل الخاص به حتي يكون التبادل الحراري مع الوسط الخارجي معدوم تقريباً، ثم عين درجة حرارة الماء و المسعر t_1 وهي نفسها درجة حرارة الغرفة تقريباً.
5. ضع الجسم الصلب في الأنبوبة الخاصة به وضع الترمومتر برفق وسط الجسم الصلب، ثم ضع الأنبوبة في حمام مائي، ثم أرفع درجة الحمام المائي بواسطة السخان الكهربائي. وانتظر حتى ترتفع درجة حرارة الجسم الصلب ثم تثبت، وعندها عين تلك الدرجة t_2 .
6. أنقل الجسم الصلب بسرعة إلي المسعر والماء وحرك الخليط، ثم عين درجة حرارة الخليط النهائية t_3 .
7. عين كتلة الخليط (المسعر وبه الماء والجسم الصلب) M_2 .
8. من الفرق بين M_2 و M_1 عين كتلة الجسم الصلب m_s .
9. بمعلومية كل من الحرارة النوعية لمادة المسعر s_c والحرارة النوعية للماء s_w ، احسب الحرارة النوعية للجسم الصلب s_s من العلاقة:

$$s_s = \frac{(m_c s_c + m_w s_w)(t_3 - t_1)}{m_s(t_2 - t_3)}$$

النتائج:

gm	=	كتلة المسعر وهو فارغ m_c
gm	=	كتلة المسعر والماء M_1
gm	=	كتلة الماء $m_w = m_c - M_1$
$^{\circ}C$	=	درجة حرارة الماء والمسعر t_1
$^{\circ}C$	=	درجة حرارة الجسم الصلب وهو ساخن t_2
$^{\circ}C$	=	درجة حرارة الخليط t_3
gm	=	كتلة الخليط (المسعر والماء والجسم الصلب) M_2
gm	=	كتلة الجسم الصلب $M_1 - M_2 = m_s$
$cal/(gm.^{\circ}C)$	1 =	الحرارة النوعية للماء s_w
$cal/(gm.^{\circ}C)$	=	الحرارة النوعية للمسعر s_c
$cal/(gm.^{\circ}C)$	=	الحرارة النوعية s_s لمادة الجسم الصلب

تعيين معامل التمدد الطولي

الهدف من التجربة:

تعيين معامل التمدد الطولي α لمادة ساق معدني باستخدام جهاز جنتر.

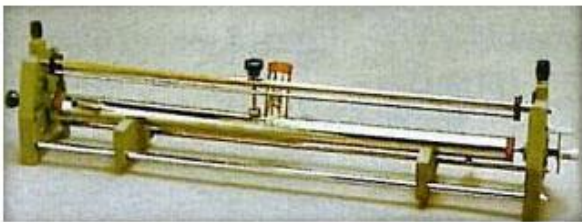
نظرية التجربة:

تدلنا التجارب المختلفة أن المادة بشكل عام "باستثناء حالات محدودة" تتمدد بالحرارة وتتكشف بالبرودة. ويرجع السبب في ذلك إلى أن المادة تتكون من جزيئات ترتبط فيما بينها بروابط جزيئية "فيما يشبه الأسلاك الزنبركية"، وعند تسخين المادة فإن الجزيئات تكتسب طاقة تعمل على اهتزاز هذه الجزيئات فتزيد طول الروابط الجزيئية مما يؤدي إلى زيادة ملحوظة في أبعاد المادة.

لنأخذ جسماً على شكل قضيب معدني طوله L_0 ودرجة حرارته T_0 ، فعندما نرفع درجة حرارته بطريقة ما إلى T فإننا نلاحظ أن طوله يزداد بحيث يصبح L . وقد وجد عملياً أن الزيادة في طول القضيب ΔL تتناسب طردياً مع طول القضيب الأصلي L_0 ، كما تتناسب طردياً أيضاً مع الارتفاع في درجة حرارته ΔT فضلاً عن توقفه على نوع مادة القضيب أي أن:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (1)$$

حيث: α ثابت التناسب يسمى معامل التمدد الطولي لمادة القضيب، $\Delta T = T - T_0$ ، $\Delta L = L - L_0$. ويعرف معامل التمدد الطولي α بأنه الزيادة في طول وحدة الأطوال من المادة عندما ترفع درجة حرارتها درجة مئوية واحدة. وهو خاصية للمادة ويقاس عادةً بوحدة $(^{\circ}C^{-1})$ "درجة مئوية⁻¹". ومن العلاقة (1) يمكن حساب معامل التمدد الطولي α حيث:



شكل (1)

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \quad (2)$$

والجهاز المستخدم لتعيين معامل التمدد الطولي α يسمى بجهاز جنتر وهو موضح بالشكل (1).

الأدوات المستخدمة:

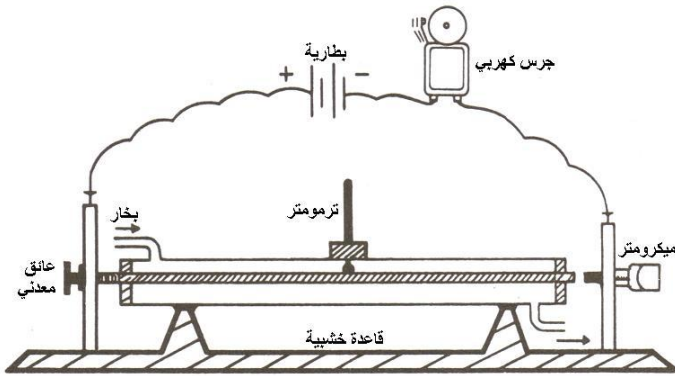
جهاز جنتر – ترمومتر – بطارية – جرس كهربى أو مصباح كهربى – مصدر لبخار الماء "غلاية".

خطوات العمل:

- 1- اخرج الساق المعدنية من جهاز جنتر وعين طوله L_0 بدقة بواسطة مسطرة، وسجل النتيجة.
- 2- ضع الساق المعدنية داخل جهاز جنتر في أنبوب التسخين بحيث يلمس أحد طرفيها العائق المعدني، ويواجه الطرف الآخر الميكرومتر.
- 3- ضع الترمومتر في الفتحة المخصصة له في أنبوب التسخين بحيث يلامس مستودع الترمومتر الساق المعدنية، ثم عين درجة حرارة الساق الابتدائية T_0 والتي يفترض أن تكون مساوية لدرجة حرارة الغرفة.
- 4- أدر الميكرومتر حتى يلامس طرف الساق العدني المقابل له، ثم عين قراءة الميكرومتر ولتكن θ_0 .

ملاحظة: يجب هنا مراعاة مجرد

التلامس بين الميكرومتر وطرف الساق "أي لا تجعل الميكرومتر يضغط علي الساق"، وللتحقق من ذلك يزود الجهاز بدائرة كهربائية تحتوي علي بطارية وجرس كهربى "أو مصباح كهربى" كما في الشكل (2) بحيث يدق الجرس "أو يضئ المصباح" عند مجرد التلامس.



شكل (2)

- 5- أدر الميكرومتر في الاتجاه المعاكس حتى يبعد عن طرف الساق مسافة كافية تسمح للساق بالتمدد.

- 6- مرر بخار الماء من الفتحة العلوية في أنبوبة التسخين كما هو موضح بالشكل (2)، ولاحظ قراءة الترمومتر التي تدل علي ارتفاع درجة حرارة الساق المعدني. استمر في إمرار البخار فترة زمنية كافية حتى تثبت قراءة الترمومتر ولتكن T .

7 - مع استمرار مرور البخار، أدر الميكرومتر حتى يلامس طرف الساق المعدني مرة أخرى، ثم عين قراءة الميكرومتر ولتكن θ .

8 - عين مقدار تمدد الساق المعدني "مقدار الزيادة في طوله ΔL " من فرق قراءتي الميكرومتر، أي من العلاقة:

$$\Delta L = \theta - \theta_o$$

9 - عين مقدار الزيادة في درجة حرارة الساق المعدني ΔT من العلاقة:

$$\Delta T = T - T_o$$

10 - بالتعويض في العلاقة (2) عن كل من L_o ، ΔL ، ΔT احسب معامل التمدد الطولي α لمادة الساق المعدني.

النتائج:

$$L_o = \dots \text{ cm}$$

$$T_o = \dots \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_o = \dots$$

$$T = \dots \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta = \dots$$

$$\Delta L = \dots \text{ cm}$$

$$\Delta T = \dots \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\alpha = \dots \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

تعيين المكافئ الميكانيكي الحراري (مكافئ جول)

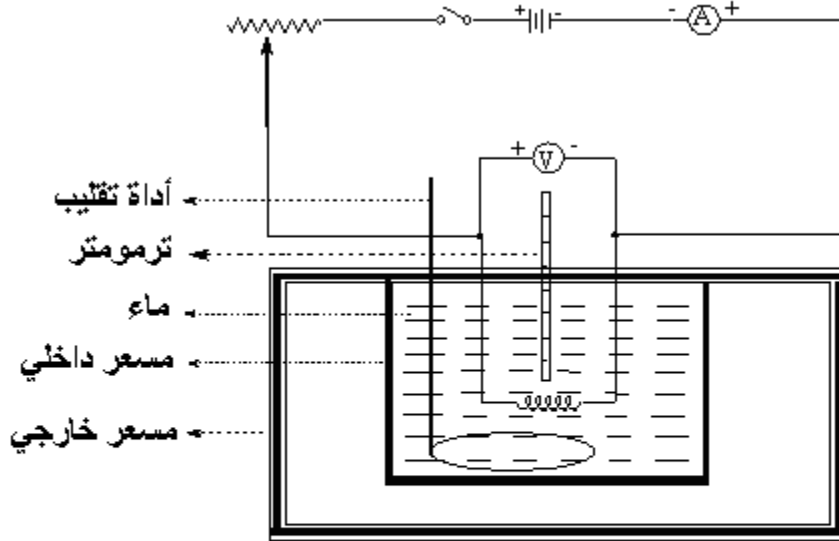
الهدف من التجربة:

تعيين المكافئ الميكانيكي الحراري (مكافئ جول).

نظرية التجربة:

ينص قانون جول على أنه " إذا تحولت الطاقة الكهربائية في موصل إلى طاقة حرارية فإن النسبة بين الطاقة الكهربائية المستنفذة W إلى كمية الحرارة المتولدة Q تكون نسبة ثابتة يطلق عليها مسمى المكافئ الميكانيكي الحراري أو مكافئ جول J , أي أن:

$$J = \frac{W}{Q} \quad (1)$$



شكل (1)

ولكي نحقق ذلك عملياً نستخدم الدائرة الكهربائية الموضحة في شكل (1), حيث الطاقة الكهربائية المستنفذة W تنشأ من مرور تيار شدته I خلال سلك مقاومته R في زمن قدره t . فإذا كان فرق الجهد بين طرفي المقاومة V , فإن الطاقة الكهربائية المستنفذة هي:

$$W = I V t \quad (2)$$

وتتحول الطاقة الكهربائية W إلى طاقة حرارية Q يكتسبها كل من المسعر والماء، حيث الطاقة الحرارية التي يكتسبها المسعر Q_1 هي:

$$Q_1 = m_1 s_1 (T_2 - T_1) \quad (3)$$

وأما كمية الحرارة التي يكتسبها الماء Q_2 فهي:

$$Q_2 = m_2 s_2 (T_2 - T_1) \quad (4)$$

حيث: T_1 درجة الحرارة قبل التسخين، T_2 درجة الحرارة بعد التسخين،

m_1 كتلة المسعر وهو فارغ، m_2 كتلة الماء،

s_1 الحرارة النوعية للمسعر، s_2 الحرارة النوعية للماء،

$$\therefore Q = Q_1 + Q_2$$

$$= (m_1 s_1 + m_2 s_2) \Delta T \quad (5)$$

حيث: $\Delta T = T_2 - T_1$.

من المعادلتين (2)، (5) نجد أن مكافئ جول هو:

$$J = \frac{IVt}{(m_1 s_1 + m_2 s_2) \Delta T} \quad (6)$$

الأدوات المستخدمة:

مسعر جول (مسعر معزول به سلك تسخين ومقلب) - ترمومتر - أميتر - فولتميتر - بطارية - ريوستات - ميزان حساس.

خطوات العمل:

- 1- عين كتلة المسعر الداخلي وهو فارغ وجاف ونظيف وليكن m_1 .
- 2- أملأ حوالي ثلث المسعر ماء وعين كتلة المسعر والماء ولتكن m ثم أحسب كتلة الماء $m_2 = m - m_1$ ، ثم عين درجة حرارة الماء T_1 .

- 3 -وصل الدائرة الكهربائية كما هو موض ح بشكل (1) ثم حرك الريوستات لضبط شدة التيار الكهربى على قيمة ثابتة I ولتكن 1 أمبير، ثم سجل قراءة الفولتميتر V .
- 4 -ابدأ في تشغيل ساعة الإيقاف لمدة 20 دقيقة وفي خلال هذه الفترة قم بتقليب الماء بالمقلب كل 5 دقائق لجعل درجة الحرارة متجانسة في جميع نقاط المسعر والماء, ثم سجل درجة الحرارة النهائية T_2 .
- 5 -افصل الدائرة الكهربائية مع تدوين النتائج في الجدول التالي ثم احسب مكافئ جول باستخدام المعادلة (6).

النتائج:

كتلة المسعر وهو فارغ وجاف ونظيف m_1	=	.....	جم.
كتلة المسعر والماء m	=	.....	جم.
كتلة الماء m_2	=	.....	جم.
شدة التيار الكهربى I	=	1	أمبير.
فرق الجهد V	=	.....	فولت.
درجة الحرارة الابتدائية T_1	=	.....	°م.
درجة الحرارة النهائية T_2	=	.....	°م.
زمن مرور التيار الكهربى بالثانية t	=	1200	ثانية.
الحرارة النوعية لمادة المسعر s_1	=	.....	سعر / (جم . °م).
الحرارة النوعية للماء s_2	=	1	سعر / (جم . °م).
مكافئ جول J	=	.....	جول / سعر.
علما بأن:			
الحرارة النوعية للألمونيوم	=	0.22	سعر / (جم . °م).
الحرارة النوعية للنحاس	=	0.1	سعر / (جم . °م).

تعيين المعامل الحراري لمقاومة ملف نحاسي باستخدام القنطرة المتريّة

الهدف من التجربة:

تعيين المعامل الحراري لمقاومة ملف نحاسي.

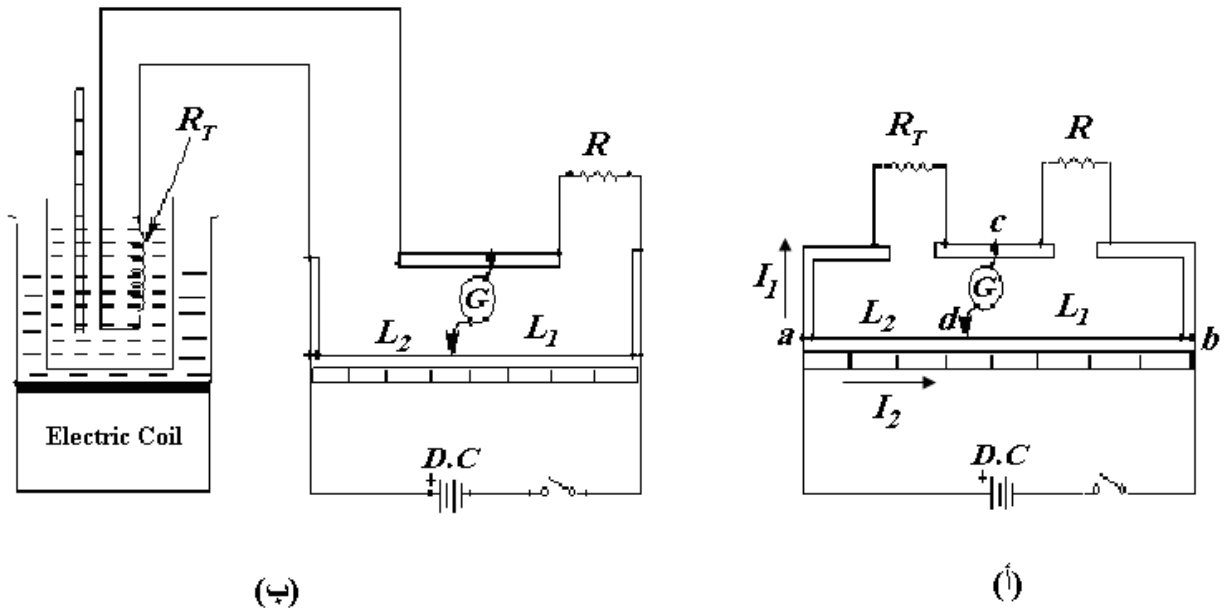
نظرية التجربة:

تتغير المقاومة الكهربائية للموصلات المعدنية مع درجة الحرارة طبقاً للعلاقة:

$$R_T = (1 + \alpha T) R_0 \quad (1)$$

حيث R_T تمثل مقدار المقاومة عند درجة حرارة $T^\circ C$ و R_0 هي مقدارها عند $0^\circ C$ و α هو المعامل الحراري للمقاومة. لتحقيق ذلك عملياً نستخدم القنطرة المتريّة المبينة بالشكل (1-ب) لحساب المقاومة R_T عند كل درجة حرارة $T^\circ C$.

وتتكون القنطرة المتريّة من سلك منتظم المقطع ab طوله متر مثبت على قاعدة خشبية، و يتصل الطرفان a, b عبر مقاومتين R, R_T كما هو مبين بالشكل (1-أ).



شكل (١)

وعندما يشير الجلفانومتر G إلى وضع الاتزان (حيث يكون المؤشر على الصفر) فإن الجهد عند النقطة c يساوي الجهد عند النقطة d أي أن:

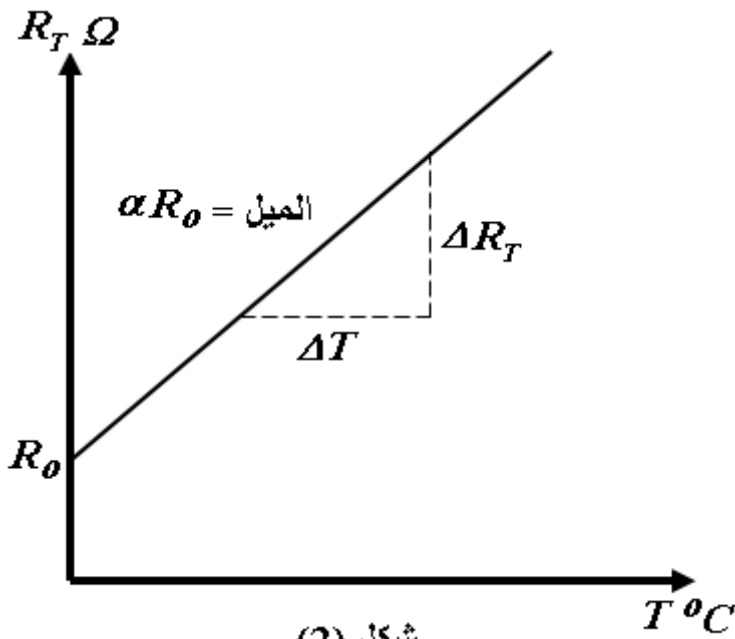
$$V_{bd} = V_{bc} \quad , \quad V_{ad} = V_{ac}$$

وبتطبيق قانون أوم نحصل على:

$$\sigma L_1 I_2 = R I_1 \quad , \quad \sigma L_2 I_2 = R_T I_1 \quad (2)$$

حيث σ تمثل المقاومة لوحدة الأطوال. و بقسمة المعادلتين في العلاقة (2) ينتج:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{R_T}{R} \quad (3)$$



شكل (2)

أي أنه عندما يشير

الجلفانومتر إلى وضع الاتزان فإنه

يمكن معرفة المقاومة المجهولة R_T

بمعرفة كل من L_1 , L_2 , R ومن

المعادلة (1) يتم يتعين معامل

التوصيل الحراري α , حيث R_0 هي

قيمة المقاومة R_T عند درجة حرارة

$T = 0^\circ C$.

تلاحظ أن المعادلة (1) هي عبارة

عن معادلة خط مستقيم ميله هو α

R_0 ويقطع جزءاً من محور الصادات هو R_0 .

الأدوات المستخدمة:

قنطرة متريّة- مقاومة معلومة- سخان كهربى- ترمومتر- كأس ماء- ملف نحاسى- أسلاك توصيل - مصدر تيار مستمر.

خطوات العمل:

1 - وصل الدائرة كما في شكل (1- ب)

2 - اغمر الملف النحاسى والترمومتر في إناء به ماء

3 - عين موضع الاتزان على القنطرة المتريية ودون قيمة الأطوال L_1 , L_2 قبل التسخين واحسب قيمة R_T (مقاومة الملف) عند درجة حرارة الغرفة مستخدماً المعادلة (3),
 علماً بأن $R = 5.6 \Omega$.

4 - شغل السخان الكهربائي واترك درجة الحرارة ترتفع حتى $(85^{\circ}C)$.

5 - احسب قيمة المقاومة R_T كما في الخطوة (3).

6 - احسب قيمة المقاومة R_T عند درجات حرارة مختلفة وليكن كل خمس درجات ودون النتائج في الجدول المرفق.

7 - ارسم علاقة بيانية بين درجة الحرارة على المحور السيني والمقاومة R_T على المحور الصادي فتحصل على خط مستقيم كما في شكل (2) ومنه احسب الميل وقس طول الجزء المقطوع من محور الصادات R_o , ثم احسب معامل التوصيل الحراري α .

النتائج:

$T(^{\circ}C)$	$L_1(cm)$	$L_2(cm)$	$R_T = R L_2/L_1$ <input type="checkbox"/>

$R_o = \dots\dots \Omega$ = الجزء السالب المقطوع من محور السينات

$\alpha R_o = \dots\dots \Omega^{\circ}C^{-1}$ = ميل الخط المستقيم

$\alpha = \dots\dots ^{\circ}C^{-1}$ = المعامل الحراري للمقاومة

دراسة تأثير سيبك (Seebeck Effect) (الازدواج الحراري Thermocouple)

الهدف من التجربة:

- 1- دراسة تأثير سيبك ومعايرة الازدواج الحراري.
- 2- تعيين معامل سيبك للازدواج الحراري.

نظرية التجربة:

ينشأ عن مرور التيار الكهربائي في المعادن عدة ظواهر حرارية، هي في الحقيقة عبارة عن مظاهر تحول الطاقة من صورة إلى أخرى. ومن مظاهر التأثير الحراري للتيار الكهربائي:

1- تأثير بلتييه Peltier Effect:

في سنة 1834 اكتشف العالم

الفرنسي بلتييه أنه عند مرور تيار كهربائي

في دائرة تتكون من سلكين من معدنين

مختلفين كما هو موضح بالشكل (1)، فإن

أحد موضعي الاتصال بين المعدنين ترتفع

درجة حرارته في حين تنخفض درجة حرارة موضع الاتصال الآخر.

فمثلاً عند مرور تيار كهربائي من بطارية في سلكين أحدهما من النحاس والآخر من

النيكل، فإن موضع الاتصال الذي يمر فيه التيار من النحاس إلى النيكل ترتفع درجة حرارته،

أي تتحول فيه الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. في حين تنخفض درجة حرارة موضع

الاتصال الآخر حيث يسري التيار الكهربائي من النيكل إلى النحاس.

ونتيجة لظاهرة بلتييه تنخفض درجة حرارة أحد موضعي الاتصال لدرجة أقل من

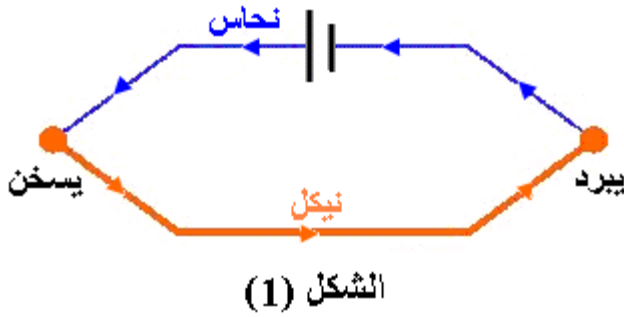
درجة حرارة الغرفة، و فكرة عمل بعض أجهزة التبريد (كالمبرد الصغير الموجود في بعض

السيارات الحديثة) مبنية على تأثير بلتييه.

2- تأثير سيبك Seebeck Effect:

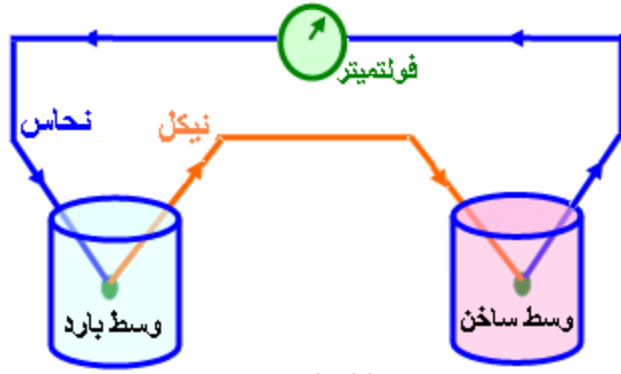
في سنة 1836 اكتشف توماس سيبك في برلين الظاهرة العكسية لظاهرة بلتييه. حيث

وجد أنه عند توصيل معدنين مختلفين على التوالي بجلفانومتر حساس، فإنه يمر تيار كهربائي في



الشكل (1)

الجلفانومتر عند رفع درجة حرارة أحد موضعي الاتصال عن درجة حرارة موضع الاتصال الآخر، أي أنه تنشأ قوة دافعة كهربية بين موضعي الاتصال.



الشكل (2)

فمثلاً في الشكل (2) عند تبريد موضع الاتصال الأيسر يسري التيار من النحاس إلي النيكل، وعند تسخين موضع الاتصال الأيمن يسري التيار من النيكل إلي النحاس. ويلاحظ أن الطاقة الحرارية تتحول إلي طاقة كهربية عند موضع الاتصال الأيمن، بينما تتحول الطاقة

الكهربية إلي طاقة حرارية عند موضع الاتصال الأيسر وتلك الحرارة تتسرب إلي الوسط البارد المحيط بها.

3- تأثير طومسون *Thomson Effect* :

وجد طومسون أن تأثير سيبك يظهر في المعدن الواحد. أي أنه تنشأ قوة دافعة كهربية في المعدن الواحد إذا اختلفت درجة حرارة أجزائه بعضها عن بعض.

الازدواج الحراري *Thermocouple* :

فكرة عمل الازدواج الحراري مبنية علي ظاهرة سيبك ، وهو يتكون من سلكين من معدنين مختلفين متصلين كما بالشكل (2) وعندما تكون درجة حرارة أحد موضعي الاتصال أعلي من درجة حرارة موضع الاتصال الآخر تنشأ قوة دافعة كهربية بين موضعي الاتصال. ويمثل الازدواج الحراري آلة حرارية عبارة عن مولد كهربائي يمتص الطاقة الحرارية من الطرف الساخن ويحول جزءاً منها "وليس الكل" إلي طاقة كهربية، ثم يطرد باقي الحرارة الممتصة عند الطرف البارد.

تتوقف القوة الدافعة الكهربائية \mathcal{E} الناتجة في الازدواج علي مقدار الفرق بين درجتي الحرارة عند موضعي الاتصال θ ، كما يتوقف علي نوع المعدنين. وقد أمكن ترتيب المعادن المختلفة بحيث إذا تكون ازدواج من اثنين منها فإن التيار يمر من فلز إلي الفلز الذي يليه في الترتيب عند الطرف الساخن، وتزداد القوة الدافعة الكهربائية كلما بعد الفلز عن الآخر. وإليك مثال لمجموعة من هذا الترتيب:

بزموت - نيكل - بلاتين - نحاس - رصاص - قصدير - ذهب - فضة - زنك - تنجستن - حديد.

ويستخدم الازدواج الحراري في قياس درجة الحرارة. حيث يترك أحد موضعي الاتصال معرضاً للجو "درجة حرارة الغرفة t_0 " في حين يعرض موضع الاتصال الآخر للجسم المراد قياس درجة حرارته t ، وبقياس القوة الدافعة الكهربائية ε يمكن الاستدلال علي درجة حرارة الجسم. ومن الجدير بالذكر أن الازدواج الحراري يقيس فرق درجات الحرارة بين حرارة الجسم ودرجة حرارة الغرفة θ ، ولا يقيس درجة حرارة الجسم t مباشرة.

ويمتاز الازدواج الحراري بأن سعته الحرارية صغيرة جداً مما يؤدي إلي وصول الازدواج إلي حالة الاتزان الحراري مع الجسم بسرعة ودون أن يمتص من حرارة الجسم شيئاً يذكر، وهذه الميزة الكبيرة تمكن الازدواج الحراري من تتبع التغيرات الطفيفة والسريعة التي تطرأ علي درجة حرارة الجسم محل الدراسة. ومن مميزات الازدواج الحراري أيضاً إمكانية استخدامه لقياس درجات حرارة مرتفعة جداً لا يمكن قياسها باستعمال الترمومترات العادية. العلاقة التي تربط بين القوة الدافعة الكهربائية ε "فرق الجهد بين طرفي الازدواج" وبين درجة الحرارة θ "الفرق بين درجتَي الحرارة عند موضعي الاتصال" هي:

$$\varepsilon = \alpha \theta + \beta \theta^2 + \gamma \theta^3 + \dots$$

حيث α ، β ، γ مقادير ثابتة. وعند درجات الحرارة المنخفضة نسبياً يمكن تقريب المعادلة السابقة إلي الصورة:

$$\varepsilon = \alpha \theta$$

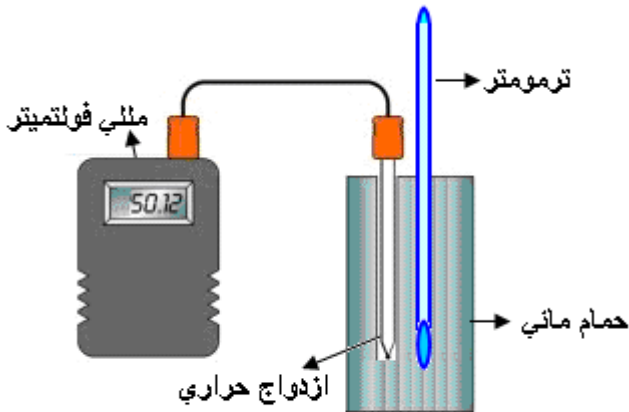
حيث α يسمى معامل سيبيك للازدواج، وهو يتوقف علي نوع مادتي الازدواج.

ويتم معايرة الازدواج الحراري

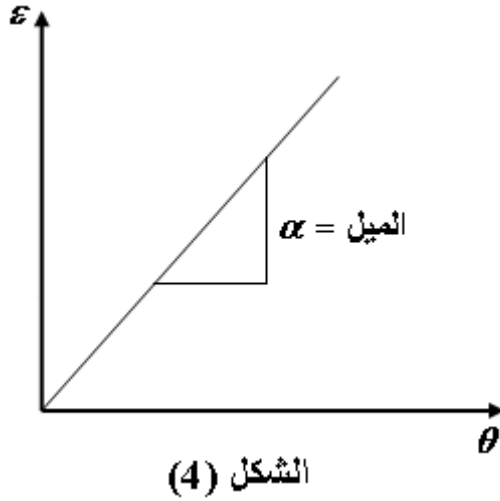
بوضع وصلته في حمام مائي كما بالشكل

(3) ترفع درجة حرارته بالتدريج وتعين

القوة الدافعة الكهربائية ε عند كل درجة



الشكل (3)



حرارة t ثم نعين θ وهي الفرق بين درجة حرارة الحمام المائي t ودرجة حرارة الغرفة t_0 . وبرسم العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية \mathcal{E} وبين درجة الحرارة θ نحصل على منحنى المعايرة للازدواج الحراري. وحيث أن مدي درجات الحرارة يكون منخفض نسبياً " θ من صفر إلى حوالي 80°C " يكون منحنى المعايرة عبارة عن خط مستقيم كما بالشكل (4) ميله يساوي معامل سيبك α .

الأدوات المستخدمة:

ازدواج حراري - مللي فولتميتر - حمام مائي - ترمومتر.

خطوات العمل:

1. وصل الدائرة الموضحة بالشكل (3).
2. عين درجة حرارة الغرفة t_0 وستجد أن قراءة الفولتميتر تكون مساوية للصفر.
3. ارفع درجة حرارة الحمام المائي وسجل في الجدول التالي القراءات بين درجة حرارة الحمام المائي t وقراءة الفولتميتر \mathcal{E} .
4. احسب θ الفرق بين درجة حرارة الحمام المائي t ودرجة حرارة الغرفة t_0 .
5. ارسم علاقة بيانية بين القوة الدافعة الكهربائية \mathcal{E} على محور الصادات وبين θ على محور السينات، تحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي معامل سيبك α .

النتائج:

$$t_o = \dots\dots\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$t (^{\circ}\text{C})$	$\varepsilon \text{ (m.volt)}$	$\theta = t - t_o$
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		

من الرسم البياني:

ميل الخط المستقيم $\alpha = \dots\dots\dots$ فولت/درجة مئوية

الثرمستور The Thermistor

الغرض من التجربة

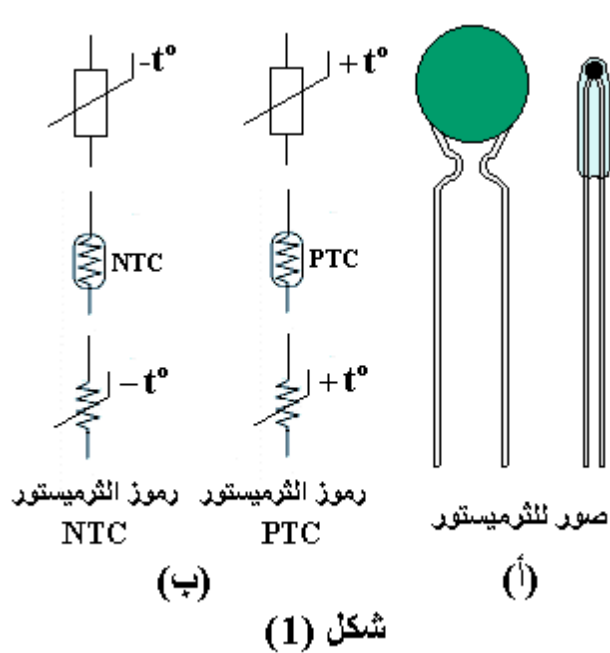
دراسة المنحنيات المميزة للثرمستور وهي:

- 1- العلاقة بين مقاومة الثرمستور ودرجة الحرارة. ومنها نحسب القيمة المميزة وطاقة التنشيط لمادة الثرمستور.
- 2- العلاقة بين الجهد والتيار. ومنها نحسب المقاومة السالبة للثرمستور.
- 3- العلاقة بين شدة التيار والزمن.

مقدمة:

هناك العديد من أجهزة قياس درجة الحرارة مثل الترمومترات Thermometer، كاشف درجة الحرارة المقاوم Resistive Temperature Detector (RTD)، الازدواج الحراري Thermocouple، والثرمستور Thermistor.

الثرمستور عبارة عن مقاومة حساسة جداً لدرجة الحرارة فمعامل المقاومة الحراري α له كبير جداً. ويوجد نوعين من الثرمستور الأول (NTC) وهو عبارة عن مقاومة تقل قيمتها بارتفاع درجة الحرارة أي أن معامل المقاومة الحراري α لها سالب "Negative Temperature Coefficient" والثاني (PTC) وهو مقاومة تزداد قيمتها بارتفاع درجة



الحرارة أي أن معامل المقاومة الحراري α لها موجب "Positive Temperature Coefficient". يصنع الثرمستور عادةً من مادة شبه موصلة، تتكون من خليط من بعض الأكاسيد الفلزية مثل (الكوبالت - النحاس - الحديد - النيكل - المنجنيز) تخلط بنسب مختلفة ويتم معالجتها كيميائياً وحرارياً بطرق خاصة، ثم تضغط عادةً على شكل خرزة مزودة بسلكي توصيل وتغطي بطبقة زجاجية رقيقة لمنع التأكسد. كما هو موضح بال شكل

(1-أ) ويستخدم الثرميستور في العديد من التطبيقات منها كأداة لقياس درجة الحرارة ، في دوائر جرس الإنذار من الحريق ، كبادئ للمحركات الكهربائية ، في أجهزة قياس تدفق السوائل والغازات، ويبين الشكل (1-ب) بعض الرموز المستخدمة لتمثيل الثرميستور في رسم الدوائر الكهربائية.

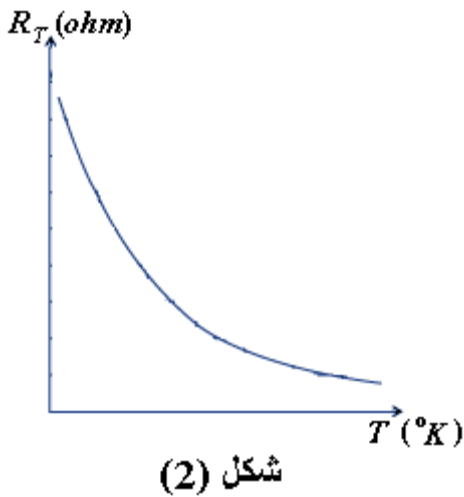
نظرية التجربة:-

تزداد مقاومة المواد جيدة التوصيل للكهرباء بزيادة درجة الحرارة ويعزي ذلك إلى أنه كلما ارتفعت درجة حرارة الموصل تزداد سعة الحركة الاهتزازية لذرات الشبكة البلورية مما يؤدي إلى زيادة فرص تصادم الإلكترونات التوصيل مع ذرات الشبكة البلورية مما يؤدي إلى زيادة مقاومة الموصل. والعلاقة بين مقاومة المواد جيدة التوصيل للكهرباء ودرجة الحرارة هي علاقة خطية علي الصورة:

$$R_t = R_o (1 + \alpha t)$$

حيث R_t تمثل مقدار مقاومة المادة عند درجة حرارة $(t^{\circ}C)$ ، R_o هي مقدارها عند $(0^{\circ}C)$ ، α هو المعامل الحراري لمقاومة المادة وهو مقدار ثابت يتوقف علي نوع المادة ولا يعتمد علي درجة الحرارة.

أما المواد شبه الموصلة والمواد العازلة فمقاومتها تتناقص بزيادة درجة الحرارة ويعزي ذلك إلى كسر بعض الروابط بين الذرات المكونة للشبكة البلورية بزيادة درجة الحرارة فتتولد حوامل جديدة للشحنة ويزداد التيار وتقل المقاومة.



ولما كانت مقاومة الثرميستور تتغير سريعاً بتغير

درجة الحرارة فقد أتفق علي أن يشار إلي الثرميستور

بقيمة مقاومته R_o عند درجة حرارة $(T_o = 298^{\circ}K)$

أي $(25^{\circ}C)$. ويوضح الشكل (2) العلاقة بين المقاومة

الكهربية للثرميستور R_T ودرجة الحرارة T وهي علاقة

أسية وليست خطية علي الصورة:

$$R_T = R_o e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right)} \quad (1)$$

حيث β هي القيمة المميزة لمادة الثرميستور وهي تساوي:

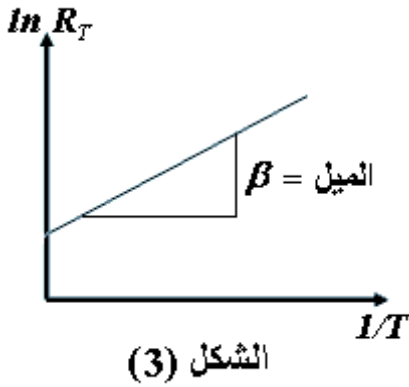
$$\beta = \frac{E}{k} \quad (2)$$

حيث: E طاقة التنشيط لمادة الثرميستور، k ثابت بولتزمان.
ويأخذ اللوغاريتم لطرفي المعادلة (1) نحصل علي:

$$\begin{aligned} \ln R_T &= \ln R_o + \beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right) \\ &= A + \frac{\beta}{T} \end{aligned} \quad (3)$$

حيث:

$$A = \ln R_o - \frac{\beta}{T_o}$$



والعلاقة (3) هي علاقة خط مستقيم بين $1/T$ كمتغير مستقل علي محور السينات وبين $\ln R_T$ كمتغير تابع علي محور الصادات، وميل الخط المستقيم يساوي β ويقطع جزء موجب من محور الصادات يساوي A كما بالشكل (3).

ويعطى α المعامل الحراري لمقاومة مادة الثرميستور من العلاقة:

$$\alpha = \frac{1}{R_T} \frac{d R_T}{d T}$$

ومن المعادلة (1) نحصل علي:

$$\frac{dR_T}{dT} = R_o e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right)} \left(-\frac{\beta}{T^2} \right) = R_T \left(-\frac{\beta}{T^2} \right)$$

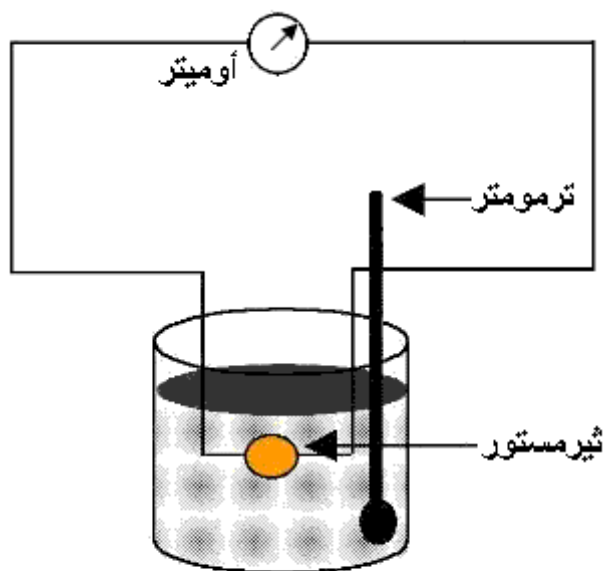
$$\therefore \alpha = -\frac{\beta}{T^2}$$

ويلاحظ أن α المعامل الحراري لمقاومة مادة الثرميستور يعتمد علي درجة الحرارة - علي عكس حالة المواد الموصلة - ولذلك نعتبر β هو المعامل أو الثابت المميز لمادة الثرميستور.

الأدوات المستخدمة:

ثرميستور - حمام زيتي - ترمومتر - أوميتر - مللي أمبير - فولتمتر - بطارية 6 فولت - مقاومة متغيرة "ريوستات" - ساعة إيقاف.

خطوات العمل:



الشكل (4)

1. ضع الثرميستور في حمام زيتي

"زيت عازل" وضع معه

ترمومتر زيتي وصل الدائرة كما

بالشكل (4).

2. قس مقاومة الثرميستور باستخدام

الأوميتر عند درجات حرارة

مختلفة، ودون النتائج في الجدول

التالي.

3. ارسم العلاقة بين $1/T$, $\ln R$

واوجد الميل وهو يساوي القيمة

المميزة لمادة الثرميستور β .

4. احسب طاقة التنشيط E لمادة شبه الموصل المصنوع منها الثرميستور من العلاقة

$$\beta = E/k \text{ حيث } k \text{ ثابت بولتزمان ويساوي } (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}^o).$$

$T^{\circ}C$	$T^{\circ}K$	$1/T$	$R (ohm)$	$\ln R$

قانون نيوتن للتبريد

هدف التجربة:

تعيين الحرارة النوعية لسائل باستخدام قانون نيوتن للتبريد.

نظرية التجربة:

يكتسب (أو يفقد) جسم ما كمية من الحرارة ΔQ عند رفع درجة حرارته (أو خفضها) بقيمة $\Delta \theta$ وتعطى بالقانون التالي:

$$\Delta Q = m s \Delta \theta \quad (1)$$

حيث أن m كتلة الجسم و s الحرارة النوعية للجسم وذلك عند ثبوت الحجم. وتعرف الحرارة النوعية s بأنها الحرارة اللازمة لرفع أو خفض درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة وتقاس بوحدة (سعر / جم. درجة مئوية) أو بوحدة (جول / كجم. كلفن).

ويعرف معدل التبريد $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ على أنه كمية الحرارة المفقودة من الجسم في الثانية الواحدة. ومن القانون (1) يكتب هذا المعدل:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = m s \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad (2)$$

ينص قانون نيوتن للتبريد علي أن معدل تبريد أي جسم يتناسب مع الفرق بين درجة حرارته θ ودرجة حرارة الوسط المحيط به θ' بشرط أن يكون هذا الفرق صغيراً، أي أن:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -A (\theta - \theta')$$

حيث: A مقدار ثابت يعتمد علي مساحة سطح الجسم الملامس للوسط وعلي نوع الوسط. والإشارة السالبة تدل علي فقد الحرارة.

فإذا أتينا بجسمين ساخين لهما نفس درجة الحرارة ولهما نفس مساحة السطح الملامسة للوسط وتركناهما ليبردا في نفس الوسط، فإن معدل تبريد الأول يساوي معدل تبريد الثاني أي أن:

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_1 = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_2 \quad (3)$$

وهذه هي فكرة نيوتن التي بني عليها تعيين الحرارة النوعية لسائل حيث نأتي بمسعرين متماثلين من مادة واحدة ولتكن كتلة الأول m_1 وكتلة الثاني m_2 ونضع في المسعر الأول كتلة مقدارها m'_1 من الماء وفي الثاني كتلة مقدارها m'_2 من السائل المراد تعيين حرارته النوعية s . وبعد تسخينهما لنفس درجة الحرارة، نقوم بتبريدهما معاً تحت نفس الظروف. وباستخدام القوانين السابقة فإن معدل التبريد للمسعر الأول بما فيه من ماء يتساوى مع معدل التبريد للمسعر الثاني بما فيه من سائل:

$$(m_1 s_1 + m'_1 s_2) \frac{\Delta \theta}{\Delta t_1} = (m_2 s_1 + m'_2 s) \frac{\Delta \theta}{\Delta t_2} \quad (4)$$

حيث s_1 الحرارة النوعية لمادة المسعر و

s_2 الحرارة النوعية للماء. ومن منحنى

التبريد للماء والسائل يمكن إيجاد زمن التبريد

للماء Δt_1 وزمن التبريد للسائل Δt_2 عند

نفس الفرق في درجات الحرارة

$(\Delta \theta = \theta_2 - \theta_1)$ ، وذلك كما هو موضح

بالشكل (1). ومن ثم نوجد الحرارة النوعية

للسائل من القانون التالي:

$$\frac{m_1 s_1 + m'_1 s_2}{\Delta t_1} = \frac{m_2 s_1 + m'_2 s}{\Delta t_2} \quad (5)$$

الأدوات المستخدمة:

سخان كهربائي – مسعرين - ماء – سائل (المراد تعيين حرارته النوعية) – ساعة إيقاف – حمام مائي – ترمومتران – ميزان.

خطوات العمل:

1- زن كل من المسعرين فارغين ثم زن كل منهما مملوءين بحجمين متساويين من الماء والسائل المراد تعيين حرارته النوعية بحيث يمتلئ كل منهما إلى حوالي ثلثي حجمه ثم اوجد كتلة كل من الماء و السائل وأكمل التالي:

كتلة المسعر الأول فارغ (m_1) = جرام

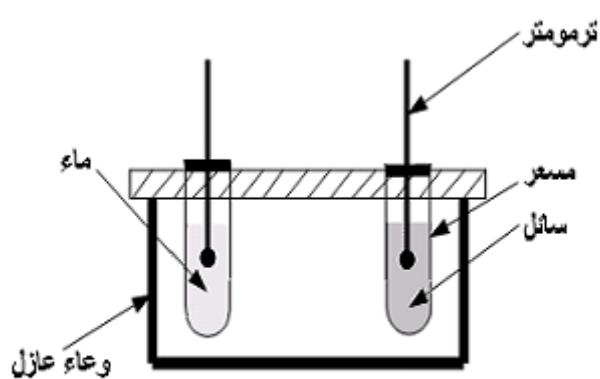
كتلة المسعر الثاني فارغ (m_2) = جرام

كتلة الماء (m'_1) = جرام

كتلة السائل (m'_2) = جرام

الحرارة النوعية للمسعر النحاسي $(s_1) = 0.093$ سعر / (جرام. $^{\circ}\text{C}$)

الحرارة النوعية للماء $(s_2) = 1$ سعر / (جرام. $^{\circ}\text{C}$)



شكل (2)

2- ضع المسعرين المملوءين بالماء والسائل في حمام مائي حتى تصل درجة حرارة الماء إلى (90°C) عندئذ أخرجهما وضعهما في إناء عازل لتبريدهما كما هو موضح بالشكل (2).

3- سجل درجة حرارة الماء والسائل

بالدرجة المئوية وذلك بالتبادل خلال فترات

زمنية متساوية (كل نصف دقيقة) مع تدوين النتائج كما هو موضح في الجدول التالي :

t (min)	درجة حرارة الماء ($^{\circ}\text{C}$)	درجة حرارة السائل ($^{\circ}\text{C}$)
0		
0.5		
1		
1.5		

↓ إلى 20 min		
-----------------	--	--

• انتبه: نحتاج هنا إلى جدول يحقوي علي أربعين خانة.

- 4- ارسم منحنى التبريد للماء والسائل في ورقة الرسم البياني ومنه احسب زمن التبريد Δt_1 للماء وزمن التبريد Δt_2 للسائل عند نفس الفرق في درجات الحرارة كما هو موضح بالشكل (1).

$$\Delta \theta = \dots\dots\dots ^\circ C$$

$$\Delta t_1 = \dots\dots\dots \text{min}$$

$$\Delta t_2 = \dots\dots\dots \text{min}$$

- 5- استخدام المعادلة (5) وأحسب الحرارة النوعية s للسائل:

$$s = \dots\dots\dots \text{Cal/(gm.}^\circ\text{C)}$$

تعيين درجة حرارة انصهار مادة تنصهر بسهولة بطريقة التبريد

الهدف من التجربة:

تعيين درجة حرارة انصهار الشمع.

نظرية التجربة:

عادة ما يختار لهذه التجربة مادة تكون درجة حرارة تجمده (أو درجة حرارة انصهارها) أعلى من درجة حرارة الغرفة وأقل من 100°C م كالنفثالين أو شمع البارافين النقي حيث توضع قطعاً صغيرة منها في أنبوبة اختبار واسعة وترفع درجة حرارتها في حمام ماء حتى تتحول المادة من طور الصلابة إلى طور السيولة بعد أن يوقف تسخين الحمام المائي تترك الأنبوبة لتبرد (وهي في الحمام المائي لحفظها من تأثير التيارات الجوية بالغرفة) ابتداءً من درجة حرارة حوالي 85°C في حالة الشمع إلى أن تهبط درجة الحرارة إلى حوالي 40°C .

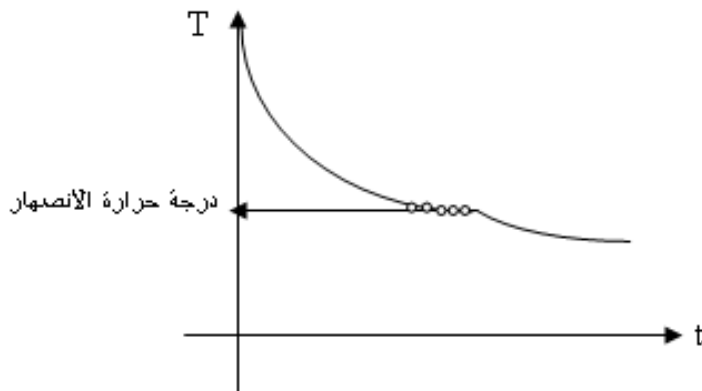
وبدراسة العلاقة بين درجة الحرارة والزمن وهو ما يسمى بمنحنى التبريد في هذا المدى من درجات الحرارة يلاحظ أن درجة الحرارة تقل في البداية بسرعة ثم تثبت تقريباً عند درجة حرارة معينة لفترة زمنية ثم تبدأ درجة الحرارة بعد ذلك في الهبوط مرة أخرى بمعدل أقل من معدل هبوطه الأول ويشار إلى درجة الحرارة المتوسطة للجزء الأوسط من المنحنى بدرجة حرارة تجمد (أو انصهار) المادة من المعلوم أن الجزء الأوسط من المنحنى لا يكون أفقياً تماماً إلا في حالة المواد المتبلورة crystalline كالنفثالين والتلج أما في حالة المواد الغير م تبلورة Amorphous كالشمع والزجاج فإن هذا الجزء يتدرج في الميل وإذا ما كان الشمع هو مادة هذه التجربة فيجب أن يكون نقياً تماماً بمعنى ألا يكون مزيجاً من مادتين أو أكثر من الشمع تختلف فيما بينها في التركيب مما يتسبب عنه وجود أكثر من منطقة أفقية واحدة في الرسم فيصعب معه الحكم على درجة تجمد المادة.

السبب في أن معدل التبريد يكون في البداية عاليا نسبياً هو أن الفرق بين درجتي حرارة الجسم والوسط يكون كبيراً وبناءً على قانون نيوتن للتبريد فإن معدل التبريد يتناسب مع الفرق بين درجتي حرارة الجسم والوسط ولنفس هذا السبب يبدو معدل التبريد بعد الجزء الأفقي من المنحنى صغيراً حيث تكون درجة حرارة الجسم قد اقتربت من درجة حرارة الوسط. ومن

الضروري أن نفرق بين منحنى التبريد الذي نحصل عليه عند دراسة قانون نيوتن للتبريد ومنحنى التبريد في الحالة التي نحن بصدد دراستها حيث أن المادة في التجربة الحالية تتحول من طور السيولة إلى طور الصلابة وعند بداية التحول الطوري تظل درجة الحرارة ثابتة والسبب في هذا أن الحرارة الكامنة للتجمد تنطلق لكي تعادل كمية الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الوسط بناء على قانون نيوتن للتبريد فتبدو درجة حرارة الشمع للراصد وكأنها ثابتة.

خطوات العمل:

- 1- صل المحول الذي يغذى السخان الكهربائي بالطاقة بالتيار الكهربائي وافتح مفتاح التحكم في قيمة للجهد الكهربائي إلى أقصى قيمة فيه وراقب ارتفاع درجة الحرارة مع تحريك الماء في الكأس من آخر لتتجانس درجة حرارة الماء في الكأس، كما أن الماء الساخن يرتفع إلى أعلى بنظرية الحمل ويظل جزء من الشمع دون انصهار عند قاع الأنبوب.
- 2- انتظر حتى ينصهر الشمع بالأنبوبة تماما وأغلق مفتاح التيار الكهربائي.
- 3- سجل درجة حرارة الشمع باستخدام الترمومتر الحساس (المثبت في الأنبوبة بحيث يقع مستودعة وسط المادة تقريبا) كل نصف دقيقة بمساعدة ساعة إيقاف مبتدئا من حوالي 85 درجة مئوية ثم تزداد الفترة الزمنية بالتدريج بعد ذلك إلى حوالي دقيقتين استمر في تسجيل درجة الحرارة والزمن حتى تهبط درجة الحرارة إلى حوالي 35 درجة مئوية.



شكل (1)

- 4- ارسم منحنى التبريد وهو علاقة بيانية بين الزمن على محور X ودرجة الحرارة على محور Y تحصل على منحنى كالمبين في شكل (1).

5- من المنحنى عين درجة حرارة انصهار مادة الشمع المقابلة للجزء الأوسط من المنحنى على محور درجات الحرارة.

ملحوظة (1):

يمكن استبدال الترمومتر المئوى الزجاجي بازواج حراري متصل بجهاز يقيس درجات الحرارة مباشرة على مقياس رقمي .

ملحوظة (2):

لابد من التأكد أن مستوى الماء داخل الكأس يغمر تماما كمية الشمع الموجودة في الأنبوبة.

ملحوظة (3):

تسجل درجة الحرارة عند بداية التبريد كل ربع دقيقة حتى حوالي 80°C ثم بعد ذلك كل نصف دقيقة حتى حوالي 75°C ثم بعد ذلك كل دقيقة حتى حوالي 60°C ثم كل دقيقة ونصف حتى حوالي 45°C ثم كل دقيقتين حتى حوالي 35°C .

ملحوظة (4):

يلاحظ عدم تحريك الترمومتر أو الازدواج الحراري داخل الأنبوبة وقت التبريد.

النتائج:

رتب النتائج التي تحصل عليها في الجدول التالي :

الزمن بالدقائق	درجة الحرارة	الزمن بالدقائق	درجة الحرارة
0.25		9.00	
0.50		10.00	
0.75		11.00	
1.00		12.00	
1.25		13.00	
1.50		14.00	
1.75		15.00	
2.00		16.00	
2.50		17.00	
3.00		18.00	
3.50		19.00	
4.00		20.00	
4.50		22.00	
5.00		24.00	
5.50		26.00	
6.00		28.00	
6.50		30.00	
7.00		32.00	
7.50		34.00	
8.00		36.00	

من الرسم البياني:

درجة مئوية

درجة حرارة انصهار الشمع =

تعيين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد

الهدف من التجربة:

تعيين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد.

نظرية التجربة:

للمادة، سواء كانت عنصراً أم مركباً، ثلاث حالات: الحالة الصلبة والحالة السائلة والحالة الغازية. وتتحول المادة من احدى الحالات إلى الحالة الأخرى بإحدى طريقتين: الأولى: بإعطائها كمية من الحرارة كما في عملية الانصهار وهي تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة أو كما في عملية التبخير وهي تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية أو البخارية وتتم كلتا العمليتين عند درجة حرارة ثابتة تسمى في حالة الانصهار درجة أو نقطة الانصهار وفي حالة التبخير درجة التبخير أو التصعيد. والثانية: سحب كمية من الحرارة من المادة عن طريق التبريد كما في عملية التجمد وهي تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة وتتم عند درجة حرارة ثابتة تسمى درجة التجمد أو نقطة التجمد وكذلك عملية التكثف وهي تحول المادة من الحالة البخارية إلى الحالة السائلة وتتم أيضاً عند درجة حرارة ثابتة تسمى درجة التكثف أو نقطة التكثف. والجدير بالذكر ان نقطة الانصهار أو درجة الانصهار هي نفسها نقطة التجمد أو درجة التجمد وكذلك نقطة التكثف هي نفسها نقطة التصعيد أو درجة التصعيد. وعندما تتحول المادة من حالتها الصلبة إلى الحالة السائلة تكتسب كمية من الحرارة دون ان يصاحب هذا ارتفاعاً في درجة حرارتها ويقال ان هذه الحرارة كمنت (استغلت) في تحويل المادة من حالتها الصلبة إلى حالتها السائلة. وإذا راقبنا مادة صلبة اثناء تسخينها ولتكن مثلاً جليد مجروش وسجلنا درجة حرارتها كل دقيقة مثلاً نلاحظ ان الترمومتر المئوي عند وضعه في الجليد المجروش يشير إلى درجة الصفر ويستمر لفترة زمنية يشير إلى نفس الدرجة صفراً حتى يتحول جميع الجليد إلى ماء بنفس الدرجة صفر بعدها تبدأ حرارة الماء في الارتفاع. ونقول ان كمية الحرارة التي أعطيت للجليد كمنت أو استغلت في تحويل الجليد إلى ماء في نفس درجة الصفر ولو قسمنا هذه الكمية من الحرارة على كتلة الجليد بالجرام لنتج ما يسمى بالحرارة الكامنة لانصهار الجليد والتي

تعرف بانها : كمية الحرارة اللازمة لتحويل الجرام من الجليد الى ماء عند درجة الصفر المئوي اي عند درجة الانصهار وبصورة عامة فان الحرارة الكامنة للانصهار لمادة ما هي الحرارة اللازمة لتحويل الجرام من المادة من درجة الصلابة الى درجة السيولة عند درجة الانصهار للمادة.

فاذا وضعنا كمية من الماء الدافئ كتلتها $m_1 \text{ gm}$ في اناء معزول مسعر كتلته $m_c \text{ gm}$ وعيناً درجة حرارتها ولتكن T_1 ثم اضفنا اليها كمية من الجليد المجفف كتلتها $m_i \text{ gm}$ وحركنا المخلوط حتى ذاب الجليد تماماً في الماء وعيناً درجة الحرارة النهائية ولتكن T_2 فإن كمية الحرارة التي اكتسبها الحليد (لكي يتحول الى ماء بدرجة الحرارة النهائية T_2) تساوي كمية الحرارة التي فقدها الماء الدافئ والمسعر حتى أصبحت درجة حرارتهما T_2 اي أن كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة.

وكمية الحرارة المكتسبة تتمثل بمجموع مقدارين هما:

أ - كمية الحرارة التي اكتسبها الجليد لكي يتحول من جليد في درجة الصفر الى ماء في

درجة الصفر وهذه الكمية تساوي $m_i L$ حيث L هي الحرارة الكامنة لانصهار الجليد.

ب - كمية الحرارة التي اكتسبها الماء الناتج عن ذوبان الجليد لكي يرتفع من درجة الصفر

حتى الدرجة T_2 وهذه الكمية تساوي $m_i C_w T_2$ حيث C_w هي الحرارة النوعية للماء.

وكذلك فان كمية الحرارة المفقودة تتمثل بمقدارين هما:

أ - كمية الحرارة المفقودة من الماء الدافئ وتساوي $m_w C_w (T_1 - T_2)$.

ب - كمية الحرارة المفقودة من المسعر والمحرك $m_c C_c (T_1 - T_2)$.

حيث C_c الحرارة النوعية لمادة المسعر والمحرك.

وبمساواة كمية الحرارة المكتسبة وكمية الحرارة المفقودة ينتج أن:

$$m_i L + m_i C_w T_2 = m_w C_w (T_1 - T_2) + m_c C_c (T_1 - T_2)$$

$$m_i L + m_i C_w T_2 = (m_w C_w + m_c C_c) (T_1 - T_2)$$

$$m_i L = (m_w C_w + m_c C_c) (T_1 - T_2) - m_i C_w T_2$$

L

ومن هنا نستطيع تعيين قيمة L وهي الحرارة الكامنة لانصهار الجليد .

الأدوات المستخدمة:

ميزان – مسعر مع غطاءه الخارجي - قطع جليد - ورق تجفيف - ثرمومتر مئوي.

خطوات العمل:

- 1- وزن الاناء الداخلي للمسعر جافاً ونظيفاً مع المحرك ولتكن كتلته $m_c gm$.
- 2- ضع فيه كمية من الماء الدافئ (حوالي نصفه) والذي درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الغرفة بحوالي خمس درجات ثم زن المسعر والماء ولتكن كتلتها $m_{wc} gm$ و من ثم احسب كتلة الماء في المسعر ولتكن $m_w gm$ حيث: $m_w = m_{wc} - m_c$
- 3- ادخل الثرمومتر في المسعر من الفتحة الخاصة في غطاء المسعر ثم حرك الماء داخل المسعر بالمحرك وعين درجة حرارة الماء الابتدائية ولتكن T_1 درجة مئوية .
- 4- خذ قطع من الجليد وجففها واحدة تلو الأخرى بورق التجفيف ثم القها بحرص في المسعر وحرك واستمر في اضافة القطع حتى تنخفض درجة حرارة الماء حوالي خمس درجات تحت درجة حرارة الغرفة بعد التأكد من ذوبان كل الجليد.
- 5- عين درجة الحرارة النهائية للخليط ولتكن T_2 .
- 6- زن الاناء الداخلي للمسعر بعد نهاية التجربة ولتكن كتلته $m_t gm$ وعين كتلته الجليد m_i الذي تمت اذابته في الماء حيث: $m_i = m_t - m_{wc}$
- 7- عين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد.

النتائج:

$$m_c = \dots\dots\dots gm$$

$$m_{wc} = \dots\dots\dots gm$$

$$m_w = m_{wc} - m_c = \dots\dots\dots gm$$

$$m_t = \dots\dots\dots gm$$

$$m_i = m_t - m_{wc} = \dots\dots\dots gm$$

$$T_1 = \dots\dots\dots ^\circ C$$

$$T_2 = \dots\dots\dots ^\circ C$$

$$L = \dots\dots\dots Cal/gm$$

تحقيق قانون بويل وإيجاد قيمة الضغط الجوي

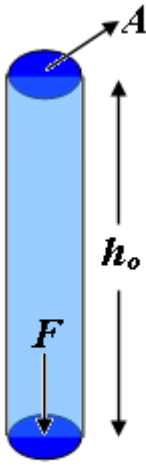
الهدف من التجربة:

حساب قيمة الضغط الجوي وتحقيق قانون بويل عملياً.

نظرية التجربة:

يعرف الضغط على أنه القوة المؤثرة على وحدة المساحات:

$$P = \frac{F}{A} \quad (N/m^2)$$



شكل (1)

أما الضغط الجوي P_o فيعرف على أنه وزن عمود من الهواء مساحة مقطعه وحدة المساحات وارتفاعه يعادل سمك الغلاف الجوي ، وهو يساوي الضغط الذي يسببه عمود من الزئبق ارتفاعه h_o . ويمكن تعريف الضغط الجوي P_o على أنه وزن عمود من الزئبق مساحة مقطعه وحدة المساحات وارتفاعه h_o فمن الشكل (1):

$$P_o = \frac{F}{A} = \frac{m g}{A} = \frac{V \rho g}{A} = \frac{A h_o \rho g}{A} = \rho g h_o \quad (1)$$

حيث ρ كثافة الزئبق، g عجلة الجاذبية الأرضية و h_o ارتفاع عمود الزئبق.

وينص قانون بويل على أنه عند ثبوت درجة حرارة غاز مثالي فإن ضغطه P يتناسب تناسباً عكسياً مع حجمه V ، أي أن:

$$P = \frac{K_o}{V} \quad (2)$$

حيث K_o هو ثابت يعتمد على درجة حرارة الغاز.

وللتحقق من هذا القانون نستخدم

جهاز بويل وهو عبارة عن أنبوبة على شكل حرف U مفتوحة من طرف ومغلقة بصمام من الطرف الثاني وبداخلها زئبق كما بالشكل (2).

الضغط P داخل الأنبوبة المغلقة

يساوي الضغط الجوي العادي P_o مضافا إليه ضغط عمود الزئبق الذي طوله h والذي يساوي الفرق بين سطحي الزئبق في الأنبوبتين، أي أن:

$$P = P_o + \rho g h \quad (3)$$

بالتعويض من (1) في (3) نحصل على:

$$P = \rho g (h + h_o) \quad (4)$$

أما حجم الأنبوبة المغلقة فهو:

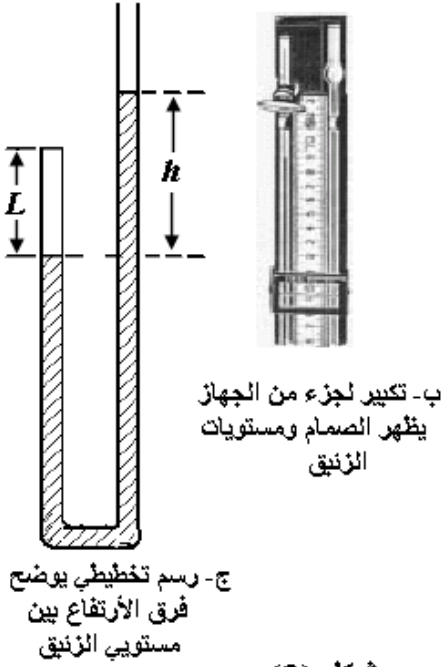
$$V = LA \quad (5)$$

حيث A مساحة مقطع الأنبوبة و L طولها.

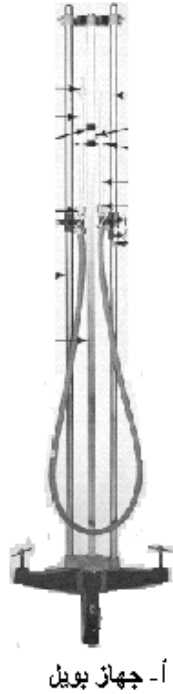
بالتعويض من (4), (5) في (2) نحصل على:

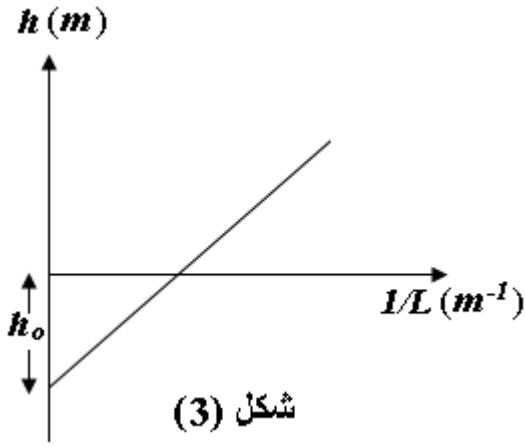
$$\rho g (h + h_o) = \frac{K_o}{LA}$$

$$h = \left(\frac{K_o}{\rho g A} \right) \frac{1}{L} - h_o \quad (6)$$



شكل (2)





والعلاقة بين h علي المحور الرأسى و $(1/L)$ علي المحور الأفقى علاقة خط مستقيم يقطع جزء سالب من محور الصادات مقداره h_o كما بالشكل (3)، وبمعلومية الجزء المقطوع من محور الصادات h_o وكثافة الزئبق ρ ، وعجلة الجاذبية الأرضية g يمكننا أن نستنتج الضغط الجوى P_o من العلاقة (1).

الأدوات المستخدمة:

جهاز بويل – مسطره.

خطوات العمل:

1. تحقق من أن الصمام مغلق (أنظر شكل (2)).
2. عدل في وضع الأنبوبة المتحركة نزولاً أو صعوداً بحيث يصبح طول عمود الزئبق h مساو للقيمة 2 cm ثم قس طول عمود الهواء المحبوس L ، وسجل النتائج بالجدول المرفق.
3. كرر العملية السابقة عدة مرات مع قيم مختلفة لطول عمود الزئبق h ، وسجل النتائج بالجدول المرفق.
4. ارسم العلاقة بيانياً بين h علي المحور الرأسى وبين $(1/L)$ علي المحور الأفقى فتحصل علي خط مستقيم يقطع جزء سالب من محور الصادات مقداره h_o كما بالشكل (3).
5. حدد h_o من الجزء المقطوع مع محور الصادات.
6. وبمعلومية كل من h_o ، وكثافة الزئبق ρ ، وعجلة الجاذبية الأرضية g يمكننا حساب الضغط الجوى P_o داخل الغرفة من العلاقة (1).

النتائج:

$h \text{ (m)}$	$L \text{ (m)}$	$(1/L) \text{ (m}^{-1}\text{)}$

$$h_o = \text{..... متر.}$$

$$\text{كثافة الزيت } \rho = 13600 \text{ كجم/متر}^3.$$

$$\text{عجلة الجاذبية الأرضية } g = 9.85 \text{ متر/ثانية}^2.$$

$$\therefore P_o = \text{..... نيوتن/متر}^2.$$

تحقيق قانون ستيفان- بولتزمان للاشعاع الحراري

هدف التجربة:

تحقيق قانون استيفان- بولتزمان في الاشعاع الحراري.

نظري التجربة :

اذا رفعت درجة حرارة جسم أصبح الجسم مصدرا للاشعاع الحراري واذا كانت هذه الدرجة عالية كان الاشعاع الصادر عن الجسم مؤلفا من ضوء وحرارة وهذا ما نراه ونلمسه في مصباح التنغستن العادي عند مرور التيار الكهربائي فيه.

لقد وضع استيفان وبولتزمان قانونا ينص على أن الطاقة الكلية الصادرة عن جسم اسود تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة:

$$E = A \sigma T^4 \quad (1)$$

علما بأن E هي الطاقة الكلية التي تشعها وحدة المساحات من الجسم في درجة الحرارة المطلقة T وذلك خلال وحدة الزمن , A تمثل مساحة الجسم , σ هو ثابت استيفان- بولتزمان وقيمه بالنسبة للجسم الأسود هو:

$$\sigma = 1.36 \times 10^{-12} \text{ cal / cm}^2 \cdot \text{K}^4 \cdot \text{sec}$$

وسنستخدم للتحقق من قانون ستيفان- بولتزمان مصباح التنغستن الذي يسخن بتمرير تيار كهربائي فيه.

ان القدرة الكهربائية المصرفية في المصباح تعطى بالعلاقة:

$$P = I.V \quad (2)$$

فإذا كان التيار الكهربائي المار في المصباح الكهربائي صغيراً أمام التيار اللازم للتوهج فإننا نلاحظ أن المصباح لا يصدر الضوء وتصرف الطاقة عندئذ على شكل طاقة توصيلية في فتيلة المصباح (مقاومة) وحسب قانون أوم نستطيع أن نتكتب:

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

تمثل R مقاومة سلك المصباح في درجة الحرارة التي تصل إليها. فإذا زدنا الجهد V زاد التيار I وزاد توهج المصباح بسبب ارتفاع درجة حرارته وتزداد R بارتفاع درجة الحرارة أي أن:

$$R \propto T$$

و عليه يمكن كتابة المعادلة (1) على الصورة

$$E = C R^4 \quad (4)$$

حيث C هو ثابت. بأخذ لوغاريتم الطرفين نجد أن

$$\ln E = \ln C + 4 \ln R \quad (5)$$

تصرف القدرة في المصباح على شكلين: شكل توصيلي L وشكل إشعاعي E حيث:

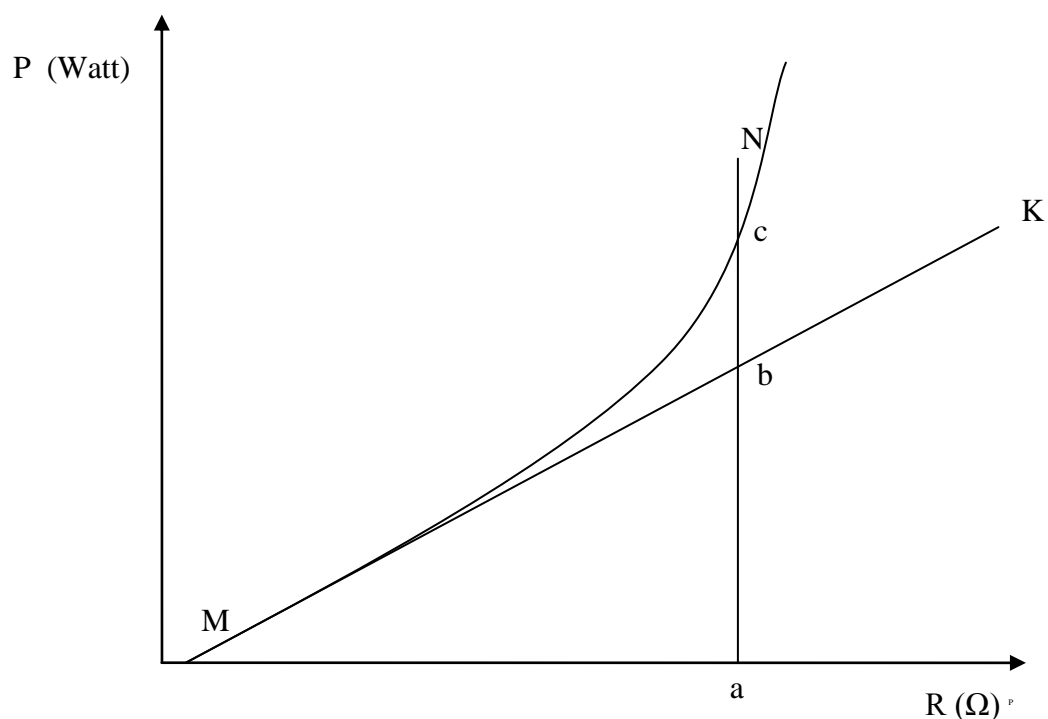
$$P = L + E$$

فأذا رسمنا الخط البياني للعلاقة بين القدرة الكلية P مع المقاومة R فاننا نحصل على منحنى يمثل القدرة الكلية المصروفة في المصباح (أنظر الشكل) ويمثل المستقيم MK (المماس) القدرة المصروفة بشكل توصيلي.

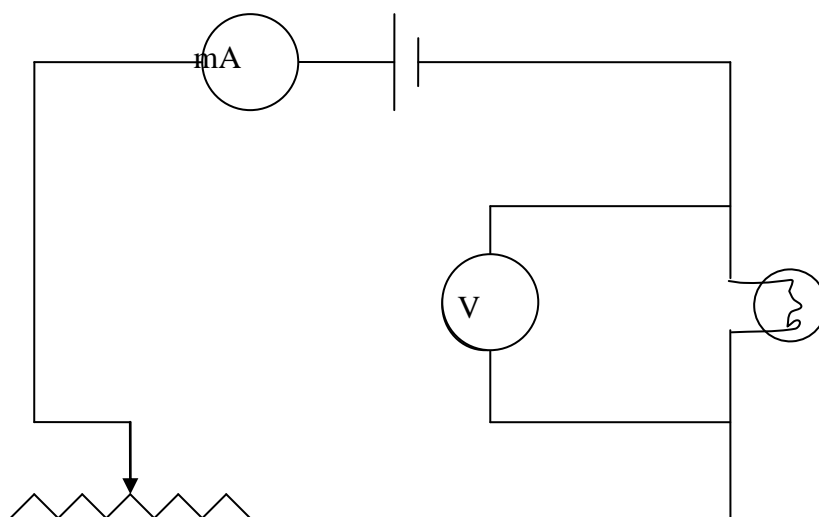
لو رسمنا مستقيم مثل aN فاننا نمثل القدرة الكلية بالقطعة المستقيمة ac وتميز القدرة المصروفة بشكل توصيلي بالقطعة المستقيمة ab ويمثل الجزء bc القدرة المصروفة بشكل اشعاعي وهو موضوع دراستنا (انظر الشكل).

الأجهزة والأدوات:

- مصباح كهربائي
- مللى اميتر
- فولتميتر
- ريوسات
- منبع تغذية



خطوات العمل :



- (1) وصل الدائرة المبنية بالشكل
- (2) غير قيمة الجهد المطبق على المصباح وسجل شدة التيار الموافقة لكل حالة.
- (3) رتب جدول بين كلا من V و I ثم احسب R و P لكل قيمة
- (4) ارسم العلاقة البيانية بين R كمحور سيني و P كمحور صادي

(5) ارسم المماس للمنحى الناتج عند اقرب نقطة يبتعد فيها المنحنى عن الشكل المستقيم.

(6) ارسم مستقيمتان توازي محور الصادات عند قيم متباعدة ل R ثم قس الأطوال bc

والممثلة للقدره الاشعاعية E المصروفة فى الثانية الواحدة عند قيم R الموافقة لها

(7) أرسم العلاقة بين $\ln R$ كمحور سيني و $\ln E$ كمحور صادى واحسب ميل الخط

البيانى.

النتائج العملية:

V (Volt)											
I (A)											
$R(\Omega) = V/I$											
$P(\text{Watt}) = VI$											

$E = bc$							
R							
$\ln E$							
$\ln R$							

قانون إستيفان

الهدف من التجربة : تحقيق قانون استيفان للإشعاع الحراري وتعيين ثابت استيفان
نظرية التجربة:

ينص قانون استيفان على أن معدل إشعاع (انبعاث) الطاقة الحرارية P_e من جسم ساخن يتناسب طردياً مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة T_e :

$$P_e \propto T_e^4$$

$$P_e = \varepsilon \sigma A T_e^4 \dots\dots\dots(1)$$

حيث $\sigma = \dots\dots\dots w/m^2 k^4$ هو ثابت ستيفان – بولتزمان و ε معامل الانبعاثية ويتراوح بين الصفر والواحد الصحيح ، A مساحة الجسم .
إذا وضع نفس الجسم في حيز مغلق درجة حرارة جدرانه T_a فإنه سيمتص الإشعاع من الجدران بمعدل :

$$P_a = \varepsilon \sigma A T_a^4 \dots\dots\dots(2)$$

إذا كانت $T_e > T_a$ تكون الطاقة الحرارية المنبعثة الصافية :

$$P = P_e - P_a = \varepsilon \sigma A (T_e^4 - T_a^4) \dots\dots\dots(3)$$

إذا كان معامل الانبعاثية للجسم $\varepsilon = 1$ تصبح المعادلة (3) في الصورة:

$$P = \sigma A (T_e^4 - T_a^4) \dots\dots\dots(4)$$

فإن الجسم يمتص الطاقة الإشعاعية الساقطة عليه. أما إذا كان $\varepsilon = 0$ فإنه يعكس كل الطاقة الساقطة عليه:

الأدوات:

فرن كهربائي يعمل بجهد 220 فولت وبداخله الجسم الأسود.
ترمومتر لقياس درجة حرارة الفرن - قرص مشع وصلات تبريده بالماء -
ثرموبيبل لقياس القدرة المفقودة P ؛ حساسية $0.16mV/mW$ - مللي فولتميتر - منضدة ضوئية - أسلاك توصيل .



2- شغل الفرن الكهربى وعندما تصل درجة حرارة الجسم الأسود إلى $200^{\circ}C$ درجة مئوية أطفئ الفرن (لاحظ ارتفاع درجة الحرارة حتى تصل إلى $230^{\circ}C$ درجة تقريباً بعدها تبدأ الانخفاض) .

$$t = 230^0, 220^0, \dots, c$$

A graph showing the relationship between power p (in watt) and the fourth power of temperature T^4 (in K^4). The vertical axis is labeled $p(\text{watt})$ and the horizontal axis is labeled $T^4 (K^4)$. A straight line with a positive slope is plotted, intersecting the T^4 axis at a positive value and the p axis at a negative value.

5 من الرسم اوجد ثابت استيفان σ حيث : $\sigma = \frac{\text{الميل}}{A}$

حيث A مساحة سطح الجسم الأسود داخل الفرن وتساوي $A = 3.1 \times 10^{-7} m^2$

النتائج:

$t(^{\circ}C)$	$T(^{\circ}K)$	$T^4(K^4)$	$V(v)$	$P = V \times 0.16(watt)$
230				
220				

$\sigma = \dots\dots\dots$

الميل = $\dots\dots\dots$