محاضرات
فى فيزياء الحرارة ومبادئ الديناميكا الحرارية

أعداد
د عبدالجليل عبد العال حسن
أستاذ الفيزياء المساعد

الباب الأول

مقدمة ما هي الحرارة..... 4

التأثيرات الحرارية 5

درجة الحرارة 6

قياس درجة الحرارة 7

تدريج درجات الحرارة 7

الترمومترات الحرارية وأنواعها:..... 16

الترمومتر البلاتينى: 17

ترمومتر الأزدواج الحرارى:..... 19

تمرين 22

مقدمة

تعتبر الحرارة احد مصادر الطاقة الرئيسية التي بدأ علماء الفيزياء في دراسة وفهم قوانينها لاهميتها ولتطبيقاتها الواسعة على حياتنا، فلو نظرنا من حولنا لوجدنا أن الحرارة هي اساس الطاقة في كل شيء فعلى سبيل المثال الثلاجة المنزلية ومكيفات الهواء ما هي الا تطبيقات على الفيزياء الحرارية وكذلك المحركات البخارية والمحركات الحديثة تعتمد على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكيا حيث أن حرق الوقود يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الغاز الذي يضغط على مكبس المحرك الذي يؤدي حركة ميكانيكية اساسها ارتفاع في درجة الحرارة وهذه المحركات هي اساس فكرة عمل السيارات والطائرات بمختلف انواعها، كذلك مثالاً آخر وهو الكهرباء فهي تصلنا من محطات التوليد التي تقوم بحرق الفحم أو الوقود الذي يحرك التوربينات التي تولد الطاقة الكهربية وهناك الامثلة الكثيرة الأخرى.

سنقوم بدراسة علم الفيزياء الحرارية والذي يسمى علم الثيرموديناميكا thermodynamics وهذا العلم هو علم تجريبي يهتم بدراسة الظواهر المتعلقة بتبادل الطاقة الحرارية بين الأجسام عند درجات حرارة مختلفة .عند دراسة علم الميكانيكا فى السنوات السابقة ركزنا على دراسة الكميات الفيزيائية مثل الكتلة mass والقوة force والطاقة energy حيث كانت تلك الكميات الفيزيائية هي الاساسات الرئيسية لذلك العلم، ولكن في دراستنا للحرارة فإننا نحتاج إلى مفاهيم أخرى هي درجة الحرارة temperature والتبادل الحراري heatوالطاقة الداخلية .internal energy لذلك سنتناول خلال هذا المقرر بدراسة تلك المفاهيم وتوضيحها وشرح كل الأمور العلمية المتعلقة بها وسيشمل ذلك الآتى :

ما هي الحرارة:

إن جزيئات المادة تكون في حركة مستمرة في الغازات مثلا تتحرك الجزيئات في جميع الجهات حركة عشوائية غير منتظمة ومقدار سرعة أي جزيء واتجاهها يتغيران عندما يتصادم هذا الجزء بآخر. في المواد الصلبة تكون حركة جزيئاتها حركة تذبذبية حول موضع اتزانها.

في الحالة السائلة تكون حركة الجزيئات وسطا بين حركة الجزيئات في المواد الغازية والصلبة أي أن في جميع حالات المواد تكون الجزيئات في حركة وهذا يعنى أن يكون لكل جزيء طاقة حركية " ويجب ملاحظة أننا نقصد بطاقة الحركة للجزيء هي الطاقة الحركية المتوسطة لجزيئات المادة " وعلى ذلك يحتوى كل جسم على كمية من الطاقة الحركية لجزيئات مادته وهذه تعادل ما يحتويه من كمية حرارة هذا يعنى أن الحرارة ما هي إلا طاقة الحركة لجزيئات المادة هي الطاقة التي يسبب انتقالها إحساس بالحرارة أو البرودة.

التأثيرات الحرارية

1. **تأثيرات فسيولوجية: مثل الإحساس بالدفء وتنبيه الدورة الدموية والحروق.**
2. **تأثيرات كيميائية: مثل التفاعلات الكيميائية الناتجة عن تسخين كاتحاد الكبريت مع الحديد بالتسخين وينتج كبريتوز الحديد.**
3. **تأثيرات فيزيائية :التمدد – تغير الحالة من الصلابة إلى السيولة ومن السيولة إلى الغازية - زيادة المقاومة الكهربائية – زيادة ضغط بخار الماء – توليد القوة الدافعة الكهربائية عند تسخين نقطة اتصال مدنين مختلفين.**

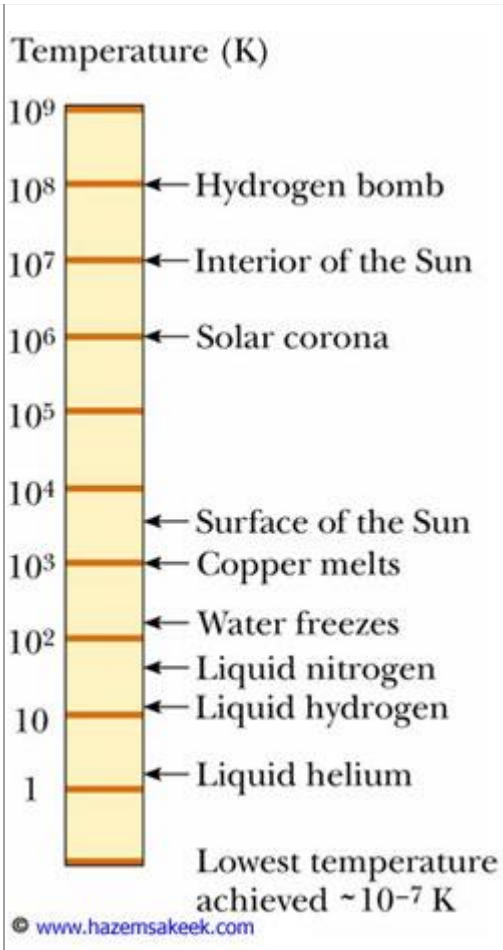
درجة الحرارة

إذا لمسنا جسما ساخنا فإننا نشعر بما عندنا من احساسات بشعور معين نفرض إننا قسمنا هذا الجسم الى أجزاء ولمسنا أجزاءه كل على حده فنجد إننا نحس بنفس الشعور كما في الحالة الأولى.

وأصبح من أن حاسة اللمس لا تدلنا على كمية الحرارة في الجسم ولكنها تدلنا على صفة معينة ثابتة من خواص الحرارة وهى التي لا تتغير عند تقسيم أي جسم إلى أجزاء صغيرة هذه الخاصية سوف نعرفها بأنها درجة الحرارة.

إن الذي لا يتغير في الجسم عند تقسيمه إلى أجزاء هو من الواضح طاقة حركة جزيئاته وعلى ذلك فان درجة الحرارة هي معيارا أو مقياسا لهذه الطاقة الحركية المتوسطة لجزيئات المادة.

درجات الحرارة



تعرف درجة حرارة جسم ما على انها مقياس للطاقة الداخلية للمادة عند تلك الدرجة.

تتراوح درجات الحرارة في هذا الكون الفسيح بين الاف الملايين كلفن إلى ما يقارب الصفر كلفن ، علماً بأن اقل درجة حرارة وصل الانسان اكثر قليلا من الصفر المطلق (كما في الشكل المقابل) ولاحدود لأعلى درجة سجلت حتى الان فتصل درجة حرارة الانشطار النووي للهيلوم إلى 100 مليون كلفن .

الشكل المقابل نلاحظ درجات حرارة بمقياس كلفن لأجسام مختلفة مثل درجة حرارة باطن الشمس التي تصل إلى 10^7K ودرجة حرارة الهيليوم السائل التي تقدر بـ.4K

قياس درجة الحرارة

إن حاسة اللمس تمكننا من التفرقة بين الأجسام الساخنة والباردة إلا أن قدرتها في ذلك تكون محدودة فضلا عن أنها تتعرض للخطأ في بعض الأحيان مثلا إذا لمسنا في يوم بارد قطعة من المعدن وأخرى من الخشب نجد أن الأولى ابرد من الثانية ولو أنهما من الواضح لهما نفس درجة الحرارة ولكن هذا يرجع إلى أن معامل التوصيل الحراري للمعدن اكبر بكثير من الخشب.

ولما كانت التجارب العملية تستند إلى دقة القياس كان لنا من أجهزة أكثر حساسة وأوسع مدى لتقدير درجة الحرارة وهذه الأجهزة تسمى بالترمومترات أو مقاييس درجة الحرارة.

تدريج درجات الحرارة

عندما تتغير حالة المادة المتبلورة من الصلابة إلى السيولة أو من السيولة إلى الغازية فان هذا التغير يحدث عند درجات حرارة ثابتة- يمكن أن تعتبر نقطا ثابتة في تدريج درجات الحرارة- باستخدام أي تدريج حراري. وأهم هذه النقط نقطتان هما نقطة التجمد (أو درجة تجمد الماء) ونقطة غليان الماء المقطر تحت ضغط 76 سم \ زئبق (أو درجة غليان الماء تحت ضغط 76 سم\ زئبق)

ولنفرض ان قيمة الخاصية الطبيعية مقاسة فى كل مرة من هاتين النقطة هى x_0 فى درجة التجمد x_n فى درجة الغليان حيث n = عدد الأقسام المتساوية فى التدريج الحرارى بين النقطتين الثابتتين فيكون التغير فى الخاصية الطبيعية لكل قسم من التدريج (اى لكل درجة) هو:

$$\frac{x_n - x_0}{n}$$

وفى التقسيم المئوي يكون: (n = 100)

وفى التقسيم الفهرنيتى يكون: (n = 180)

وفى التقسيم الريومورى يكون: (n = 80)

ويتبين من ذلك أن تحديد قيمة (n) فيه شيء من الاختيار إلا أن التدريج المئوي n=100 هو الأكثر استعمالا باستخدام التدريج المئوي

بفرض أن x_t هى قيمة الخاصية الفيزيائية عند درجة t فيكون التغير في الخاصية الطبيعية المناظرة لدرجة واحدة مئوية هو:-:

$$\frac{x_t - x_0}{t} = \frac{x_{100} - x_0}{100}$$

وبالتالى يكون:

$$x_t = x_0 + \left(\frac{x_{100} - x_0}{100} \right) t$$

$$= x_0 \left(1 + \frac{x_{100} - x_0}{100 x_0} \right) t$$

$$= x_0(1+\alpha t)$$

حيث أن:

$$\alpha = \frac{x_{100} - x_0}{100 x_0}$$

α هو معامل زيادة الخاصية الفيزيائية بأرتفاع درجة الحرارة أى أن زيادة الطول أو الحجم أو المقاومة. وقد تختلف درجة الحرارة التى نحصل عليها بهذة الكيفية طبقا لقياس الكمية الخاصية.

هذا الاختلاف غير مرغوب فية ولذا يلزم أن نجرى عملية معايرة للتصحيح وقد اتفق على جعل الترمومتر غاز الايدروجين ذو الحجم الثابت ترمومترا قياسيا.

أذا فرض أن معامل زيادة الضغط مع درجة الحرارة هو α وأن الضغط فى درجة الصفر هو p_0 وأن الضغط فى درجة t هو p_t فأن:

$$p_t = p_0(1+\alpha t)$$

$$P_t = p_0 \alpha (\frac{1}{\alpha} + t)$$

$$p_t = p_0 \alpha T$$

حيث :

$$T = \frac{1}{\alpha} + t$$

تسمى درجة الحرارة المطلقة ويكون صفر هذا التدريج عند:

$$\frac{1}{\alpha} + t = 0$$

ويكون:

$$t = 0 - 273$$

وقد أكتشف كلفن تدريجا مبنيا على اعتبارات ديناميكية حرارية يتفق مع التدريج الغازي المطلق .

الثيرمومتر ومقياس درجات الحرارة Thermometer and temperature scale

الثيرموميتر thermometer هو أداة تستخدم لقياس درجات الحرارة، والثيرمومتر يعمل من خلال تغير في أحد الخصائص الفيزيائية بتغير درجة الحرارة، مثل خاصية تمدد الاجسام مع زيادة درجة الحرارة وتغير الضغط أو مقاومة السلك الكهربي بتغير درجات الحرارة. وفيما يلي نذكر الأنواع المختلفة للثرمومتر.

Physical property الكمية الفيزيائية	Material المادة	Type of thermometer نوع الثيرمومتر
Change in length	Mercury or Alcohol	(1) Liquid thermometer
Change in pressure	Hydrogen	(2) Gas Thermometer
Change in resistance	Platinum	(3) Resistance thermometer
Change in electric potential	Chromel and Alumel	(4) Thermocouple thermometer
Change in radiation colour	Pyrometer	(5) Radiation Thermometer
Change in susceptibility		(6) Magnetic thermometer

من الجدول السابق نجد أنه من الممكن تصميم عدة أنواع من مقاييس درجات الحرارة بالاعتماد على تغير الخصائص الفيزيائية بتغير درجة الحرارة. ولعمل ذلك يمكن أن يكون هناك تدريج محدد لقياس درجة الحرارة، حيث أن كل خاصية فيزيائية مما سبق تتغير بعلاقة محددة مع تغير درجة الحرارة فمثلاً في النوع الأول من مقياس درجة الحرارة الثيرمومتر الزئبقي تتمدد فيه مادة الزئبق بزيادة درجة الحرارة فيمكن عمل علاقة بين مقدار التمدد ودرجة الحرارة. ولهذا كان لابد من إيجاد مقياس أو تدريج يعبر عن درجة الحرارة بغض النظر عن تغير الخاصية الفيزيائية ومن هذه التدريجات المقياس المئوي أو مقياس الفهرنهايت أو المقياس المطلق.

المقياس المئوي scale Celsius

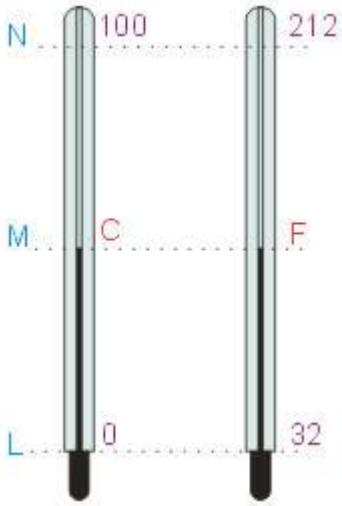
تعتمد فكرة المقياس المئوي على وجود نقطتين لا تتغير فيهما درجة الحرارة مع تزويد المادة بحرارة وعلى هذا الاساس اعتمد العالم **Celsius** في ابتكاره للتدريج المئوي حيث انه من الملاحظ عملياً ثبوت درجة حرارة الماء عند نقطة الغليان أي عندما يتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية أو العكس وكذلك تثبت فيها درجة حرارة الماء عند تحوله إلى ثلج وهي درجة الانصهار أي من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة أو العكس، فاطلق سيليزس على درجة الانصهار بالقيمة صفرا وعلى نقطة الغليان القيمة 100 وتم تقسيم التدريج إلى 100 كل جزء يساوي درجة، ولذلك سمي

شكل يوضح ثيرمومتر زئبقي، نتيجة للتمدد الطولي يتغير مستوى ارتفاع الزئبق من 0 عند درجة التجمد إلى 100 عند درجة الغليان

بالتـــدريج المئـــوي ويســـمى ايضـــا بتـــدريج سيليزس. وتبلغ درجة حرارة الانسان على هذا التدريج $37^{o}C$.

المقياس الفهرنهايتي scale Fahrenheit

يعتمد هذا التدريج لقياس درجة الحرارة على نفس المبدأ السابق للتدريج المئوي أي على نقطة تحول الماء إلى الحالة الغازية او الصلبة، ولكن اعتبر فهرنهايت درجة الانصهار هي درجة 32 بدلاً من الصفر، ودرجة الغليان للماء وهي درجة 212 بدلاً من 100.



ولتوضيح العلاقة بين التدريج المئوي والتدريج الفهرنهايتي استعن بالشكل التالي:

$$\frac{ML}{NL}=\frac{C-0}{100-0}=\frac{F-32}{212-32}$$

$$\therefore \frac{C}{100}=\frac{F-32}{180}$$

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

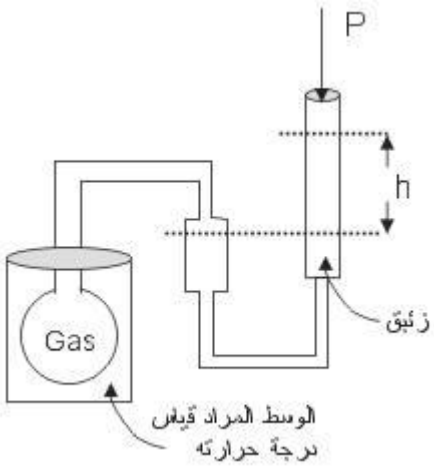
إذا للتحويل من درجة حرارة بمقياس فهرنهايت إلى مقدارها بالمقياس المئوي أو العكس نستخدم المعادلتين التاليتين:

$$T(\text{in °F})=32+\frac{9}{5}T(\text{in °C})$$

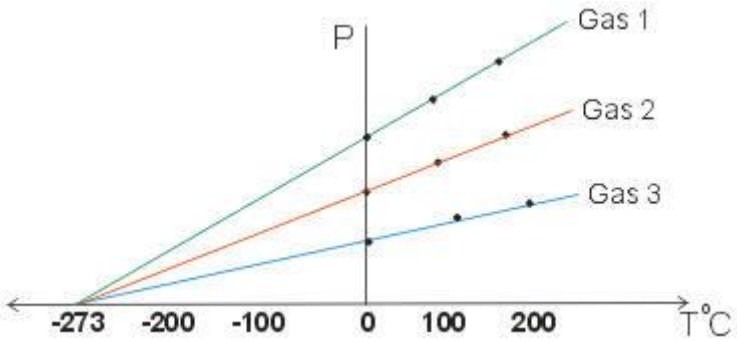
$$T(\text{in °C})=\frac{5}{9}[T(\text{in °F})-32]$$

المقياس المطلق scale Kelvin

مما سبق نجد أن كلا التدريجين اعتمدا على نوع مادة السائل وهو الماء حيث تم اعتبار نقطة الانصهار ونقطة الغليان كأساس للتدريج، وحيث أن هاتين النقطتين تعتمدان على الضغط وعدد من العوامل الأخرى، لذا فإننا بحاجة إلى تدريج مطلق لا يعتمد على طبيعة المادة وهذا ما قام به العالم كلفن Kelvin في تحديد تدريج مطلق لدرجة الحرارة.



قام العالم كلفن باستخدام الثيرمومتر المعتمد على التغير في الضغط Gas thermometer ودرس العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة، وذلك لأكثر من غاز ووجد أن جميع الغازات يقل ضغطها بنقصان درجة الحرارة وأن الضغط يصبح صفر نظرياً (أي عند مد المنحنيات كما في الشكل على استقامتها) عند درجة حرارة وقدرها - 273. وقد تم اعتبار هذه الدرجة هي الصفر المطلق وأنها لا تتغير بتغير نوع الغاز وعليه تم معايرة باقي التدريجات الأخرى بالنسبة للصفر المطلق.

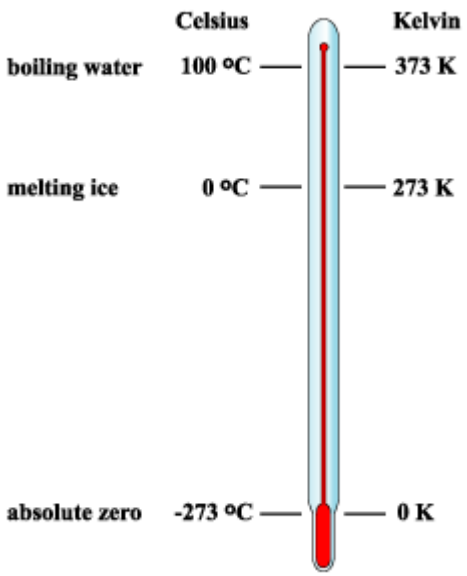


اوضحت النتاشج العملية إنه بالرغم من اختلاف نوع الغاز فإن جميع الغازات يقل ضغطها بنقصان درجة الحرارة وعند مد المنحنيات على استقامتها تلتقي كلها عند درجة حرارة -273 درجة مئوية ليكون عندها القيمة النظرية للضغط يساوي صفراً

إعتبر العالم كلفن نقطة تلاشي الضغط للغازات عند -273.15 درجة مئوية بأنها نقطة مرجعية لتدريج جديد لا يعتمد على نوع المادة المستخدمة (مثل الماء) في تصميم التدريج واعتبرت هذه النقطة هي الصفر المطلق والتي تساوي بتدريج سيليزس (التدريج المئوي) -273.15 وسمي هذا التدريج بالتدريج المطلق absolute scale.

وعليه فإن العلاقة بين التدريج المئوي والتدريج المطلق هي:

$$T(\text{in } ^\circ\text{C}) = T(\text{in } ^\circ\text{K}) - 273.15$$



الجـــدول التـــالي يوضـــح مقارنـــة لمختلـــف التـــدريجات المســـتخدمة فهرنهايت و سيليزس و كلفن

Comparison of Temperature Scales			
Kelvin	Celsius	Fahrenheit	Set Points
373	100	212	water boils
310	37	98.6	body temperature
273	0	32	water freezes
0	-273	-460	absolute zero

العلاقة بين التدريجات المختلفة لقياس درجات الحرارة

Temperature Conversion Formulas		
Conversion	**Formula**	**Example**
Celsius to Kelvin	**K = C + 273**	**21°C = 294 K**
Kelvin to Celsius	**C = K - 273**	**313 K = 40 °C**
Fahrenheit to Celsius	**C = (F - 32) x 5/9**	**89 °F = 31.7 °C**
Celsius to Fahrenheit	**F = (C x 9/5) + 32**	**50 °C = 122 °F**

الترمومترات الحرارية وأنواعها:

يتوقف عمل الترمومترات بجميع أنواعها وأشكالها على أستخدام خاصية فيزيائية من خواص المادة على أن تتغير تغيرا تدريجيا مع درجة الحرارة ومن هذه الخواص:

1. **-خاصية التمدد الحجمى للسوائل**
2. **خاصية تمدد الأجسام الصلبة**
3. **خاصية التمدد الحجمى للغازات**
4. **خاصية تغير المقاومه الكهربية لبعض المواد كالبلاتين**
5. **خاصية التيارات الكهروحرارية كما بالأزدواج الحرارى**

سوف نستعرض فقط الترمومتر البلاتينى حيث تم التعرف من قبل عن الأنواع الأخرى من الترمومترات فى الاعوام السابقة

الترمومتر البلاتينى:

نظريـة عمـل الترمـومتر البلاتينـى هـو ان المقاومـة الكهربيـة لسـلك البلاتـين تزيـد بزيادة درجة حرارة السلك أى ان هنـاك علاقـة تـربط بـين درجـة الحـرارة ومقاومـة السلك فبالتالى بقياس مقاومة سلك البلاتين للترمومتر يمكن معرف درجة الحرارة الموضوع بها الترمومتر. تتغير المقاومة مع درجة الحرارة وفقا للمعادلة

$$R_t = R_0(1+\alpha\, t)$$

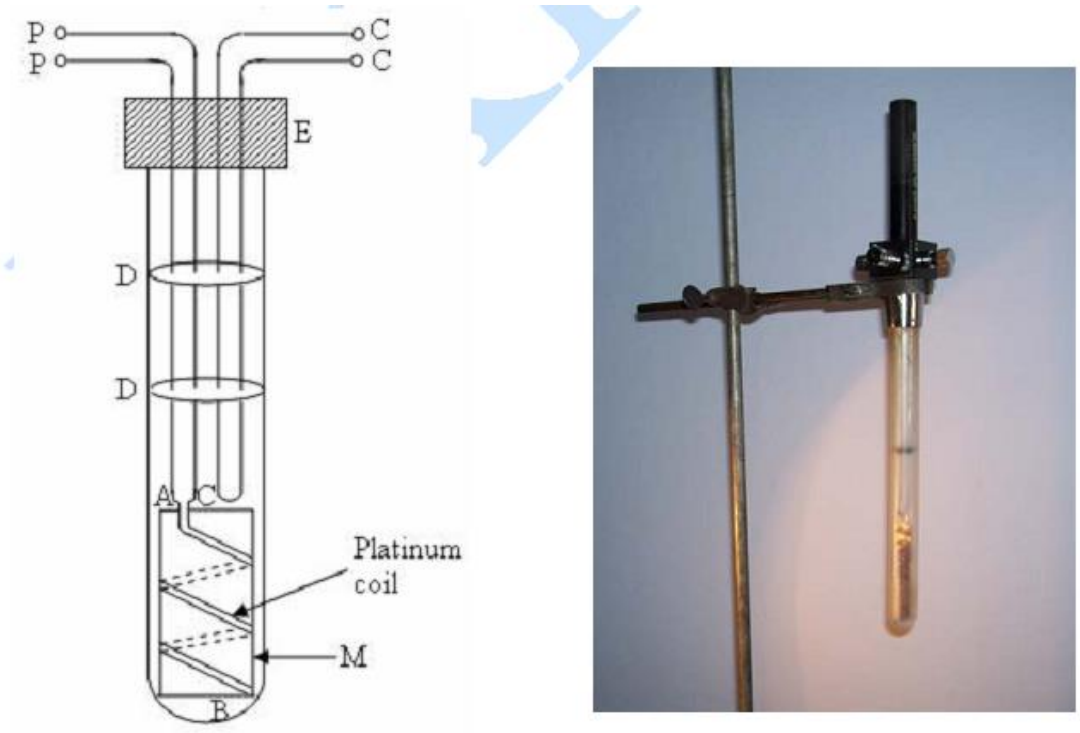
حيث α هو معامل زيادة المقاومه

التركيب: وهو يتكون من سلك بلاتيني رقيق ملفوف حول اسطوانة مصنوعة من الميكا محتواة على أنبوب من الزجاج الصلب. تتصل نهايتا السلك بجهاز حساس لقياس المقاومة عادة تكون احدى القناطر التى تستخدم فى قياس المقاومة

Platinum Resistance thermometer consists of a fine platinum wire (platinum coil) wound in a non-inductive way on a mica frame M (as shown in Figure). The ends of this wire are soldered (ملحوم) to points A and C from which two thick leads run along the length of the glass tube (that encloses the set up) and are connected to two terminals (P, P) fixed on the cap of the tube..

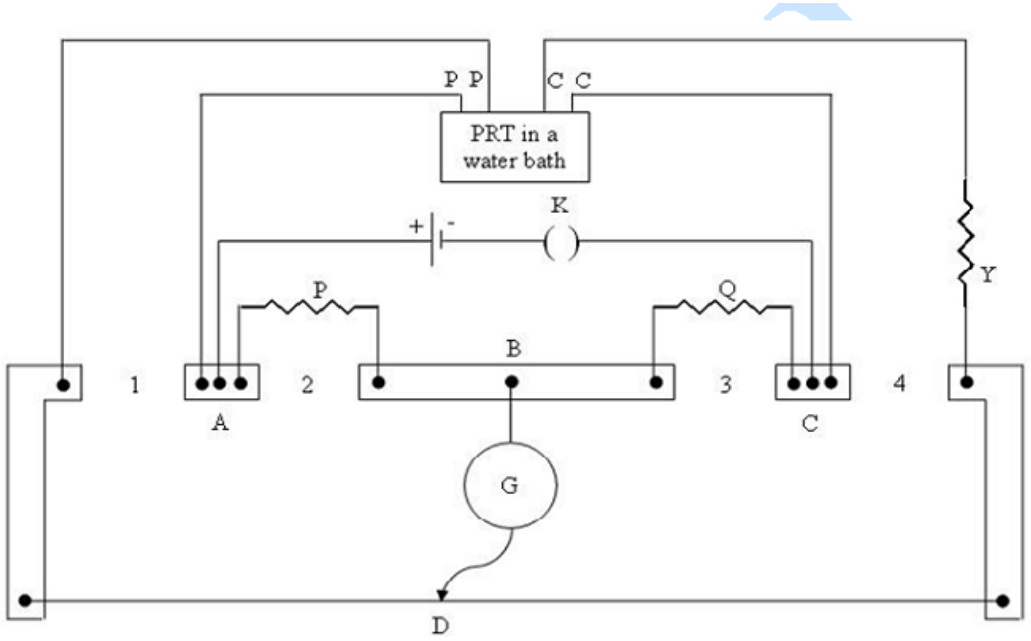
Also, by the side of these leads, another set of leads run parallel and are connected to the terminals (C, C) fixed on the cap of the tube. These are called compensating leads and are joined together inside the glass tube. The compensating leads and the platinum wire are separated from each other by mica

or porcelain separators (D, D). The electrical resistance of the (P, P) leads is same as that of the (C, C) leads.



الترمومتر البلاتينى

وتحدد قيمة المقاومة بأستخدام قنطرة هويستون أو كارى فوستر كما بالشكل



$$R_1 = R_0(1+\alpha T_1)$$

$$R_2 = R_0(1+\alpha T_2)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{(1+\alpha T_2)}{(1+\alpha T_1)}$$

$$R_2(1+\alpha T_1) = R_1(1+\alpha T_2)$$

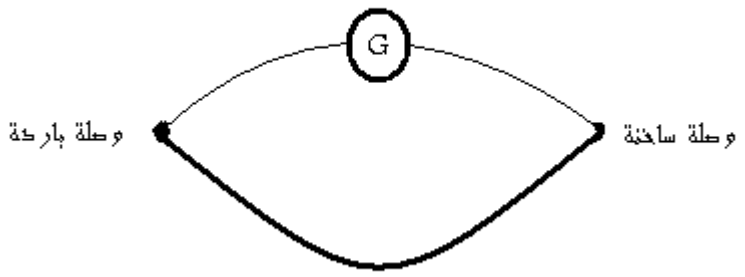
$$(R_2 - R_1) = \alpha(T_2 R_1 - T_1 R_2)$$

$$\alpha = \frac{(R_2 - R_1)}{(T_2 R_1 - T_1 R_2)}$$

ترمومتر الأزدواج الحرارى:

نظرية العمل: وجد العالم سيبك عام 1821 انه عندما يتصل فلزان مختلفان كالنحاس و الحديد مثلا ليكونا ازدواجا حراريا كما موضح بالشكل تتولد قوة دافعة كهربية عندما ترتفع درجة حرارة احدى الوصلتين بالنسبة للاخرى وتتوقف شدة

التيار الناشئ على الفرق فى درجة الحرارة بين الوصلتين وتعرف هذه الظاهرة بالخصية الكهروحرارية



عند وضع الوصلة الباردة فى جليد مجروش لحفظ درجة حرارتها عند الصفر المئوى ويوضع الوصلة الاخرى فى اى وسط ساخن ينحرف الجلفانومتر انحرافا يتناسب طرديا مع درجة الحرارة المئوية للوصلة الساخنة بشرط ان يكون الارتفاع فى الدرجة كبير

ويمكن هنا ايضا معايرة الجلفانومتر ليعطى درجات حرارة مباشرة وذلك بوضع الوصلة الساخنة فى ماء مغلى حرارته 100 درجة مئوية وبتقسيم مقدرار الأنحراف اى مائة قسم يعبر كل قسم عن درجة واحدة مئوية

ونظرا لشدة حساسية هذا الترمومتر يستخدم عادة لقياس التغيرات الصغيرة فى درجة الحرارة كما أن لصغر سعته الحرارية أى السعة الحرارية للوصلة الكهربية لا يؤثر وضع الترمومتر فى الوسط المختبر على درجة حرارته خاصة أن الوسط له سعة حرارية صغيرة

تمرين: ما هي درجة الحرارة التي عندها يتساوى التدريج المئوي والتدريج الفهرنهايتي.

Example

An object has a temperature of 50°F. What is its temperature in degrees Celsius and in kelvins?

Solution Substituting $T_F = 50°F$ into Equation 19.5, we get

$$T_C = \tfrac{5}{9}(T_F - 32) = \tfrac{5}{9}(50 - 32) = 10°C$$

From Equation 19.4, we find that

$$T = T_C + 273.15 = 283.15\ K$$

Example

A pan of water is heated from 25°C to 80°C. What is the *change* in its temperature on the kelvin scale and on the Fahrenheit scale?

Solution we see that the change in temperature on the Celsius scale equals the change on the kelvin scale. Therefore,

$$\Delta T = \Delta T_C = 80 - 25 = 55\ C° = 55\ K$$

From Equation 19.5, we find that the change in temperature on the Fahrenheit scale is greater than the change on the Celsius scale by the factor 9/5. That is,

$$\Delta T_F = \tfrac{9}{5}\,\Delta T_C = \tfrac{9}{5}(80 - 25) = 99\ F°$$

تمرين

: ترمومتر بلاتينى مقاومته عند نقطة انصهار الجليد هو 6.5 أوم وعند درجة غليان الماء 11.5 أوم أوجد درجة الحرارة عندما تكون المقاومه 14 أوم ثم أحسب أيضا مقاومة الترمومتر عن درجة حرارة 60 درجة مئوية

الحل

$$t = \left(\frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \right) \times 100$$
$$= \left(\frac{14 - 6.5}{11.5 - 6.5} \right) \times 100$$
$$= 150$$

$$R_t = R_0 + \left(\frac{R_{100} - R_0}{100} \right) t$$
$$= 6.5 + \left(\frac{11.5 - 6.5}{100} \right) \times 6$$
$$= 9.5 \ o\text{hom}$$

تمارين

1. **أذا كان طول عمود الزئبق فى ساق ترمومتر عند درجة تجمد الماء وغليانه على الترتيب هما 15 و 25 سم أحسب درجة الحرارة التى يكون عندها طول العمود مساويا 22 سم**

2. **ترمومتر بلاتينى مقاومته عند درجة الصفر المئوى ودرجة غليان الماء على الترتيب 200 و 400 أوم أحسب درجة الحرارة التى تجعل مقاومته 300 أوم**

3. ترمومتر بلاتينى مقاومته300 أوم عندما يكون فى حالة أتزان حرارى مع جسم اخر حرارته 1000 درجة مئويه ما هى مقاومته اذا لامس جسم درجة حرارته 200 درجة مئويه

البا ب الثانى

التمدد الحراري

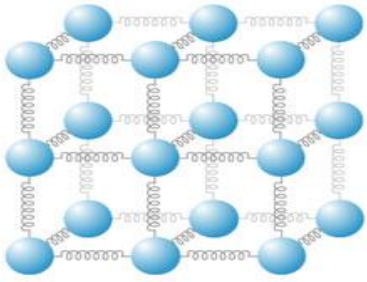
Thermal Expansion

مقدمة : 26
أولا :-تمدد الأجسام الصلبة 27
معامل التمدد السطحى: 29
تطبيقات على تمدد الأجسام الصلبة:..... 33
ثانيـــا : تمدد السوائل:..... 35
ثالثا: تمدد الغازات 39
القانون العام الغازات: 44
تطبيقات آخرى على تمدد الأجسام الصلبة 46
أمثلة محلولة ومسائل..... 48

مقدمة :

عند رفع درجة حرارة المادة سواء أن كانت صلبة أو سائلة أو غازية تزداد طاقة جزيئاتها وبالتالي تزداد أهتزازتها حول موضع سكونها (أنظر شكل 1). وهذا يؤدى الى زيادة متوسط المسافة بين كل جزئ والجزيئات المجاورة . أى أن السائل أو الجامد يتمدد عند رفع درجة حرارته وبالرغم من وجود بعض الأستثنئات الواضحة من هذه القاعدة فمثلا الماء ينكمش عند رفع درجة حرارته فى المدى 1: 4 درجات مئوية

إن التمدد الحراري thermal expansion للاجسام هو نتيجة عن للتغير الذي يحدث للمسافات الفاصلة بين جزيئات وذرات المادة .ولفهم أدق لما ذكرناه لننظر إلى الشكل الموضح أدناه حيث يعبر عن التركيب البلوري لمادة في الحالة الصلبة والتي تحتوي على مصفوفة مرتبة من الذرات المترابطة مع بعضها البعض بفعل القوى الكهربية (الزنبرك في الشكل يمثل القوى الكهربية).

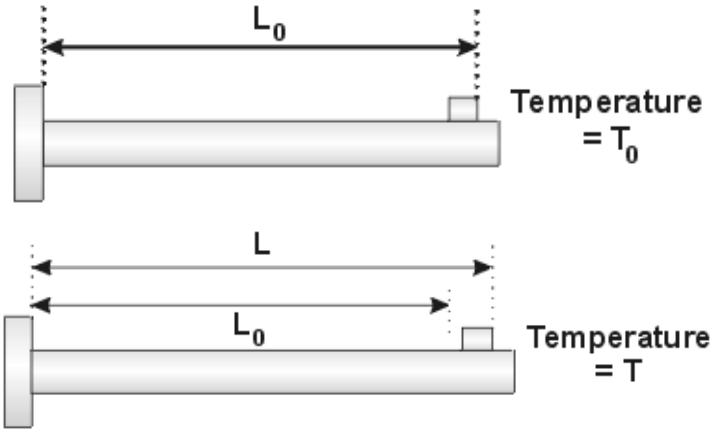


يمثل الشكل بلورة لمادة صلبة والزنبرك بين الذرات يمثل القوى الكهربية التي تربط الذرات بعضها ببعض.

تتمدد جميع الغازات عند رفع درجة حرارتها ومن المعروف ان احجامها تتوقف على الضغط فأنة من الضرورى أخذ فى الاعتبار الضغط فمثلا يجب حفظ الضغط عند دراسة زيادة الحجم بأرتفاع درجة الحرارة. وأيضا يجب أن نثبت الحجم عند دراسة تأثير درجة الحرارة على تغيير الضغط.

أولا :-تمدد الأجسام الصلبة.

بفرض قضيب من مادة صلبة من النحاس مثلا طولة عند درجة الصفر يساوى L_0 المئوى: برفع درجة حرارة القضيب مقدار ∇T درجة مئوية يكون الزيادة فى الطول تتناسب طرديا مع كلا من الطول الأصلى L_0 و مقدار الزيادة فى درجة حرارتة ∇T عندئذ :



$$\Delta L \propto L_o$$
$$\Delta L \propto \Delta T$$
$$\Delta L \propto \Delta T\, L_o$$
$$\Delta L = \sigma\, \Delta T\, L_o$$

حيث مقدار ثابت يتوقف على نوع مادة الجسم وبسمى معامل التمدد الطولى وبالتالى يكون:

$$\sigma = \frac{\Delta L / L_0}{\Delta T}$$

وطبقا للمعادة السابقة يمكن أن نعرف معامل التمدد الطولى للمادة linear expansion

بأنه : الزيادة الحادثة لوحدة الأطوال من المادة برفع درجة حرارتها درجة واحدة مئوية. وتكون الوحدات طبقا للمعادة السابقة هى : / درجة مئوية.

ويمكن أن نستنبط قانون معامل التمدد الطولى بطريقة أخرى:

بفرض أن L_0 L_1 L_2 هى أطوال قضيب معدنى عند درجات الحرارة الصفر و T_1 T_2 , وأن معامل زيادة الطول برفع درجة الحرارة (معامل التمدد الطولى) ثابت وله نفس القيمة بين درجات الحرارة T_2 , T_1 وبتطبيق المعادلة 1 (أنظر الباب الأول):

$$L_1 = L_0(1+\sigma T_1) \qquad (3)$$

$$L_2 = L_0(1+\sigma T_2) \qquad (4)$$

بقسمة المعادلتين :

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{1+\sigma T_2}{1+\sigma T_1}$$

$$\frac{L_2}{L_1} = (1+\sigma T_2)(1+\sigma T_1)^{-1} \qquad (5)$$

و حيث أن :

$$(1+\sigma T_1)^{-1} = 1-\sigma T_1 + \sigma^2 T^2{}_1 - \sigma^3 T^3{}_1 + ... + ...$$

يمكن أهمال الحدود التى تشمل على σ^2 و σ^3 لصغرها ولذا تصبح المعادلة 5 :

$$L_2 = L_1(1+\sigma T_2)(1-\sigma T_1)$$

حيث أيضا أهمل الحد الأخير الذى يشمل على σ^2

$$L_2 = L_1\left[1+\sigma(T_2 - T_1)\right]$$

$$\frac{L_2}{L_1} - 1 = \sigma(T_2 - T_1)$$

$$\frac{L_2 - L_1}{L_1} = \sigma(T_2 - T_1)$$

وبالتالى يكون معامل التمدد الطولى:

$$\sigma = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1(T_2 - T_1)} \qquad (6)$$

كما يوجد معامل تمدد طولى كذلك يوجد كمعامل للتمدد السطحى والحجمى بالرغم من صغر قيمة معامل التمدد الطولى للمواد ألا أنـه هام جدا فى التطبيقات الصناعية من ناحية تصميم السكك الحديدية.

معامل التمدد السطحى:

يعرف معامل التمدد السطحى للمادة β بالزيادة فى المساحة لوحدة المساحات نتيجة رفع درجة حرارة المادة درجة واحدة مئوية .

نفرض لدينا لوحا معدنيا مربع الشكل مساحتة عند درجة الصفر المئوى هى L_0^2 فبرفع درجة حرارتـه سوف يتمدد فى جميع الأتجاهات وبالتالى تزداد مساحته . فاذا كانت الزيادة فى درجة الحرارة تساوى T_1 درجة مئوية فأن طول كلا من جانبى اللوح يصبح:

$$L = L_0(1+\sigma T_1)$$

وبالتالى تصبح مساحته:

$$L^2 = L_0{}^2(1+\sigma T_1)^2$$

$$L^2 = L_0{}^2(1+2\sigma T_1 + \sigma^2 T_1)$$

$$L^2 = L_0(1+2\sigma T)$$

وذلك بأهمال الحد الأخير لصغره تصبح المعادلة الأخيرة فى الصورة الآتيه:

$$S = S_0(1+\beta T_1)$$

حيث S_0 ترمز للمساحة عند درجة الصفر المئوى و S المساحة عند درجة T_1 وبمقارنة معادلة التمدد الطولى والسطحى نجد أن:

$$\beta = 2\sigma$$

أى أن معامل التمدد السطحى يساوى ضعف قيمة معامل التمدد الطولى

وبنفس الطريقة يمكن أثبات أن معامل التمدد الحجمى Φ لجسم صلب يساوى ثلاث أضعاف قيمة معامل التمدد الطولى :

$$\Phi = 3\sigma$$

ويمكن أثبات أن:

$$\Phi = \frac{V - V_0}{V_0 T_1} \qquad (7)$$

حبث V_0 يرمز للحجم عند درجة الصفر المئوى و V يرمز للحجم عند درجة T_1

بالأضافة الى ما سبق من تأثير رفع درجة الحرارة فى الخواص الفيزيائية من تغيير طول ومساحة وحجم سوف نلقى الضوء على تغيير كثافة المواد وكذلك المرونة نتيجة التأثير الحرارى:

مثـــال: لوح مستطيل من النحاس أبعاده 60mm×80×100 ارتفعت درجة حرارته مـــن 300 الى 500k. أحصل على معدل قيمة معامل التمدد الطولي للنحاس لهذا المدى مـــن درجـــات الحرارة. من الشكل، ثم احسب الحجم الجديد للنحاس، ثم احسب الزيادة في الحجـــم واحســـب معامل التمدد الحجمي من العلاقة $\Delta v = \gamma v_0 \Delta\theta$.

متوسط التمددية الخطية $\simeq \frac{1}{2}(16.7 + 18.3)10^{-6}\,k$

باستعمال العلاقة

$\Delta\ell = \alpha\ell_0\Delta\theta$ وبالنسبة للجانب 100mm

$$\Delta\ell = (1.75\times10^{-5}k^{-1})(100mm)(200k)$$

$$= 0.35\ mm.$$

للجانب 80 mm $\Delta\ell = 0.28\ mm$

للجانب 60 mm $\Delta\ell = 0.21\ mm$

والحجم الجديد $v_1 = (100.35)\ (80.28\ mm)\ (60.21\ mm)$

$$= 485058\ mm^3$$

الحجم الاصلي $v_0 = 480000\ mm^3$

$$\Delta V = 5058\ mm^3$$

$$\gamma = \frac{\Delta V}{v_0\Delta\theta} = \frac{5058mm^3}{(48000mm^3)(200k)} = 5.27\times10^{-5}k^{-1}$$

٤

وهذا يساوي تقريباً (3α) حيث أن $3\alpha = 5.25\times10^{-5}k^{-1}$ وهذا يعتبر تقريب، وإن معامل التمدد الحجمي يستعمل عند التعامل مع السوائل والغازات.

أ- الكثافة:Density :

من المعروف لدينا أن الكثافة هى كتلة وحدة الحجوم من المادة أى أن الكثافة لمادة فى درجة الصفر المئوى هى:

$$\rho_0 = \frac{M}{V_0}$$

وبرفع درجــة حرارة تلك المادة الى T_1 فتكون الكثافة

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

وبالتالى

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{V}{V_0}$$

وبالتعويض عن :

$$V = V_0(1+\Phi T_1)$$

$$\rho_0 = \rho(1+\Phi T_1)$$

ويمكن كتابة كثافة مادة فى درجتين مختلفتين T_2 , T_1 كالآتـــى:

$$\rho_0 = \rho\left[(1+\Phi(T_2 - T_1)\right]$$

ب- المرونة:

أثبتت التجارب العملية أن مرونة الأجسام تتغير بأرتفاع درجة حرارتها. فقد وجد أن معامل ينج للمادة تقل قيمته قليلا بأرتفاع درجة الحرارة وبزيادة درجة حرارة الجسم الصلب كثيرا وجد أن معامل ينج ينقص قيمته حتى ينعدم عند نقطة أنصهار المادة.

ولفهم تأثير درجة الحرارة على مرونة الأجسام بصورة رياضية نفرض أن لدينا قضيبا معدنيا ساخنا طوله L_2 عند درجة حرارة T_2ونفرض أن ثبتنا طرفى هذا القضيب الساخن وتركناه يبرد حتى تصل درجة حرارته الى درجة حرارة الغرفة T_1 سيكون للقضيب البارد شد . أذا أنه لم يكن مثبتا عند طرفيه لتقلص طوله الى L_1(أنظر المعادلة 5)

$$L_2 - L_1 = \sigma L_1 (T_2 - T_1) \qquad (8)$$

حيث σ ترمز لمعامل التمدد الطولى . تثبيت القضيب وهو ساخن ثم برودته بعد ذلك الى درجة حرارة الغرفة يولد حالة من الشد تعادل القوة التى تكفى لشد القضيب وزيادة طوله من L_1 الى L_2 ومن تعريف معامل ينج الذى يعبر عن مرونة الأجسام :

$$Y = \frac{Stress}{Strain}$$

$$Y = \frac{F/A}{(L_2 - L_1)/L_1}$$

وبالتعويض من المعادلة 8:

$$Y = \frac{F}{A}\frac{1}{\sigma(T_2 - T_1)}$$

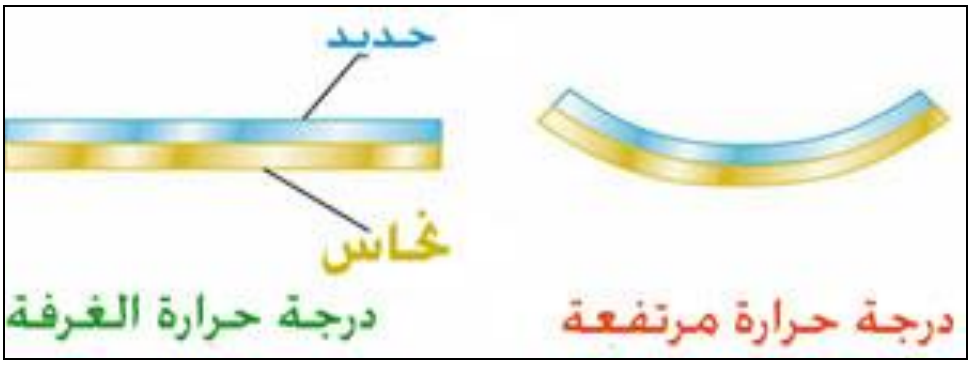
هذه المعادلة توضح تأثير درجة الحرارة على معامل المرونة. حيث أنه واضح بزيادة درجة الحرارة تقل المرونة.

تطبيقات على تمدد الأجسام الصلبة:

a) المزدوج المعدنى:

يتكون المزدوج المعدنى من شريحتين A , B ملتصقتين من معدنيين مختلفين فى قيمة معامل التمدد . نفرض ان معامل التمدد الشريحة A اكبر من المعدن B عندما ترتفع درجة الحرارة يكون تمدد A اكبر من ونتيجة لذلك نشاهد ان

المزدوج ينثنى بحيث مكونا قوس . وتستخدم هذه الخاصية فى اغراض كثيرة فى الحياه العملية (منظم لدرجة الحرارة فى المكواة)



b) بندول هاريسون المتوازن:

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L_1}{g}}$$

حيث g عجلة الجاذبية الارضيــة وأذا رفعت درجة الحرارة لتصبح T_2 فأن الزمن يتغير ويصبح t_2 وذلك لتغيير طول البندول الى L_2

$$t_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L_2}{g}}$$

بقسمة المعادلتين نحصل على:

$$\frac{t_2}{t_2} = \sqrt{\frac{L_1(1+\sigma(T_2 - T_1)}{L_1}}$$

$$= \left(1 + \frac{1}{2}\sigma\Delta T\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1 + \frac{1}{2}\sigma\Delta T$$

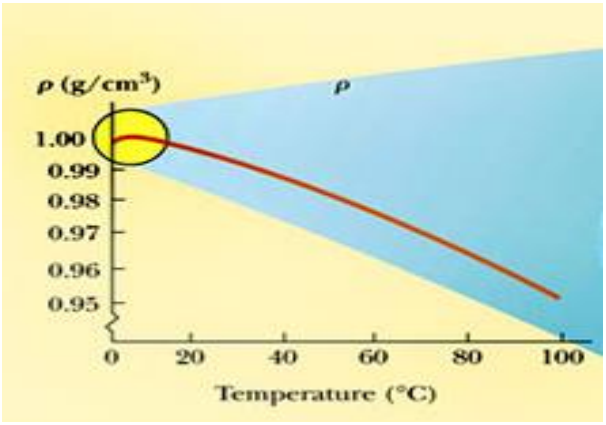
$$\frac{t_2 - t_1}{t_1} = \frac{1}{2}\sigma\Delta T$$

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{2}\sigma\Delta T$$

المعادلة الأخيـرة توضح أن التعير فى درجة الحرارة يسبب تعيرا فى زمن ذبذية البندول وبالتالى يتعير توقيت الساعة. أبنكر هارسون طريقة للتغلب على هذة المشكلة وذلك بعمل بندول الساعة من معدنين مختلفين بحيث يكون تمدد المعدن الأول الى أسفل وتمدد المعدن الثانى الى أعلى ويظل طول البندول ثابت.

ثانيـــا : تمدد السوائل:

السوائل تتمدد ويزداد حجمها بزيادة درجة الحرارة، ويكون معامل تمددها الحجمي كبير بالمقارنة بالمواد الصلبة .الماء يشذ عن باقي السوائل حيث ان كثافة الماء تزداد بزيادة درجة الحرارة من 0 إلى 4 درجة مئوية وينكمش الماء وإذا ازدادت درجة الحرارة أكثر من 4 درجات مئوية فإن الماء يتمدد بزيادة درجة الحرارة وتتناقص كثافته. تكون كثافة الماء اكبر ما يمكن عند درجة حرارة 4 درجة مئوية (أنظر الشكل)



السوائل تأخذ شكل الأناء الذى تحوية ولذا عندما نتكلم عن تمدد السوائل لابد أن نأخذ فى الأعتبار تمدد الأناء وما نشاهدة من تمدد للسائل ليس فى الحقيقة تمدد تمدد السائل فقط انما هو بين التمدد الحقيقى للسائل وتمدد الأناء. أى أن للسائل تمدد حقيقى وتمدد ظاهرى:

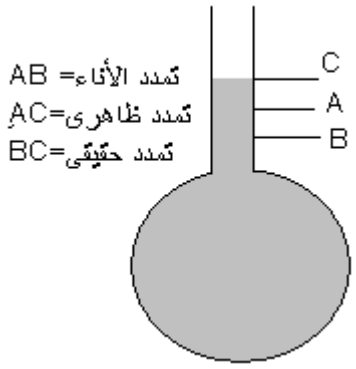
التمدد الحقيقى = التمدد الظاهرى +تمدد الأناء

$$\phi_r = \phi_a + \phi_c$$

التمدد الحقيقى للسائل : هو الزيادة الفعلية فى حجم وحدة الحجوم من السائل أذا رفعت درجة حرارتة درجة واحدة مئوية

التمدد الظاهرى للسائل : هو الزيادة الظاهرية فى حجم وحدة الحجوم من السائل أذا رفعت درجة حرارتة درجة واحدة مئوية

ولتوضيح العلاقة بين التمدد الظاهرى والتمدد الحقيقى أنظر الشكل الموضح أدناه :



نفرض ان لدينا وعاء زجاجى كما بالشكل يحتوى على كمية من السائل حتى التدريج A عند درجة الصفر المئوى وعند رفع درجة حرارة السائل الى T:

نفرض أن تمدد الوعاء والسائل قد حدث على حدة أى أن الوعاء تمدد أولا ثم أعقبة تمدد السائل بعد ذلك يكون حجم الوعاء عند درجة :T

$$= V_0\left(1 + \phi_c T\right)$$

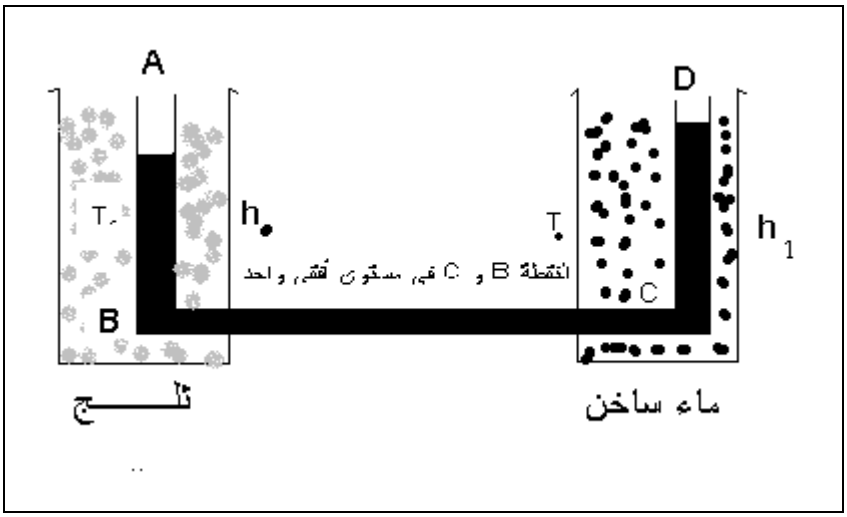
حيث هو معامل التمدد الحجمى للأناء . وحيث أن السائل لم يتمدد بعد فأن مستواه عند العلامه B وأذا بدأ السائل فى التمدد فأن حجمه يزيد حتى التدريج C وسيكون حجم التمدد من B الى C هو مقدار التمدد الحقيقى للسائل ومن ناحية أخرى لو أهملنا تمدد الوعاء يكون الفرق بين سطحى السائل عند A , C يكون هو التمدد الظاهرى أى أن :

تمدد الأناء +التمدد الظاهرى =التمدد الحقيقى

قياس معامل التمدد الحجمى لسائل:

دون الحاجة الى أخذ فى الاعتبار تمدد الوعاء الذى يحوى السائل ابتكر دوينج دبتى طريقة بسيطة لقياس معامل التمدد الحجمى لسائل ويتكون الجهاز المستخدم

كما بالشكل من أنبوبتين رأسيتين AB BC متصلتين بأنبوبة أفقية ذات مقطع صغيرBC وتحاط الانبوبةAB بجليد منصهر أما الأنبوبةCD تحاط بحمام مائى يمكن تسخينه الى درجات حرارة مختلفة



نفرض ان درجة حرارة الحما المائى هى T ودرجة حرارة الجليد المنصهر هى T_0 وعندما يثبت سطح السائل فى الانبوبتين فأن ضغط السائل عند النقطة B يساوى ضغط السائل عند النقطة C و حيث أن $T>T_0$ فأن كثافة السائل فى CD تكون أقل من قيمتها فىAB وينتج من ذلك أن أرتفاع السائل CD فى يصبح أكبر من مثيلة فيِAB وبالتالى يكون:

$$P_C = P_B$$

$$p + h_0 \rho_0 g = P + h_1 \rho g$$

من المعادلة السابقة يتضح أن:

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{h_1}{h_0}$$

ومن المعادلة التى توضح العلاقة بين كثافتى السائل عند درجتى حرارة مختلفتين:

$$\rho_0 = \rho\left[(1+\Phi(T - T_0)\right]$$

بالتعويض نصل الى:

$$\frac{h_1}{h_0} = \left[(1+\Phi(T - T_0)\right]$$

ومنها :

$$\frac{h_1 - h_0}{h_0} = \left[\Phi(T - T_0)\right]$$

أى أن:

$$\frac{h_1 - h_0}{h_0\left(T - T_0\right)} = \Phi$$

ثالثا: تمدد الغازات :

جميع الغازات تتمدد عند تسخينها ورفع درجة حرارتها , وحيث أن الأحجام تتوقف على الضغط فأنه من الضرورى حفظ الضغط عند دراسة زيادة الحجم مع

درجة الحرارة. وايضا من ناحية أخرى أذا كان الهدف دراسة زيادة الضغط مع درجة الحرارة فأنه يثبت الحجم.

تنقسم الغازات الى نوعين:

- **-غازات مثالية ولها قوانين خاصة بها**
- **غازات حقيقية والتى لا تنطبق عليها قوانين الغازات المثالية**

سلوك الغاز الحقيقى يقترب من سلوك الغاز المثالى عندما ينقص الضغط الى قيمة صغيرة جدا أو ترتفع درجة الحرارة الى قيم كبيرة أو كليهما معا

وعند دراسة سلوك الغاز يجب أخذ فى الأعتبار الحجم والضغط ودرجة الحرارة

قوانين الغاز المثالى:

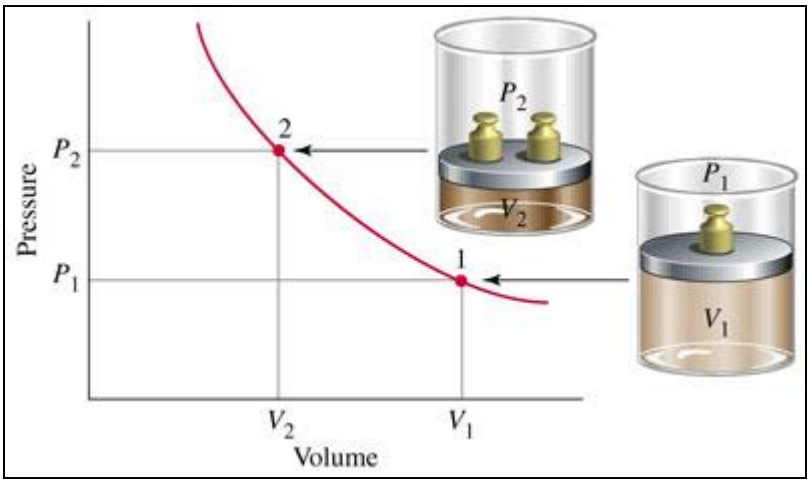
هي مجموعة من القوانين التي تصف العلاقة بين حرارة وضغط وحجم الغازات . هذه القوانين استنتجت في أواخر عصر النهضة وبدايات القرن التاسع عشر.

لا شك أن الغاز المثالي لا وجود له في الطبيعة ولكن في علم الفيزياء يتم وضع مثل هذه الفروض لتسهيل دراسة تأثير المتغيرات الفيزيائية في حالة ظروف مثالية لتسهيل المعادلات الرياضية والوصول إلى علاقات رياضية تحكم تصرف الغاز المثالي ثم يتم مقارنتها مع الغاز الحقيقي. والمتغيرات الفيزيائية هنا هي درجة الحرارة والحجم والضغط، ولدراسة العلاقة بين هذه المتغيرات على الغاز المثالي سنقوم بتثبيت متغير واحد ودراسة العلاقة بين المتغيرين الآخرين، وهذا ما قام به العالمان بويل Boyle وتشارل Charle.

1-قانون بويل(1662، مختص بالضغط والحجم):

ينص قانون بويل على أن حجم كمية معينة من غاز يتناسب عكسيا مع ضغطه وذلك عند ثبوت درجة الحرارة أى أن

Boyle's Law :When gas is kept at constant temperature its pressure is inversely proportional to the volume.



$$V\alpha\frac{1}{P}$$

$$PV = cons\tan$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

2-قانون شارل:

"عند ثبوت الضغط يتغير حجم كمية من غاز ما بصورة طردية مع درجة الحرارة المطلقة" أى ان تتمدد جميع الغازات بنسبة واحدة للزيادة المتساوية فى درجة

Charle's Law

When the pressure of the gas kept constant the volume directly proportional to the temperature

الحرارة . وقد وجد أن الغاز يتمدد بمقدار 273/1 من حجمه الأصلى فى درجة الصفر المئوى لكل أرتفاع فى درجة الحرارة قدره واحد درجة مئوية .ويمكن التعبير على هذة الحالة :

$$V = V_0(1 + \Phi T)$$

حيث Φ معامل زيادة الحجم عند ثبوت الضغط (التمدد الحجمى عند ضغط ثابت)

3-قانون الضغط:

<u>عند ثبوت الحجم</u> يزداد وينقص ضغط أى كمية من الغاز بمقدار 273/1 من قيمة ضغطه فى درجة الصفر المئوى وذلك عند أرتفاع درجة حرارته أو أنخفاضها بدرجة واحدة مئوية ,

$$P = P_0(1 + \beta T)$$

حيث أن β هو معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم.

<u>أثبات أن معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم يساوى معامل زيادة االحجم عند ثبوت االضغط:</u>

*** ضرب المعادلة التى تمثل معامل زيادة الحجم فى P_0 وضرب المعادلة التى تمثل معامل زيادة الضغط فى V_0 فبنتج الآتـــــى:**

$$P_0V = P_0V_0(1+\Phi T)$$

$$V_0P = V_0P_0(1+\beta T)$$

بقسمة المعادلتين :

$$\frac{P_0V}{PV_0} = \frac{(1+\Phi T}{(1+\beta T)})$$

من قانون بويل : $V = \frac{C}{P}$ $\qquad$ $V_0 = \frac{C}{P_0}$

بالتعويض عن V و V_0

يكون:

$$\frac{P_0^{\,2}}{P^2} = \frac{(1+\Phi T}{(1+\beta T)})$$

ولكن: $P = P_0(1+\beta T)$

$$\frac{P_0^{\,2}}{P_0^{\,2}(1+\beta T)^2} = \frac{(1+\Phi T}{(1+\beta T)})$$

أى أن :

$$(1+\beta T)(1+\Phi T) = 1$$

وبأهمال المقدار $\beta\phi T^2$ لصغرقيمته ومع أهمال الأشارة ينتج أن :

$$\boxed{\beta = \phi}$$

القانون العام الغازات:

Ideal Gas Equation

الغاز المثالي هو الغاز الذي تنطبق عليه الشروط التالية:

(1) حجم جززيئات الغاز مهمل بالنسبة للوعاء الذي يحتويه.

(2) القوة المتبادلة بين الجزيئات مهملة ايضا والتصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة.

(3) حركة الجزيئات حركة عشوائية.

تتحقق هذه الشروط للغاز الموجود عند درجات الحرارة العادية والضغط المنخفض، لذا يمكن اعتبار الغاز الموجود في الغرفة غازاً مثالياً. الغاز المثالي يخضع للمعادلة التالية يمكن كتابة قانون بويل على الصورة :

PV = RT Ideal Gas Equation

-قانون أفوجادر

هو قانون من قوانين الغازات سمى باسم العالم الإيطالي أميديو أفوجادرو والذي استنتج القانون في عام.1811 عمل أميديو أفوجادرو على ايجاد العلاقة بين حجم وكمية معينة من الغاز تحت ضغط ودرجة حرارة ثابتين ومن خلال ابحاثه استنتج الأتي:

- **تحتوي احجام متساوية من غازات مختلفة عند نفس درجة الحرارة والضغط على عدد متساو من الجزيئات. إذن يكون عدد الجزيئات**

في حجم معين من الغاز مستقلا عن حجم أو كتلة جزيئات الغاز ويساوى 6.023×10^{23} ويسمى عدد أفوجادرو

- **أذا أخذنا من كل غاز كتلة جرام جزيئى فأنه حجم الجرام الجزيئى فى معدل الضغط ودرجة الحرارة هى كمية واحدة لجميع الغازات = 22.4 لتر**

كمثال، يحتوي حجمين متساويين لذرتي الهيدروجين والنيتروجين على نفس عدد الجزيئات طالما كان لهم نفس الحرارة والضغط وملاحظة تصرفات الغازات المثالية عليهم.

في التطبيق العملي، يكون القانون تقريبيا فقط، إلا انه يوجد اتفاق على اعتبار هذا التقريب مفيدا.

الصيغة الرياضية للقانون هى:

$$\frac{V}{m} = R$$

حيث:

- **V:حجم الغاز.**
- **m: كمية المادة للغاز.**
- **R : ثابت الغاز.**

من أهم نتائج قانون أفوجادرو هي أن ثابت الغازات العام له نفس القيمة لكل الغازات. وبالتالي فإن الثابت يساوي:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1 \cdot n_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2 \cdot n_2} = constant$$

حيث:

- **p: ضغط الغاز.**
- **T: حرارة الغاز.**

تطبيقات آخرى على تمدد الأجسام الصلبة

1- **يراعى تمدد القضبان فى مد قضبان السكك الحديدية فتترك فواصل بينهما بتمددها حتى لا يحدث تقوس للخط الحديدى عند ارتفاع درجة الحرارة. وعيب هذه الفواصل هو احداث ارتجاج بالقاطرات ويفضل الآن الاستغناء عن هذه الفواصل والعنايه بتثبيت قطبى السكة الحديد تثبيتا قويا. اذ أن تثبيت القضبان على الأرض بصورة جيدة يمنع تقوص هذه القضبان بالرغم مما قد ينشأ من قوى التمدد.**
2- **يستفاد من قوة الانكماش الشديدة فى تطويق العجلات الخشبية بأطواق حديدية وتستعمل نفس الفكرة فى تطويق عجلات عربات السكة الحديدية بأطواق منالفولاذ.**
3- **تراعى أيضا خاصية التمدد فى عمل الكبارى فتجعل أطراف الكبارى غير مثبتة وتسند على عجل يسمح بتمددها دون أن تقتله العائق الذى ترتكز عليه.**
4- **يراعى التمدد أيضا فى المبانى الكبيرة والمنشات المدنية فتترك فواصل تسمح بالتمدد.**
5- **تصنع الأوانى الزجاجية التى تستعمل لتسخين السوائل من جدران رقيقة فتتحمل الحرارة وذلك لأن الزجاج ردئ التوصيل للحرارة فاذا استعمل وعاء زجاجى سميك فان الأجزاء المعرضة للهب تسخن وتتمدد قبل أن تصل الحرارة للأجزاء الداخلية زبذلك يتمدد السطح الخارجى بينما يبقى الداخل كما هو فينكسر الاناء. تستخدم**

أيضا لهذه الأغراض أنواع معينة من الزجاجيات تكون متميزة بمعامل تمدد ضئيل جدا مثل زجاج السيليكا والبيركس.

6- فى بعض الأجهزة الزجاجية يحتاج الأمر الى لحم أسلاك بها, لذا فان السلك الذى يلحم فى الزجاج بحيث أن يكون معامل تمدده مساويا لمعامل تمدد الزجاج حتى يظل الالتحام جيدا فى درجات الحرارة المختافة ويستعمل كثيرا فى هذه الأغراض مادة البلاتين. وقد أستعيض عنه حاليا بسبيكة أرخص مكونة من النيكل والصلب.

أمثلة محلولة ومسائل

مثال(1):

يظهر طول قضيب بأنه 50سم فى درجة الصفر المئوى, ما هو الطول الحقيقى للقضيب فى درجة 20م اذا كان معامل التمدد الطولى لمادة القضيب 0.000012/درجة مئوية

الحل

$$L = L_0(1+\sigma T_1)$$

=50(1+0.000012×20)

=50.01 cm

مثال(2):

صفيحة من الصلب طولها 80 سم وعرضها 50 سم فى 10 درجة مئوية احسب مساحتها فى 100 درجة مئوية علما بأن معامل التمدد الطولى للصلب= 0.000011 /درجة مئوية

الحل

معامل التمدد السطحى = ضعف معامل التمدد الطولى

$$\beta = 2o$$

=2×0.000011 =0.000022

$$S_2 = S_1\left(1+\beta(T_2 - T_1\right)$$

= (80×50){1+0.000022×(100-10)}

=4000{1+0.00198}

=4007.92 cm^2

مثال(3):

بندول ثوان يتركب من كرة صغيرة من البلاتين متصلة فى نهاية قضيب رفيع من النحاس الصفر, فاذا كان البندول يضرب الثوانى مضبوطة فى درجة الصفر . فما مقدار ما يؤخره فى اسبوع كامل بفرض أن متوسط درجة الحرارة كان 10 درجة مئوية علما بأن معامل تمدد النحاس الأصفر= 1.9×10^{-5} /درجة كئوية

الحل

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{2} o \Delta T$$

= ½ ×1.9×10^{-5} {7×24×60×60}×10

=57.5 sec

مثال 4

سلك من الصلب قطره 2 مم مثبت وهو فى درجة 20 درجة مئوية بين نقطتين المسافة بينهما 3 متر فما مقدار الشد الذى يقع علية السلك علما بأن:

معامل ينج لمادة السلك =2.1×10^{12}

معامل التمدد الطولى لمادة السلك = 0.000011 /درجة

الحل

$$Y = \frac{F}{A} \frac{1}{\sigma(T_2 - T_1)}$$

قم بالتعويض على القيم المعلومة لتحصل على

$$F = 14.507 \times 10^{6} dyne$$

مثال 5

فى تجربة دوينج ويبتى كان أرتفاع العمود البارد هو 60 سم فى درجة 4 مئوية وأرتفاع العمود الساخن هو 60.5 سم فى درجة 95 درجة مئوية فما قيمة معامل التمدد الحجمى للسائل

الحل

$$\frac{h_1 - h_0}{h_0\left(T - T_0\right)} = \Phi$$

بالتعويض يمكن الحصول على المطلوب ويساوى 0.000092 /درجة مئوية

الباب الثالث

انتقال الحرارة
Heat Transfer

مقدمة. 53
أولا : طرق انتقال الحرارة بالتوصيل خلال الأجسام الصلبة: 53
ثانيا: أيجاد معامل التوصيـــل لمادة رديئة التوصيل الحرارى على شكل قرص:
..... 57
ثالثـــا: أيجاد معامل التوصيل الحراري لمادة رديئة التوصيل على شكل أنبوبة: 60
4- انتقال الحرارة خلال طبقة بين كرتين متحدتين فى المركز: 61
مسائل محلولة:..... 68
الإشعاع الحراري..... 71
1-انتقال الحرارة بالإشعاع الحراري: 71
قياس شدة الأشعاع الحرارى:..... 79
انتقال الحرارة بالحمل:- 81

1 . مقدمة

تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد بإحدى الطرق الثلاث:

التوصيـــــل Thermal Conduction

الحمل Thermal Convection

الإشعاع Thermal Radiation

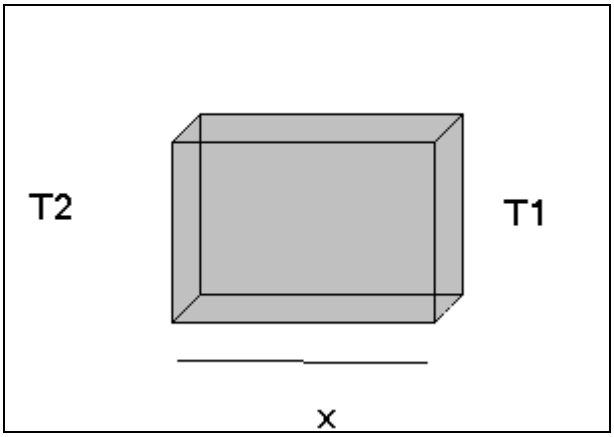
سوف نتناول فى هذا الباب الطرق الثلاث لانتقال الحرارة والشرح يكون مصحوبا بالمعادلات و الرسومات البيانية.

أولا : طرق انتقال الحرارة بالتوصيل خلال الأجسام الصلبة:

يمكن للحرارة أن تنتقل من وسط إلى آخر دون الحاجة إلى تيارات حمل لنقلها, وذلك عند تلامس الوسطين ويتم انتقال الحرارة بفعل جزيئات الوسطين؛ فمن المعروف أن طاقة حركة الجزىء تتناسب طرديا مع درجة الحرارة . ولما كانت جزيئات المادة مترابطة بواسطة قوى كبيرة بينية , لذلك عندما يسخن جزىء من المادة تزداد سعة حركته فينتقل جزء من طاقته للجزىء المجاور, وهكذا يحدث بالنسبة للجزىء المجاور فتنتقل طاقة حركة الجزيئات من جانب ساخن إلى آخر بارد, وتنتشر بذلك الحرارة حتى الوصول إلى حالة الاتزان الحرارى. ولكى ندرس التوصيل الحرارى للأجسام يجب أن نعرف أولا ثابتا يميز المادة من ناحية طبيعتها الحرارية , هذا الثابت هو معامل التوصيل الحرارى

2. العلاقة الرياضية لمعامل التوصيل الحرارى:

نفرض أن مكعبا طول حرفة x مساحة أحد وجهيه A درجة حرارة الوجهين المتقابلين هما T_2 و T_1 بحيث $T_2>T_1$ لذا يحدث توصيل فى أتجاه درجة الحرارة الأقل:



$$H \alpha T_2 - T_1$$
$$H \alpha A$$
$$H \alpha \frac{1}{x}$$
$$H \alpha t$$
$$H \alpha \frac{T_2 - T_1}{x} At$$
$$H = \lambda \frac{T_2 - T_1}{x} At$$

يكون ثابت التناسب يسمى معامل التوصيل الحرارى مميزا للمادة من ناحية طبيعتها الحرارية

$$\lambda = \frac{H}{A \frac{T_2 - T_1}{x} t}$$

ومن العلاقة السابقة يمكن تعريف معامل التوصيل الحرارى بأنه كمية الحرارة التى تمر فى الثانية خلال مكعب طول ضلعة الوحدة عندما يكون الفرق بين درجتى حرارة وجهيه واحد درجة مئوية فى حالة ثابتة

المقدار T_2-T_1/x يسمى بالانحدار الحراري أو الميل الحرارى وأذا كانت dT هى الفرق بين درجتى الحرارة للمسافة dx يكون الميل الحرارى dT/dx وبذلك يمكن كتابة المعادلة السابقة فى الصورة:

$$\frac{dH}{dT} = -\lambda A \frac{dT}{dx}$$

والأشارة السالبة تعنى أن dT تقل قيمتها كلما زادت dx

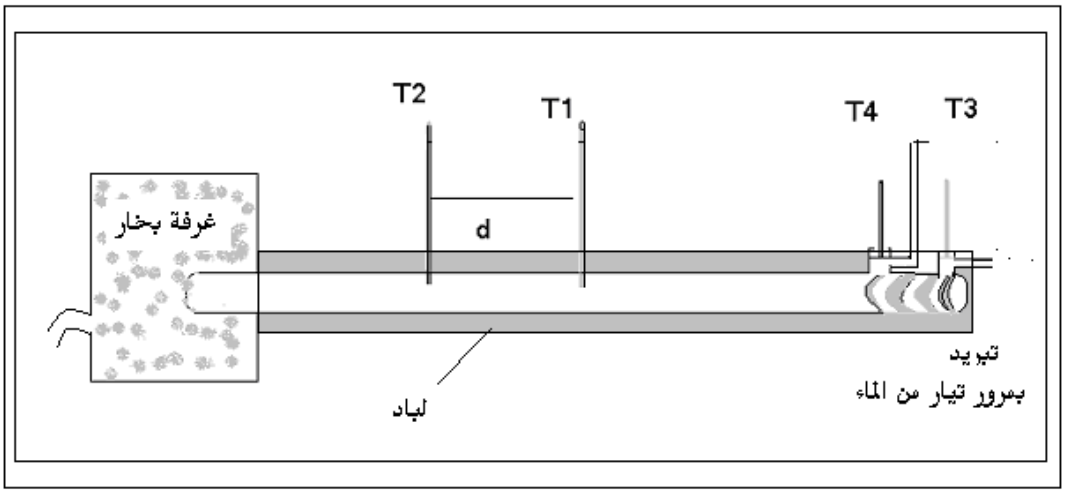
3. طرق قياس معامل التوصيل الحرارى للمواد:

تختلف الطرق المستخدمة فى قياس معاملات التوصيل الحرارى للمواد, نظرا لاختلاف طبيعتها الحرارية فهناك مواد جيدة التوصيل الحرارى مثل الفلزات والمعادن, وهناك مواد عازلة حراريا أو رديئة التوصيل كالزجاج, بسبب هذا الاختلاف الكبير يتم اختيار طريقة قياس مناسبة فى كل حالة, وقد تعتمد الطريقة أيضا على شكل المادة تحت الاختبار كما سيتضح فيما بعد.

من الملاحظ فى عملية التوصيل الحرارى أن التيار الحرارى تقل شدته تدريجيا مع الزمن, حتى تتساوى جميع الأجزاء فى درجة الحرارة ما لم يكون مصدر الحرارة ثابتا لتغذية التيار الحرارى. (ودرجة حرارة الأجزاء) المختلفة من الجسم قد تختلف عن بعضها البعض, وفقا لقربها أو لبعدها عن المصدر الحرارى, مع ثبوت درجة الحرارة لهذه الأجزاء عند الوصول لحالة الاتزان الديناميكى الحرارى, ويكون عندئذ الميل الحرارى داخل الجسم ثابتا.

أولا **: طريقة سيرل لتعيين معامل التوصيل الحرارى لمادة جيدة التوصيل الحرارى:**

فى هذه التجربة يسخن طرف قضيب من النحاس بواسطة مصدر حراري كغرفة بخار مثلا أو بواسطة سلك تسخين بمرور تيار كهربى (انظر الشكل)



تنتقل الحرارة داخل القضيب ويتكون ميل حراري بين أجزائه المختلفة , وتمتص الحرارة التى توصل إلى الطرف الأخر للقضيب بواسطة تبريد ملامسه له , أو عن طريق مجموعة من الأنابيب المعدنية ملفوفة حوله ويمر بها تيار ماء بارد , إذا قيست درجة حرارة الماء قبل دخولها أنابيب التبريد وبعد خروجها منها , وبمعرفة معدل مرور الماء – أى ـــ كتلة الماء المارة فى الثانية يمكن قياس معدل التوصيل الحرارى , وذلك بضرب معدل مرور الماء فى الزيادة فى درجة حرارة ماء التبريد عند خروجه من الأنابيب

ولتفادى ضياع أى كمية حرارية بأى طريق أخر خلاف التوصيل داخل القضيب يغلف القضيب بمادة عازلة حراريا كاللباد.

ويقاس الميل الحرارى داخل مادة القضيب بواسطة ترمومترين T_1 وT_2 موضوعين على بعد d cm من بعضهما داخل مادة القضيب , عندما يسخن طرف القضيب A بإمرار البخار تنتقل الحرارة داخل مادة القضيب بالتوصيل , ويمتصها الماء المار فى أنابيب التوصيل حول طرف القضيب B , فترفع درجة حرارة تيار الماء من T_3 عند دخولها الأنابيب إلى T_4 بعد خروجها منها.

عند الاتزان الحرارى تتساوى كميتا الحرارة المارة بالتوصيل خلال القضيب مع كمية الحرارة التى امتصها الماء , فإذا كانت كتلة الماء المارة فى الثانية هى m

gm يكون معدل امتصاص الحرارة هو $m\ (T_4 - T_3)$, وإذا كان r هو نصف قطر القضيب تكون المساحة التى يمر خلالها تيار الحرارة هى πR^2
وبتطبيق قانون التوصيل الحرارى يكون:

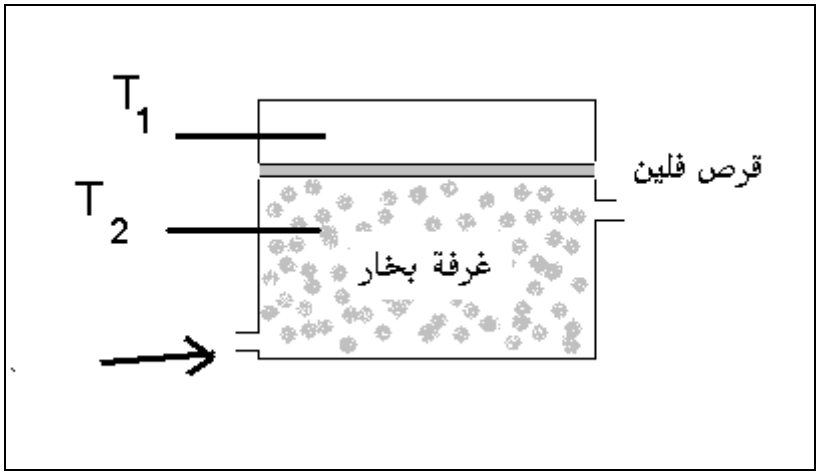
$$m\ (T_3 - T_4) = -\lambda \pi r^2 (\frac{T_2 - T_1}{d}).t$$

ومن المعادلة يمكننا حساب معامل التوصيل الحرارى λ لمادة القضيب.
و إذا كان التسخين بواسطة أسلاك التسخين الكهربائية , نوجد معدل توليد الطاقة الحرارية داخل سلك التسخين , وهذا يساوى(IV\J) , حيث I شدة التيار , V الجهد على طرفى السلك J هو المكافىء الكهربائى الحرارى , وتصير معادلة.

$$\frac{IV}{J} = -\lambda \pi r^2 (\frac{T_2 - T_1}{d}).t$$

ثانيا: أيجاد معامل التوصيـــل لمادة رديئة التوصيل الحرارى على شكل قرص:

الطريقة السابقة لا تصلح لإيجاد معامل التوصيل الحرارى لمادة رديئة التوصيل مثل قرص من الفلين وذلك لأن طول القضيب مع رداءة التوصيل الحرارى له يعملان على منع الحرارة تماما من الوصول الى انابيب التبريد ولذلك يستعمل جهاز يسمى لى حبث تكون المادة على هيئة قرص رقيق يحفظ أحد وجهيه عند درجة حرارة مرتفعه فيمر تيار حرارى خلال سمكه وتكون كمية الحرارة المارة بقدر كافئ يمكن قياسها أنظر الشـــكل

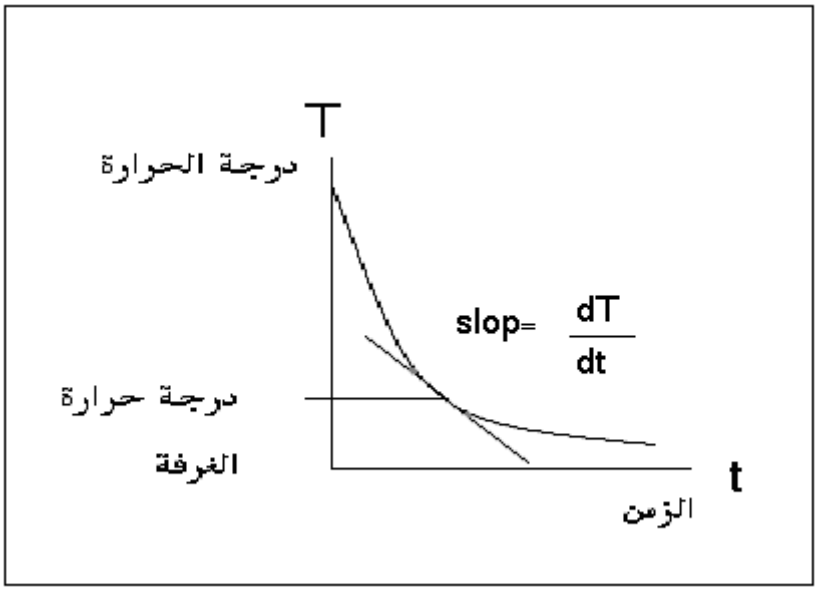


الجهاز المستخدم كما واضح بالشكل يتكون من أسطوانة مفرغة يمر بها بخار الماء وموضوع بها ترمومتر لقياس درجة الحرارة بداخلها. يوضع فوق الغرفة قرص الفلين المراد أيجاد معامل التوصيل له. يوضـــع فوق قرص الفلين قرص مصمت به ثقب يسمح بوضع ترمومتر لقياس درجة الحرارة T2

نمرر بخار الماء فى الغرفة لوقت كافي للوصول إلى حالة الاتزان. فى هذه الحالة يتساوى كمية الحرارة المارة بالتوصيل خلال قرص الفلين مع كمية الحرارة التى يفقدها القرص المعدنى للجو

لقياس معدل التبريد للقرص المعنى يتبع الخطوات الآتية:

1. **يرفع القرص المعدنى من الغرفة البخارية**
2. **ترفع درجة حرارته 5 درجات مئوية عن الدرجة التى وصل اليها فى حالة الاتزان**
3. **يترك القرص ليبرد تحت ظروف التجربة الى ان يصل الى درجة حرارة أقل 5 درجات من درجة حرارة الأتزان الحرارى**
4. **يسجل درجة حرارة التبريد مع الزمن**
5. **يرسم منحنى التبريد (أنظر الشكل)**



بمعرفة كتلة القرص المعدنـى m وحرارته النوعية C يكون

$$mC\frac{dT}{dt} = -\lambda AR$$

أذا كان سمك قرص الفلين d ونصف قطره r يكون:

$$A = \pi r^2$$

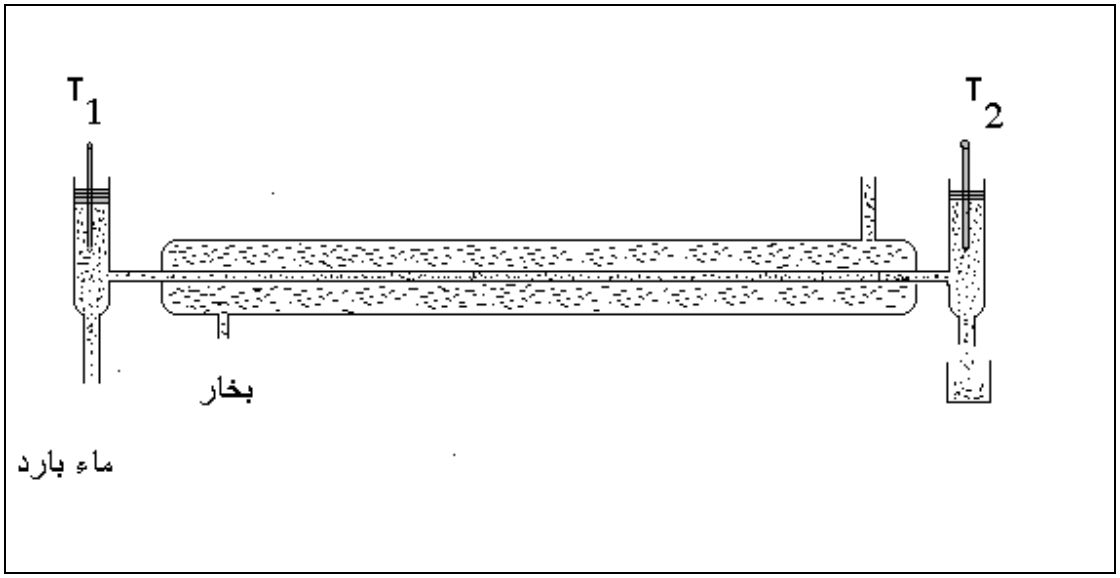
$$R = \frac{T_2 - T_1}{d}$$

فتصبح المعادلة :

$$mC\frac{dT}{dt} = -\lambda \pi r^2 \frac{T_2 - T_1}{d}$$

$$mC(Slop) = -\lambda \pi r^2 \frac{T_2 - T_1}{d}$$

ثالثـــا: أيجاد معامل التوصيل الحراري لمادة رديئة التوصيل على شكل أنبوبة:
الهدف هو تعيين معامل التوصيل الحراري لأنبوبه نصف أقطارها الداخلية والخارجية هى على الترتيب r_1 r_2 . تحاط الأنبوبة بغلاف يمر بداخله بخار ماء يكون كمصدر حراري للتوصيل فى جدار الأنبوبة. يمر بداخل الأنبوبة تيار منتظم من الماء البارد (يقاس درجة حرارة الماء الداخل ودرجة حرارة الماء الخارج $(T_1$ T_2



تنتقل الحرارة خلال السطح الخارجى للأنبوبة والملامس للبخارالى السطح الداخلى لها والملامس للماء البارد . يسخن تيار الماء البارد المار داخل الأنبوبة وترتفع درجة حرارته الى أن تصل الى حالة الاتزان الحرارى.

1. معدل التوصيل الحرارى : بفرض أن معدل سريان الماء فى الأنبوبة هو m جرام فى الثانية الواحدة يكون معدل التوصيل الحرارى:

$$\frac{dH}{dt} = m \times 1(T_2 - T_1)$$

2. الميل الحرارى للأنبوبة يتغير من مكان الى آخر على طول الأنبوبة . حيث ترتفع درجة من T_1 عند نقطة دخول الماء الى T_2 عند نقطة الخروج. فبالتالي يكون الميل الحرارى:

$$\frac{100-T_1}{r_2-r_1}$$ **عند مدخل الماء فى الأنبوبة**

$$\frac{100-T_2}{r_2-r_1}$$ **عند خروج الماء من الأنبوبة**

حيث r_2-r_1 هو سمك الأنبوبة يكون القيمة المتوسطة للميـــل الحرارى:

$\frac{100-T}{r_2-r_1}$ **حيث** $T=\frac{T_1+T_2}{2}$

3. حساب المساحة التى يمر خلالها الحرارة نجد أن مساحة السطح الساخن للأنبوبـة والملامـس للبخـار هـو $2\pi r_2 L$ بينمـا مسـاحة السـطح الـداخلى الملامس للماء البارد $2\pi r_1 L$ حيث L هو طول الأنبوبـة . يكون المسـاحة المتوسطة $2\pi rL$ حيث $r=\frac{r_1+r_2}{2}$ **:**

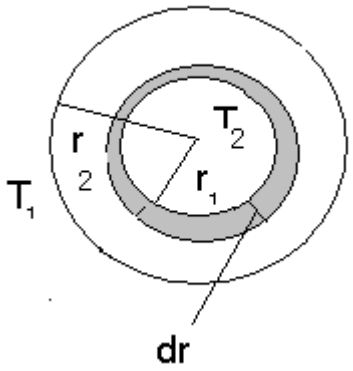
من 1 و 2 و3 والتعويض فى معادلة التوصيـــل الحرارى:

$$m(T_2-T_1)=\lambda 2\pi rL\frac{100-T}{r_2-r_1}$$

ومنها يمكننا أيجاد معامل التوصيل

4- انتقال الحرارة خلال طبقة بين كرتين متحدتين فى المركز:

نعتبر كرتين نصفى قطراهما r_2 و r_1 فأذا كانت درجة حرارة سطحيهما T_2 و T_1تنتقل الحرارة من الداخل الى الخارج حيث $T_2>T_1$. نأخذ مقطعا كريا سمكه dr (أنظر الشكل)



كمية الحرارة المنتقلة فى الثانية الواحدة تكــون:

$$H = -\lambda A \frac{dT}{dr}$$

ولكن مساحة الكرة يعبر عنها:

$$A = 4\pi r^2$$

فيكون:

$$\frac{dr}{r^2} = -\frac{4\lambda\pi}{H} dT$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = -\frac{4\lambda\pi}{H} \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$\left[\left(\frac{1}{r_1}\right) - \left(\frac{1}{r_2}\right)\right] = \frac{4\pi\lambda}{H}(T_2 - T_1)$$

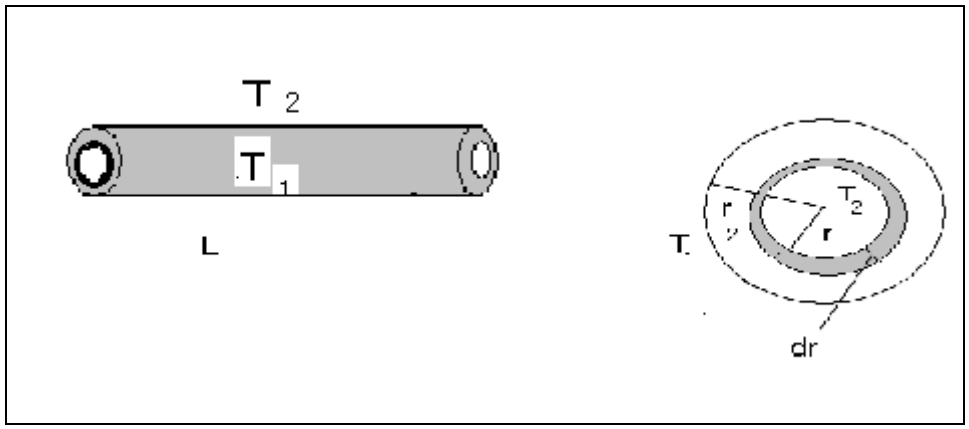
$$\lambda = \frac{H(r_2 - r_1)}{4\pi r_2 r_1 (T_2 - T_1)}$$

5-انتقال الحرارة خلال جدران أنبوبة أسطوانيه:

نعتبر أسطوانة كما بالشكل – نصفا قطريها الداخلى والخاجى هما r_1, r_2 وأن درجتى حرارة هذين السطحين هما T_1 وT_2 على التوالى حيث $T_1>T_2$

ولنفرض أن L طول الأنبوبة

ولنأخذ قشرة صغيرة سمكها dr . وحيث أن القشرة سمكها صغير جدا فاننا نستطيع أعتبار أن القشرة كما لو كانت متساوية السطحين الداخلى والخارجى



باستخدام معادلة التوصيل السابقة :

$$\frac{dH}{dt} = -\lambda A \frac{dT}{dr}$$

$$A = 2\pi rL$$

بالتعويض :

$$\frac{dH}{dt} = -2\pi\, Lr\lambda(\frac{dT}{dr})$$

فى حالة الأتزان يكون dH/dt قيمة ثابته . أى أن:

$$a = -r\frac{dT}{dr}$$

$$a\int\frac{dr}{r} = \int dT$$

$$b + a\log r = T$$

$$T = a\log r + b$$

نجد أن b ثابت آخر. لأيجاد قيمة هذا الثابت نطبق حدود المسألة وهى:

$T=T_1$ when $r=r_1$

$T=T_2$ when $r=r_2$

فيكون:

$$b + a\ \log r_1 = T_1$$

$$b + a\ \log r_2 = T_2$$

وبطرح المعادلتين :

$$T_1 - T_2 = a\log\frac{r_1}{r_2}$$

$$a = \frac{T_1 - T_2}{\log\frac{r_1}{r_2}}$$

وبالتالى يكــون:

$$r\frac{dT}{dr}=\frac{T_1-T_2}{\log(r_1/r_2)}$$

بالتعويض :

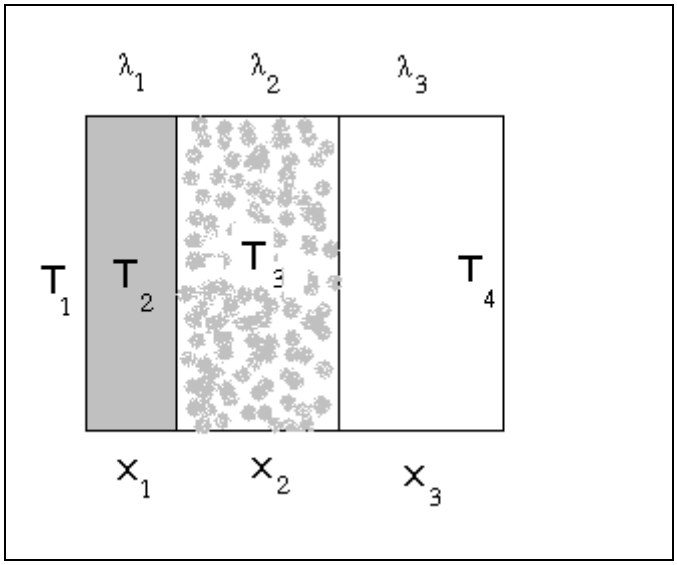
$$\frac{dH}{dt}=-2\pi L\lambda\frac{T_1-T_2}{\log(r_1/r_2)}$$

المقدار dH/dt هى كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل فى خلال مادة الأنبوبة وبالتالى يكون:

$$\boldsymbol{H}=-2\pi\boldsymbol{L}\lambda\frac{\boldsymbol{T}_1-\boldsymbol{T}_2}{\log(r_1/\boldsymbol{r}_2)}\,t$$

6-انتقال الحرارة خلال جدار مستوى مكون من طبقات مختلفة السمك:

نفرض أن جدار مكون من عدة طبقات سمكها على الترتيب x_1 x_2 x_3 وأن معاملات التوصيل الحرارى لها هى $\lambda_1\ \lambda_2\ \lambda_3$ على الترتيب وأن مساحة السطح هى A وأن درجة حرارة الأوجه هى $T_1>T_2>T_3>T_4$



تنتقل الحرارة من السطح ذو درجة الحرارة الأعلى الى السطح ذو درجة حرارة أقل . وتستمر أنتقال الحرارة حتى الوصول الى نقطة الأتزان الحراري . عند هذه النقطة تنتقل الحرارة بمعدل ثابت:

بالرجوع الى معادلة انتقال الحرارة بالتوصيل يكون:

$$\frac{dH}{dt} = -\lambda_1 A \frac{T_1 - T_2}{x_1}$$

$$\frac{dH}{dt} = -\lambda_2 A \frac{T_2 - T_3}{x_2}$$

$$\frac{dH}{dt} = -\lambda_3 A \frac{T_3 - T_4}{x_3}$$

أى أن:

$$-\frac{dH}{dt}\frac{x_1}{\lambda_1 A} = T_1 - T_2$$

$$-\frac{dH}{dt}\frac{x_2}{\lambda_2 A} = T_2 - T_3$$

$$-\frac{dH}{dt}\frac{x_3}{\lambda_3 A} = T_3 - T_4$$

بجمع هذه المعادلات الثلاث الأخيـــــرة يمكن أيجاد H:

$$T_1 - T_4 = \frac{dH}{dt}\left[\frac{x_1}{\lambda_1 A} + \frac{x_2}{\lambda_2 A} + \frac{x_3}{\lambda_3 A}\right]$$

مسائل محلولة:

1- الفرق بين درجتى حرارة وجهين متقابلين لصفيحة معدنية سمكها 2 مم يساوى 100 درجة مئوية فأذا كانت مساحة الصفيحة 200 سم2 فأحسب كمية الحرارة التى تمر خلال الصفيحة فى الدقيقة الواحدة علما بأن معامل التوصيل الحرارى لمادة الصفيحة يساوى 2. سعر/سم درجة ثانية.

الحل:

من العلاقة:

$$H = -\lambda A \frac{T_2 - T_1}{x}.\mathrm{t}$$

0.2×200×100/0.2×60

cal

2-يتكون حائط غرفة من طبقات متوازية ملتصقة من الأسمنت والطوب والخشب سمكها 2 23 . 1 سم على الترتيب فأذا كانت درجة حرارة الهواء -5 درجة مئوية ودرجة حرارة الغرفة 20 درجة مئوية فأحسب كمية الحرارة التى تنتقل بالتوصيل فى الدقيقة من كل متر مربع من الحائط علما بأن معاملات التوصيل الحرارى للأسمنت والطوب والخشب هى: 7×10^{-4} و 6×10^{-3} و4×10^{-4} على الترتيب

الحل:

بأستخدام العلاقة

$$T_1 - T_4 = \frac{H}{t}\left[\frac{x_1}{\lambda_1 A} + \frac{x_2}{\lambda_2 A} + \frac{x_3}{\lambda_3 A}\right]$$

$$20+5 = \frac{H}{60}\left[\frac{2}{0.0007\times10^4} + \frac{23}{0.006\times10^4} + \frac{1}{0.0004\times10^4}\right]$$

25 =H/60[0.286+0.383+0.250]

25 =(H/60)(0.919)

150 =H X0.919

H 163.22

3- أحسب كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل فى الساعة خلال المادة المحصورة بين كرتين متحدتين فى المركز قطراهما 4 و 6 سم أذا علم أن درجتى حرارة سطحى الكرتين هما 100 و 40 درجة مئوية على الترتيب وأن معامل التوصيل الحرارى للمادة يساوى 3×10^{-4} سعر/ث م

الحل

من العلاقة التى تحسب كمية الحرارة المنتقلة فى الثانية الواحدة:

$$H = 4\pi r_2 r_1 \lambda \frac{T_2 - T_1}{(r_2 - r_1)}$$

كمية الحرارة النتقلة فى الساعة

$$H = \left[4 \times 3.14 \times 2 \times 3 \times 0.0003 \times \frac{100-40}{(3-2)} \right] \times 60 \times 60$$

H=4885.8 cal.

4- يمر تيار من الماء فى أنبوبة طولها 30 سم بمعدل 165 سم3 فى الدقيقة وكانت درجة حرارة الماء عند دخول الأنبوبة 20 درجة مئوية ودرجة الماء عند الخروج 40 درجة مئوية وكان يحيط بالأنبوبة من الخاج بخار ماء درجة حرارته 100 درجة مئوية .فأذا كان نصف قطرى الأنبوبة الداحلى والخاجى هما 6 و 8 مم فأوجد معامل التوصيل الحرارى لها.

الحل

$$m(T_2 - T_1) = \lambda 2\pi r L \frac{100-T}{r_2 - r_1}$$

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2} = \frac{0.8+0.6}{2} = 0.7$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{40+20}{2} = 30\,\mathrm{c}$$

=165×1×(40-20)=λ×2×3.14×0.7×30×(100-30)/(0.8-0.6) ×60

λ =0.0092 cal/cm/deg/sec

5-قضيب معدنى معامل توصيله يساوى 9. سعر/سم/درجة/ثانية وطولـه 25 سم ومساحة مقطعه 10 سم2 حفظت أحدى طرفيه عند درجة حرارة 100 درجة مئوية بينما بردت نهايته الأخرى بتيار من الماء يمر فى أنابيب تبريد تحيط بها. كانت درجة حرارة الماء الداخل 14 درجة مئوية أوجد معامل سرعة الماء أذا فرضنا أن درجة حرارة طرف القضيب لا تزيد عن 20 درجة مئوية

الحل

من العلاقة:

$$m\,(\mathrm{T}_3 - T_4) = -\lambda \pi r^2 \left(\frac{T_2 - T_1}{d}\right).t$$

الإشعاع الحراري

1-انتقال الحرارة بالإشعاع الحراري:

تعريف الإشعاع الحراري:يعرف بأنه إشعاع له نفس طبيعة الموجات الضوئية إلا أن طولـه الموحى يقع فى منطقة الأشعة تحت الحمراء وهو ينبعث من جميع الأجسام بتأثير درجات حرارتهم سواء من السوائل والأجسام الصلبة

تنتقل الحرارة من الأجسام الساخنة الى الفراغ بواسطة الإشعاع دون الحاجة الى وسط ناقل للحرارة كما هو الحال فى التوصيل أو الحمل . انتقال الحرارة من قرص الشمس الى الأرض خلال ملايين الاميال مثال لأنتقال الحرارة بالإشعاع. جدير بالذكر أن نقول انتقال الحرارة بالإشعاع أسرع من انتقالها بالتوصيل والحمل وذلك لأن سرعة الأشعاع هى سرعة الضوء

2- نظرية التبادل الحرارى لبريفوست:

يتعرف الإشعاع الحراري بكميته ونوعه. نوع الإشعاع الصادر من جسم ساخن يتوقف على درجة حراته فقط وليس على طبيعة سطحه المشع. فمن المعروف أنه اى جسم ترتفع درجة حرارته الى حوالى 550 درجة مئوية يبدأ فى الأحمرار وأرسال أشعة منظورة مهما كانت مادته أو طبيعة سطحه

تعالج نظرية بريفوست التبادل الحرارى بين الأجسام الساخنة والأوساط المحيطة بها فأى جسم درجة حرارته فوق الصفر المئوي يشع كمية من الحرارة للوسط المحيط به كما يستقبل فى نفس الوقت كمية أخرى من الحرارة صادرة من نفس هذا الوسط ويستمر هذا التبادل الحرارى حتى تتساوى كميتا الأشعة الصادرة من الجسم والواردة اليه من الوسط ويقال عندئذ أن الجسم والوسط فى حالة أتزان حرارى

3- قانون كيروشوف:

ينص قانون كيروشوف على أنه عند أى درجة حرارة تكون النسبة بين قدرة الانبعاث إلى قدرة الامتصاص لسطح جسم ما مقدار ثابتا ،لا يتوقف على طبيعة سطح الجسم ولكن فقط على درجة حرارته وطول الموجه ألمشعه , يساوى هذا الثابت قوة الانبعاث لجسم تام السواد.

ولإثبات هذا القانون نفرض حيزا معزولا حراريا عن كل ما يحيط به , وموجود داخل هذا الحيز كمية من إشعاع حرارى له درجة حرارة وطول موجه معين , تساوى شده هذا الإشعاع I قدرة الانبعاث E من جسم أسود له نفس درجة الحرارة, أى أن : E = I

فإذا وضع جسم ما داخل هذا الحيز يتم الوصول إلى حالة الاتزان الحرارى عندما تتساوى كميتا الحرارة الممتصة والمشعة من الجسم , فإذا كان معامل الامتصاص a_λ وقدرة الانبعاث للجسم C_λ يكون معدل الامتصاص من وحدة المساحة a_λ ومعدل الانبعاث من وحدة المساحة e_λ أى أن : $a_\lambda . I = e_\lambda$

$$E = \frac{e_\lambda}{a_\lambda}$$

وهذا يثبت قانون كيرشوف , ولهذا القانون نتائج هامه هى :

1- الإشعاع الحرارى لا يتوقف على طبيعة وشكل الحيز يحتويه كما أنه لا يتأثر إطلاقا بوجود أى جسم بداخله طالما ظلت حالة الاتزان الحرارى قائمه.

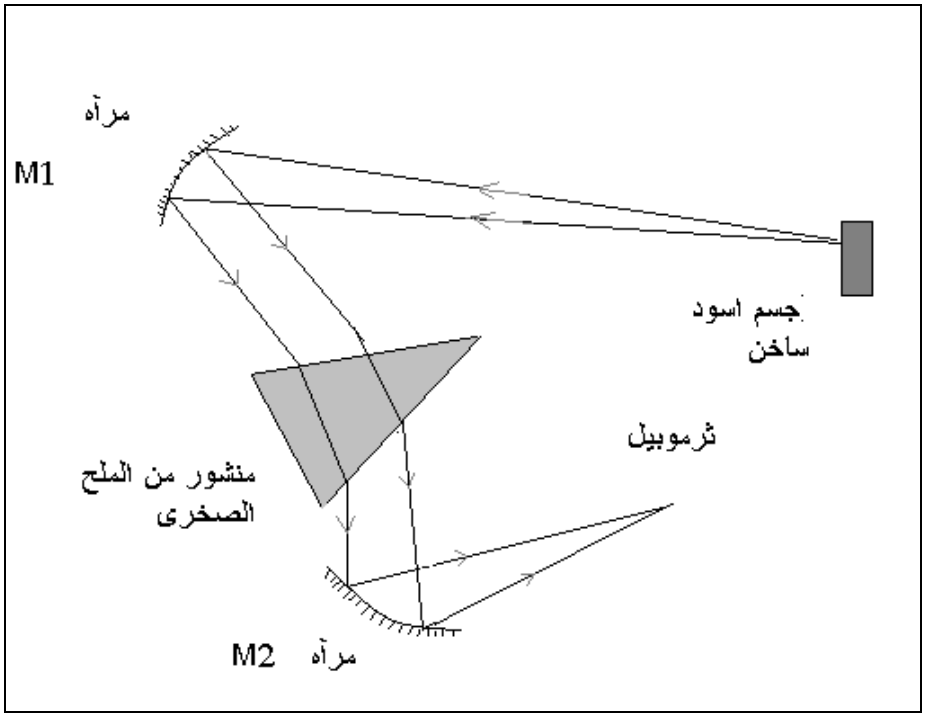
2- إذا كان جسم ما قادرا على امتصاص إشعاع له طول موجه معينه , عندما تكون درجة حرارته منخفضة , فإنه يكون أيضا قادرا على بعثها عندما ترفع درجة حرارته.

فمثلا إذا أحضرنا كرة من البلاتين المصقول مثبت عليها قطعة صغيرة من البلاتين الأسود , تعكس الكرة معظم الأشعة الساقطة عليها عند درجات الحرارة المنخفضة فتظهر لامعة بينما تمتص قطعة البلاتين الأسود كل الأشعة الساقطة عليها فتبدو مظلمة ، أما إذا رفعت درجة الحرارة بحيث تصبح الكرة قادرة على الإشعاع فى منطقة الأشعة المنظورة , نجد أن قطعة البلاتين السوداء قد أصبحت شديدة التوهج والبياض , بينما تحولت الكرة كلها إلى اللون المعتم , وهذا يدل على أن البلاتين الأسود الذى كان قادرا على امتصاص جميع الأشعة الساقطة عليه ، عندما يكون باردا يصبح قادرا على بعث الاشعة المرئية بدرجة كبيرة , عندما يصبح ساخنا فيظهر مضيئا بينما يحدث عكس ذلك للبلاتين المصقول , وهذا يثبت عمليا صحة قانون كيرشوف.

خواص الإشعاع الحرارى :

درست خواص الإشعاع من ناحية توزيع الطاقة على أطوال الموجه المختلفة فى المدى الكلى لإشعاع الجسم التام السواد , وقد استخدم فى ذلك سبكترومتر الأشعة تحت الحمراء المبين فى الشكل ، ويتركب من مصدر إشعاع حرارى كجسم أسود ساخن , تخرج منه الأشعة لتسقط على مرآة M_1 تعكس حزمة متوازية من الأشعة , على منشو من الملح الصخرى الذى لا يمتص الأشعة الحرارية المارة فيه ,وإنما يحللها طيفيا ثم يعكس على مرآة M_2 لتجميع

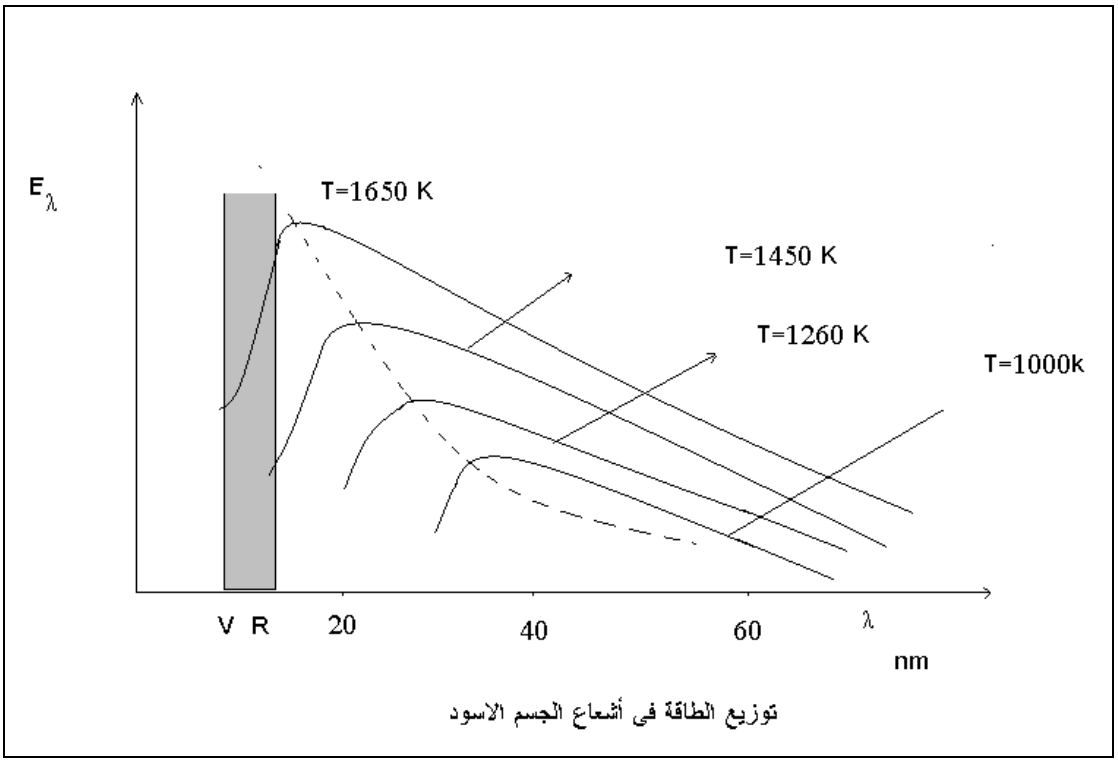
الأشعة عند جهاز الترموبيل ، لتسجيل شدة الإشعاع الحرارى عند أطوال الموجات المختلفة فى منطقة الأشعة تحت الحمراء.



يبين الشكل توزيع الطاقة فى إشعاع الجسم الأسود E_λ مع طول الموجه λ عند درجات الحرارة المختلفة , ويلاحظ أن الطاقة تزداد كلما ازداد طول الموجة فى منطقة تحت الحمراء , ثم تصل إلى قيمة قصوى تبدأ بعدها الطاقة فى الانخفاض بازدياد طول الموجة , ويزداد طول الموجة المناظر لأكبر قيمة للطاقة E_λ كلما قلت درجة الحرارة , وتتناسب عكسيا مع درجة الحرارة طول الموجة λ_{max} التى يكون عندها الجسم مشعا لأكبر كم من الطاقة الحرارية , ويعرف هنا القانون باسم مكتشفة فين , ويأخذ قانون الإزاحة لفين الصورة الرياضية التالية :

$$\lambda_{max} . T = 0.29$$

ويبين المنحنى المنقط فى الشكل المحل الهندسى لجميع نقاط القمة فى المنحنيات بين E_λ , λ عند درجات الحرارة المختلفة.



توزيع الطاقة فى أشعاع الجسم الاسود

قانون ستيفان:

أذا أعتبرنا المنحنى الذى يمثل العلاقة بين E_λ و λ تكون الطاقة الكلية المشعة من وحدة المساحات من الجسم الساخن فى الثانية E

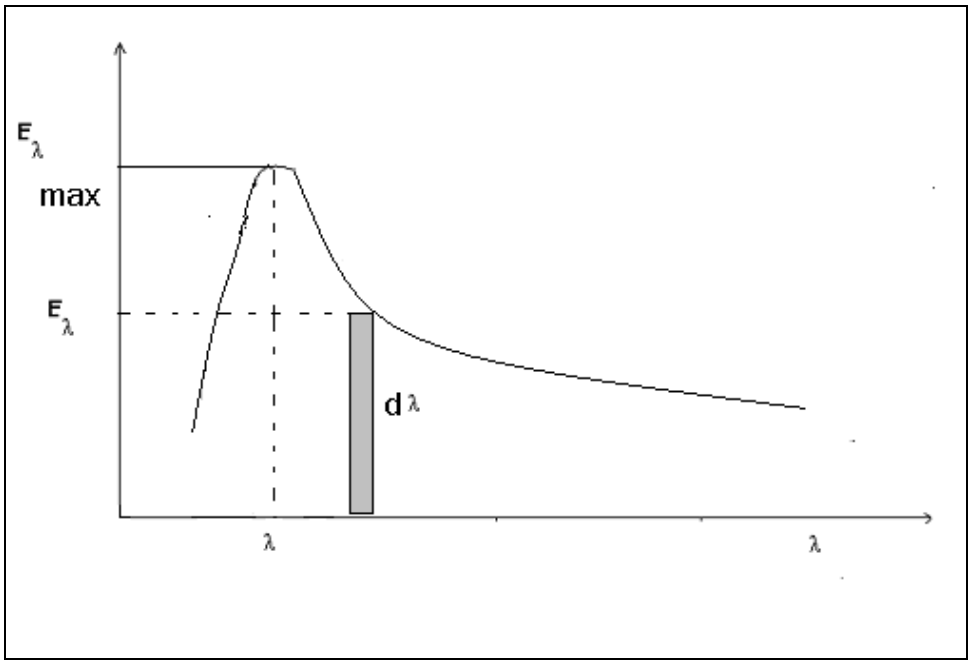
$$E(total) = \int E d\lambda$$

المساحة تحت المنحنى تمثل هذة القيمة وتتناسب مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة

$$E(total)\alpha T^4$$

$$E(total) = \sigma T^4$$

حيث σ ثابت ستيفان ويساوى 5.67×10^{-8} وات/م^2/درجة$^{-4}$



مثال : طول فتيل مصباح كهربائي 5, مترا وقطرة 6×10^{-5} مترا فإذا كانت قدرة المصباح 60 وات فأوجد درجة حرارة الفتيل باعتبار أن الإشعاع من الفتيل الساخن يكافئ 80 % من أشعاع جسم أسود عند نفس درجة الحرارة

الحل

معدل الطاقة المشعة من الفتيل = معدل الشغل الكهربائي المبذول

$$0.8\times\sigma T^4\times A = 60$$

$$A=2\pi rh$$

$$0.8\times6\times10^{-5}\times T^4\times2\times3.14\times3\times10^{-5}\times0.5=60$$

$$T=1933\ K$$

الثابت الشمسى:

من أهم الثوابت فى موضوع الطاقة الشمسية هو الثابت الشمسى , ويعرف بكمية الطاقة الحرارية التى تسقط عموديا من الشمس على وحدة المساحات من سطح الأرض فى الثانية , ويدهى أن قيمته تتوقف على المكان الذى يقاس عنده , وأيضا على العوامل الخارجية المؤثرة على الإشعاع الشمسى , وقد وجد أن القيمة المتوسطة لهذا الثابت هى 1.94 سعر / سم^2 / دقيقة , وقد أمكننا بواسطة هذا الثابت تقدير درجة حرارة الشمس بتطبيق قانون ستيفان – بولتزمان عليها واعتبارها حسما ساخنا يشع حرارته فى الفراغ , نفرض أن درجة الحرارة المطلقة للشمس T K وأن نصف قطرها r وأن كمية الحرارة الكلية المشعة منها E , تكون

$$E = 4\pi r^2 \sigma T^4$$

حيث $4\ \pi\ r^2$ هى مساحة السطح الساخن المشع للشمس , إذا كانت المسافة بين الشمس والأرض D تكون الطاقة الكلية المشعة من الشمس موزعة فى جميع الاتجاهات , لتسقط على مساحة $4\ \pi\ D^2$ هى مساحة السطح الداخلى لكرة يكون مدار الأرض حول الشمس أحد مقاطعها (أنظر الشكل) كمية الحرارة الساقطة من الشمس على وحدة الأرض المساحات فى وحدة الزمن على سطح الأرض هى الثابت الشمسى K ويساوى :

$$K = \frac{E}{4\pi D^2} = \frac{4\pi r^2}{4\pi D^2}.\sigma T^4$$

$$\therefore K = \sigma \frac{r^2}{D^2} T^4$$

وبمعرفة نصف قطر الأرض وبعدها عن مركز الشمس بطرق فلكية , أمكن تعيين درجة حرارة الشمس بستة آلاف درجة تقريبا عند السطح.

مثال

أوجد درجة حرارة سطح الأرض بفرض أنها حالة اتزان حرارى إشعاعى مع الشمس , اعتبر نصف قطر الشمس 7×10^{8} متر وبعد الأرض عن الشمس 1.5×10^{11} متر , ودرجة الحرارة السطحية للشمس 6000 درجة.

الحل:

معدل الإشعاع من الشمس = σ × مساحة سطح الشمس × T_8^4

$$= \sigma \times 4\pi r_s^2 \times T_s^4$$

معدل الطاقة التى تصل لسطح الأرض هى :

$$\frac{\pi r^2{}_e}{4\pi r^2} \times \sigma \times 4\pi r_s^2 \times T_s^4$$

حيث r هو البعد بين الأرض والشمس , r_e هو نصف قطر الأرض πr_e^2 هى المساحة التى تسقط عليها أشعة الشمس عموديا على سطح الأرض (أنظر الشكل) معدل الإشعاع الصادر من الأرض هو

$$\sigma \times 4\pi r_e^2 . T_e^4$$

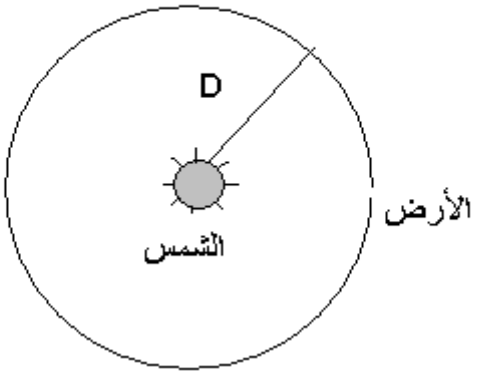
وباعتبار الاتزان حراريا بين الأرض والشمس

$$\sigma \times 4\pi r_e^2 . T_e^4 = \sigma \times 4\pi r_8^2 . T_s^4 \frac{\pi r_e^2}{4\pi r^2}$$

وبحذف r_e من المعادلات

$$T_e^4 = T_e^4 \frac{r_8^2}{4r^2}$$

$$\therefore T_e = 6000\left(\frac{7\times10^8}{2\times1.5\times10^{11}}\right)^{\frac{1}{2}} = 290K$$



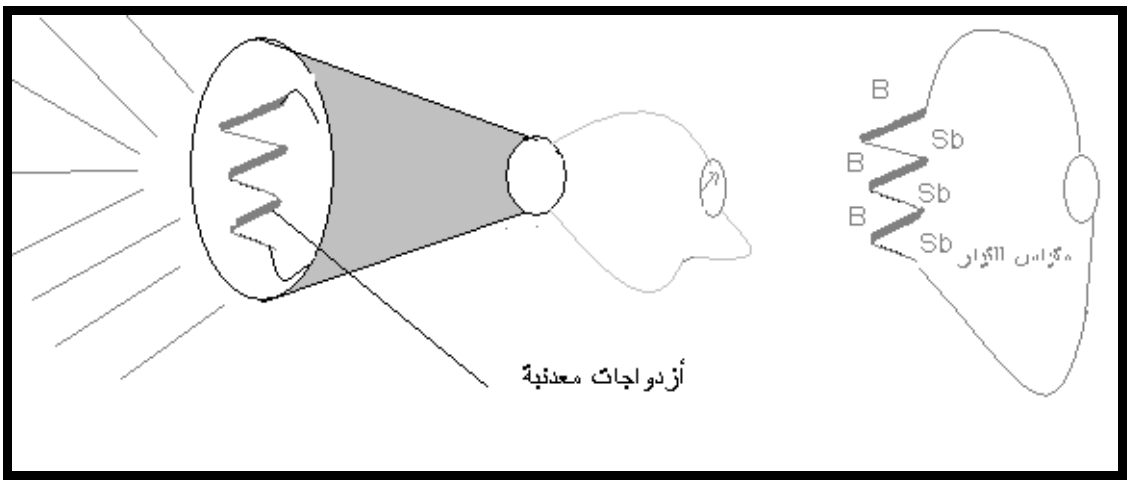
قياس شدة الأشعاع الحرارى:

هناك أجهزة يمكن بواسطتها قياس شدة الأشعاع الحرارى مثل الثرموبيل وجهاز بو

1-الثرموبيـــل:

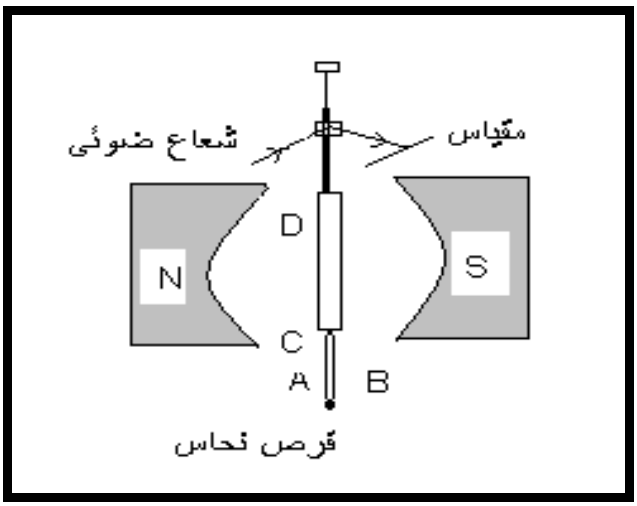
الثرموبيل هو مجموعة من الأزدواجات المعدنية المكونة من أسلاك النحاس والحديد أو البزموت والأنتيمون (أنظر الشكل المقابل)

يطلى أحد الوجهين المقبل للأشعاع بطبقة من السناج حيث له كفائة عالية فى أمتصاص الأشعاع الحرارى ويحيط بالوصلات أسطوانه معدنية تنتهى بمخروط معدنى الغرض منه تجميع الأشعة الحرارية وحماية الوصلات من أى أشعاع جانبى . يوص الطرفين للسلكين (الأنتيمون والبزموت مثلا) بجلفانومتر حساس وذلك لقياس التيار الناتج عن القوة الدافعة للأزدواج المعدنى . تتوقف شدة هذا التيار على شدة الأشعاع الساقط على الوجه الخارجى للثرموبيل.



2- جهاز بو:

هذا الجهاز من الأجهزة الدقيقة لقياس شدة الاشعاع الحرارى ويتكون من شريحتين رقيقتين من الانتيمون والبزموت A B تتصلان عند نقطة أتصالهما بصفيحة من النحاس مغطاه بطبقة من السناج تتصل النهايتان الآخريان للأنتيمون والبزموت بحلقة (ملف) طويلة من السلك CD تتعلق هذه الحلقة بواسطة شعيرة من الكوارتزبحيث تستقر بين بين قطبى مغناطيس قوى



العمل:

عندما لا يمر تيار فى الحلقة (الملف) فأنه يستقر بين قطبى المغناطيس فى وضع موازى لخطوط القوى المغناطيسية المثرة بين القطبينٍ عندما يسقط الأشعاع الحرارى المراد قياس شدته على الصفيحة المغطاة بالسناج ترتفع درجة حرارتها وينتج من ذلك مرور تيار فى الملف CD . هذا الملف موضوع بين قطبى مغناطيس قوى ولذا يحدث أنحراف فى مستوى الملف .

يقاس هذا الأنحراف بالأزاحة التى يحدثها الأشعاع الضوئى المنعكس من سطح مرآه M متصلة بشعيرة الكوارتز عند دوران الملف.

من ذلك يتضح أن جهاز بوى يجمع بين نظريتى الأزدواج الحرارى والجلفانومتر ذو الملف المعلق ولشدة حساسية هذا الجهاز فأنة يمكن الأستفادة منه فى قياس شدة الأشعاعات الحرارية التى تصلنا من الأجرام السماوية

انتقال الحرارة بالحمل:-

عندما تنتقل الحرارة فى وسط مادى بانتقال بعض الأجسام يقال أن الحرارة تنتقل بالحمل زذلك لأنه فى هذه الحالة تحمل بعض اجزاء الوسط معها أثناء انتقالها ومثال ذلك انتقال الحرارة فى ماء غلاية تسخين اسفل.

ويمكن مشاهدة هذه الظاهره بتعليق نشارة خشب البلوط (وكثافتها تساوى كثافة الماء تقريبا) فى ماء موضوع فى انبوبة اختبار زجاجية وتسخين الأنبوبة من أسفل. ستشاهد عندئذ حركة الماء الذى يسخن يرتفع نقص كثافه وتكون حركة الماء واضحة لأنها تحمل معها نشارة الخشب العالقة فيها, وتكون هذه الحركة تيارات تسمى تيارات الحمل.

وقد أمكن الافادة من ظاهرة انتقال الحرارة فى الحصول على الماء الساخن فى الاستعمال المنزلى وذلك باستخدام جهاز التسخين المركزى.

ويمكن مشاهدة تيارات الحمل فى الهواء بمراقبة حركة دقائق الدخان بالقرب من جسم ساخن.

وقد أمكن الافادة من مبدأ انتقال الحرارة عن طريق الحمل فى الهواء فى حالات تدفئة المنازل فى الشتاء باستخدام أجهزة التكيف التى تعتمد على الماء الساخن أو الزيوت الساخنة.

ويلاحظ أن انتقال الحرارة بالحمل والتوصيل يحتاج الى وسط لكى تنتقل فيه الحرارة أما انتقال الحرارة بالاشعاع يحدث خارج الجسم الساخن وليس من الضرورى وجود وسط اذا انه يمكن أن يحدث فى الفراغ. كما أن انتقال الحرارة بالاشعاع اسرع من انتقالها بالتوصيل والحمل لان سرعة الاشعاع هى سرعة الضوء.

والحمل الحرارى نوعان:

الحمل الحر (Free Convection):

تكون فيه حركة الجزيئات ناتجة عن اختلاف كثافتها.

الحما القسرى (Forced Convection):

وفيه تجبر الجزيئات على الحركة بأى مؤثر خارجى كمروحة أو تفريغ وحركة المائع بجوار الأسطح الصلبة تتم بأحد الطريقتين الآتيتين:

1- حركة طبقية Laminar Motion:

وفيها يمكن تخيل السائل على أنه يتحرك فى طبقات وبذلك تنشأ مقاومة بين هذه الطبقات نتيجة للاحتكاك الذى تقابله فى حركتها بالنسبة الى بعضها البعض ويلاحظ وجود طبقة رقيقة من المائع ساكنة ملاصقة للسطح الصلب وتزداد سرعة الطبقات التالية لهذه الطبقة بالتدريج الى أن تصل الى سرعة المائع نفسه.

2- اضطرابية Turbulent Motion:

وفيها لا يتحرك السائل على شكل طبقات أو بمعنى آخر يحدث تداخل بين طبقات المائع المختلفة وفى هذه الحالة أيضا تكون هناك طبقة رقيقة ساكنة ملاصقة للجدار ولكن سمكها يكون اقل من سمك الطبقة المناظرة فى حالة الحركة الطبقية.

وانتقال الحرارة بالحمل يتم عن طريق التوصيل الحرارى من السطح الساخن الى المائع خلال الطبقة الساكنة الملاصقة للجدار وبالحمل خلال المائع نفسه وجزء صغير جدا يمكن اهماله بالاشعاع من السطح الساخن الى جسم المائع.

وعليه فان معدل انتقال الحرارة من السطح الى جسم المائع تعطى العلاقة الآتية:

$$\frac{dQ}{dt} = h_e A \Delta \Diamond$$

حيث A مساحة السطح, $\Delta\phi$ الفرق بين درجتى حرارة السطح وجسم المائع h_e هى معامل الحمل الحرارى ويشمل كلا من التوصيل خلال الطبقة الرقيقة الملاصقة للسطح والحمل خلال المائع نفسه وتعريفه هو:

كمية الحرارة المنتقله خلال وحدة المساحات فى وحدة الزمن لكل فرق فى درجةالحرارة بين السطح وبين جسم المائع يساوى واجد درجة.

وتعتمد h_e علىعدة عوامل أهمها:

- **شكل السطح (مستوى مقوس كروى .....**
- **وضع السطح (أفقى رأسى)**
- **نوع المائع**

الباب الرابع

كمبة الحرارة وطرق قياس الحرارة النوعية

مقدمة:.....85
طرق قياس الحرارة النوعية:.....86
2- الحرارة النوعية لغاز تجت ضغط ثابت:.....88
تعيين الحرارة النوعية بمسعر بنزن الجليدى.....91
الحرارة النوعية لغاز تحت ضغط ثابت:.....94
قانون نيوتن للتبريد 96

مقدمة:

أذا كان لدينا كتلة معينة من مادة m ثم رفعنا درجة حرارتها من T_1 الى T_2 تعطى كمية الحرارة من المعادلة:

$$Q = ms(T_2 - T_1)$$

حيث S هى الحرارة النوعية للمادة. وتقاس كمية الحرارة بالسعر وبالتالى تعرف الحرارة النوعية لمادة بكمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من هذة المادة درجة واحدة مئوية. وبالتالى تكون الوحدات

$$S = \frac{Q}{m(T_2 - T)_1} = Cal/gm.C^0$$

وتسمى الحرارة النوعية أحيانا بالسعة الحرارية للمادة. وأذا أعتبرنا وزن الجزئ الجرامى من المادة سميت الحرارة النوعية حينئذ بالحرارة الذرية. جدير بالذكر أن

الحرارة الذرية لجميع المواد فى حالة درجات الحرارة المرتفعة تكون تقريبا متساوية. أما فى حالة درجات الحرارة المنخفضة تقل الحرارة الذرية وتقترب من الصفر

طرق قياس الحرارة النوعية:

هناك طرق عديدة لتعيين الحرارة النوعية للمواد : طريقة الخلط –طريقة مسعر بنزن الجليدى – طريقة التكثيف وطرق أخرى. أختيار الطريقة يعتمد على نوع المادة وحالة المادة

1-تعيين الحرارة النوعية لجسم صلب بطريقة الخلط:

من المعروف انه أذا تلامس جسمان لهما درجة حرارة مختلفة فأن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن الى الجسم البارد حتى يتساويا فى درجة الحرارة (حالة الأتزان الحرارى). أى أنه هناك جسم يفقد كمية من الحرارة وجسم يكتسب كمية من الحرارة وعندئذ يكون:

كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة

$$Q_{gain} = Q_{lose}$$

<u>تعيين الحرارة النوعية بطريقة الخلط</u>

يمكت تعين الحرارة النوعية بطريقة الخلط بإتباع الخطوات التالية:

(1)نزن كتلة m من المادة المراد قياس درجة الحرارة النوعية لها.

(2)نضع المادة فى مسعر لرفع درجة حرارتها إلى درجة حرارة ولتكن T_2

(3)نقوم بوزن المسعر فارغ وليكن كتلته m_c

(4)نملىء ثلث المسعر بالماء ثم نزن المسعر لتعيين كتلة الماء ولتكن m_w

(5)نعين درجة الحرارة الإبتدائية للماء والمسعر ولتكن T_1

(6)نسقط الجسم الصلب فى المسعر ونقلب حتى يتم التوازن الحرارى بين الجسم الصلب وماء المسعر ثم نعيين درحة حرارة المخلوط ولتكن T_3

وحيث أن كمية الحرارة المكتسبة للمسعر والماء = كمية الحرارة المفقودة من الجسم الصلب

$$m\ C\left(T_3 - T_2\right) = m_w\ C_w\left(T_3 - T_1\right) + m_c\ C_c\ \left(T_3 - T_1\right)$$
$$m\ C\left(T_3 - T_2\right) = \left(m_w\ C_w + m_c\ C_c\ \right)\left(T_3 - T_1\right)$$
$$C = \frac{\left(m_w\ S_w + m_c\ S_c\ \right)\left(T_3 - T_1\right)}{m\ \left(T_3 - T_2\right)}$$

حيث

C هى الحرارة النوعية للمادة الصلبة المراد تعينها

C_w هى الحرارة النوعية للماء

C_c هى الحرارة النوعية لمادة المسعر

توضع قطعة رصاص كتلتها 0.5 kg ودرجة حرارتها 300 °C في مسعر نحاسي كتلته 0.2 kg ويحوي ماء كتلته 0.5 kg عند درجة حرارة الغرفة 25 °C. مادرجة حرارة النظام النهائية؟

الحل: نفترض أن الخليط سيصل لدرجة حرارة نهائية T_f ونحسب أولا كمية الحرارة التي يخسرها الرصاص، فنكتب:

$$\Delta Q_{Pb} = m_{Pb}c_{Pb}\Delta T_{Pb} = (0.5\ \text{kg})(0.13\ \text{kJ/kg.°C})(300 - T_f)$$

ثم نحسب كمية الحرارة التي يكسبها المسعر والماء:

$$\Delta Q_{Cu} = (m_{Cu}c_{Cu} + m_{H_2O}c_{H_2O})\Delta T$$

ومنه:

$$\Delta Q = [(0.2\ \text{kg} \times 0.39\ \text{kJ/kg.°C}) + (0.5\ \text{kg} \times 4.186\ \text{kJ/kg.°C})](T_f - 25\ \text{°C})$$

وبمساواة الكميتين نجد: $T_f = 32.8\ \text{°C}$

مسائل :

6-13 تسخن شظايا من الألمنيوم كتلتها 100 g إلى 100 °C وتوضع في 500 g من الماء درجة حرارته 18.3 °C فتصل درجة حرارة النظام إلى 21.7 °C. ما الحرارة النوعية للألمنيوم؟

7-13 توضع قطعة رصاص كتلتها 200 g ودرجة حرارتها 90 °C في 500 g من الماء درجة حرارته 20 °C. مادرجة الحرارة النهائية للنظام؟

8-13 توضع قطعة معدنية كتلتها 100 g ودرجة حرارتها 100 °C في مسعر مصنوع من نفس المادة كتلته 200 g وفيه 500 g ماء درجة حرارته 17.3 °C فتصل درجة حرارة النظام إلى 27 °C. ما الحرارة النوعية للمعدن؟

9-13 توضع قطعة ألمنيوم كتلتها 300 g ودرجة حرارتها 100 °C في مسعر ألمنيوم كتلته 200 g فيه 500 g ماء درججة حرارته 20 °C. مادرجة حرارة النظام النهائية وماذا يجب أن تكون درجة حرارة الماء الابتدائية لجعل التسرب الحراري من جدران المسعر أقل مايمكن إذا كانت درجة حرارة الغرفة 20 °C؟

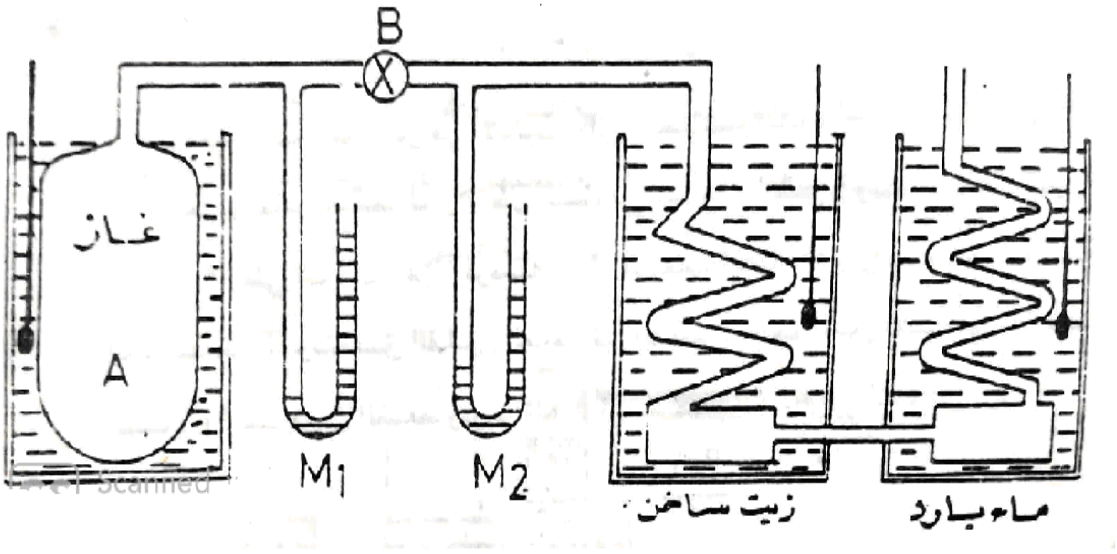
2- الحرارة النوعية لغاز تجت ضغط ثابت:

أيضا يستخدم القانون $Q_{gain} = Q_{lose}$ فى أيجاد الحرارة النوعية لغاز تحت ضغط ثابت c_p

أى أن فى هذه الطريقة يتم خلط كمية من الغاز الساخن المراد أيجاد حرارته النوعية مع مسعر به ماء. والشكل الموضح يبين الجهاز المستحدم لذلك ويتركب من :

1. **مستودع A يوضع به الغاز المراد أيجاد حرارته النوعيه –يوجد فى المستودع ترموستات لحفظ درجة حرارة الغاز ثابته. أيضا يوجد مانومتر متصل بالمستودع لقياس ضغط الغاز.**

2. أنبوبة حلزونية مصنوعة من النحاس وموجودة فى حمام زيتى ساخن – فيمر الغاز فى هذه الأنبوبة فيأخذ درجة حرارة الحمام.
3. أنبوبة حلزونية موجودة فى مسعر به ماء معلوم كتلته.



الخطوات:

1. يمر كمية من الغاز من المستودع خلال صمام الى أنابيب التسخين – يقاس ضغط الغاز عندئذ بواسطة المانومتر المتصل بالمستودع.
2. يمرر الغاز فى أنابيب التسخين فترتفع درجة حرارته الى T درجة مئوية
3. يمرر الغاز الساخن الى أنابيب الخلط الموضوعة فى مسعر به ماء بارد- بفرض أن درجة حرارة أنابيب الخلط والمسعر الأبتدائية (قبل خلط الغاز) هى T_1 ودرجة حرارتهما النهائية (بعد الخلط) هى T_2

وبتطبيق القانون :

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

هنا الغاز الذى فقد كمية من الحرارة وأكتسبها المسعر ومحتوياته (المسعر +الماء +أنابيب الخلط) وبالتالى يكون:

$$m_g c_p (T - \frac{T_1 + T_2}{2}) = (m_w + m_c c_c + m_t c_t)(T_2 - T_1)$$

حيث :

m_g ترمز الى كتلة الغاز المستخدم

m_w ترمز الى كتلة الماء المستخدم

m_c ترمز الى كتلة المسعر

m_t ترمز الى كتلة أنابيب الخلط

كلا من كتلة الماء والمسعر وأنابيب الخلط معلومة. ولحساب كتلة الغاز المستخدم فى التجربة نتبع الآتى:

1. **يقاس ضغط الغاز عند بداية ونهاية التجربة وليكن P_1 وP_2**
2. **بفرض أن حجم المستودع هو V ودرجة الحرارة المطلقة للغاز بداخله هو T**
3. **نطبق القانون العام للغاز ونحسب حجم الغاز الأبتدائى عند معدل الضغط ودرجة الحرارة**

$$PV = RT$$

$$\frac{PV}{T} = R$$

$$\frac{P_1 V}{T} = R$$

$$\frac{P_0 V_1}{273} = R$$

$$V_1 = V \frac{P_1}{76} \frac{273}{T}$$

وأيضا يمكن حساب حجم الغاز عند نهاية التجربة:

$$V_2 = V \frac{P_2}{76} \frac{273}{T}$$

ويكون حجم الغاز المار فى الأنابيب عند معدل الضغط ودرجة الحرارة هو:

$$V_1 - V_2 = V \frac{P_1 - P_2}{76} \frac{273}{T}$$

ويكون كتلة الغاز m_g تساوى الحجم مضروبا فى كثافة الغاز:

$$m_g = (V_1 - V_2)\rho$$

تعيين الحرارة النوعية بمسعر بنزن الجليدى

(Bunzen's ice calorimeter)

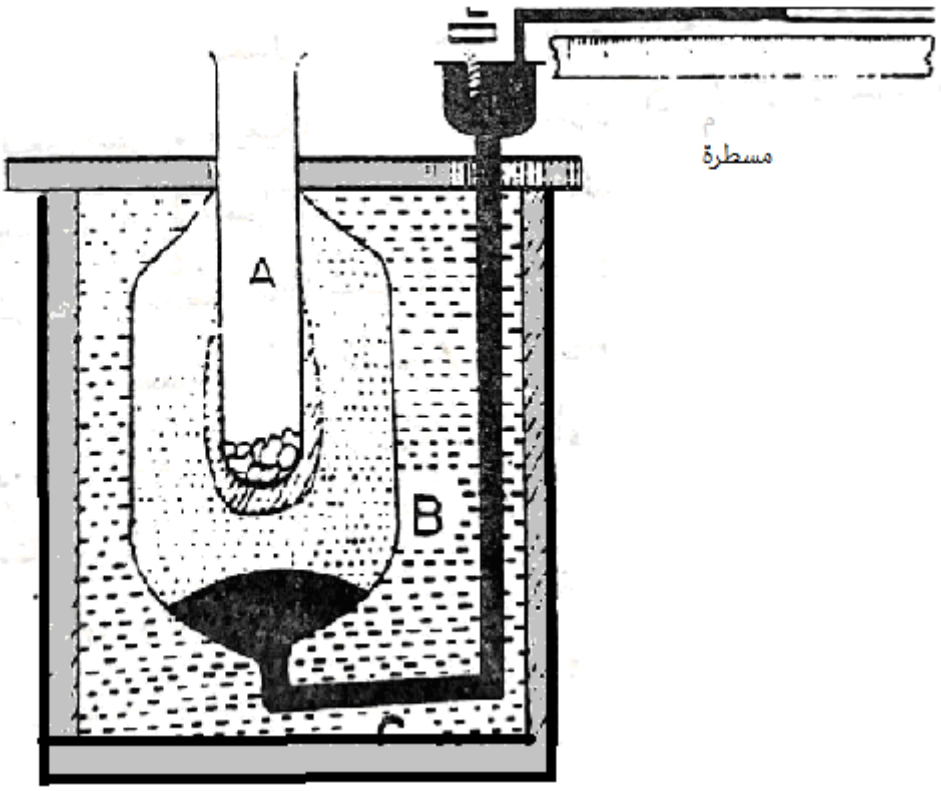
تعتمد نظرية مسعر بنزن الجليدى على أنه إذا خلطت كمية من جسم ساخن لدرجة معلوم، مع كتلة من الجليد فى درجة الصفر المئوى، ينصهر جزء منها نتيجة للحرارة التى يكتسبها الجليد من الجسم، حتى تهبط درجته إلى الصفر المئوى، فإذا أمكن معرفة كتلة الجليد المنصهر أمكن بالتالى تحديد كمية الحرارة التى فقدها الجسم، ومن ثم حرارته النوعية، هذا بفرض معرفة الحرارة الكامنة لانصهار الجليد،وهى الحرارة اللازمة لتحويل 1 جم من الجليد فى درجة الصفر إلى ماء فى درجة الصفر.

ويتركب الجهاز كما فى الشكل من أنبوبة A تتصل باخرى أوسع منها ، تتنتهى من أسفل بأنبوبة شعرية C مثنية على شكل U ، تملأ الأنبوبة B بالماء النقى ثم يستبدل بعض الماء بالزئبق وذلك بتسخينها حتى يتمدد الماء فينكسب خارج

الأنبوبة الشعرية C وقبل أن يبرد الماء يغمر طرف هذه الأنبوبة فى الزئبق، وعندما يبرد ينكمش ساحبا وراءه شريطا من الزئبق ، وينتهى طرف الأنبوبة C داخل خزان صغير من الجليد ممتلىء بالزئبق، ويخرج منه أنبوبة D شعرية المقطع مثبته أمام مقياس مدرج لقياس المسافة التى يتحركها شريط الزئبق عند إجراء التجربة، ويمكن ضبط طول شريط الزئبق فى الأنبوبة D بواسطه مسمار محوى E يمكن له ان يضغط على جلد الخزان فيسبب إزاحة الشريط D إلى الخارج.

يوضع الجهاز فى إناء به جليد مجروش لحفظ درجة حرارته عند الصفر المئوى، ثم يوضع فى الانبوبة A بعض الأثير ويمرر بداخله تيار هوائى ليتبخر، فيمتص بذلك حرارة التبخلر من الوسط المحيط به –أى –من ماء الأنبوبة B، ونظرا لأن المسعر كله فى درجة الصفر المئوى، لذلك يتجمد بعض الماء حول الأنبوبة A حيث كان الأثير، ويصبح بذلك الجهاز معدا للاستعمال بعد تبخر جميع الاثير من الانبوبة A .

لتعين الحرارة النوعية للجسم ترفع درجة حرارته إلى t_1 ، ثم يسقط فى الأنبوبة A حيث يتم التبادل الحرارى بين الجسم وجليد الانبوبة A فيتحول جزء من كتلته الجسم m_1 وحرارته النوعية c تكون الحرارة المفقودة من الجسم m_1 t_1 cسعرا، وتستهلك هذه الكمية حرارة كامنة لتحويل الجليد فى درجة الصفر إلى ماء فى درجة الصفر، أى أنها تساوىmL حيث L هى الحرارة الكامنة لانصهار الجليد وتساوى 80 سعرا للجرام الواحد.



لإيجاد كتلة الجليد m المنصهر بسبب التبادل الحرارى نستخدم ظاهرة تغير حجم الجليد عندما ينصهر: نفرض أن كثافة الجليد والماء فى درجة الصفر هما على الترتيب هى ρ_1 وρ_2 ويكون حجم الجرام من الجليد هو $\frac{1}{\rho_1}$ ويسمى بالحجم النوعى ويلاحظ ان الجليد يطفو على سطح الماء وهذا يعنى ان كثافته اقل من كثافة الماء لذلك يكون الحجم النوعى للجليد اكبر من الماء

عندما ينصهر جزء من الجليد نتيجة سقوط الجسم الساخن فى المسعر يقل حجم الماء فى الانبوبة D وبذلك يتراجع شريط الزئبق فى الأنبوبة D لمسافة h

يكون النقص فى الحجم بساوى

$\pi R^2 h$ **حيث R نصف قطر الانبوبة الشعرية**

النقص فى حجم واحد جرام من الجليد عند أنصهاره $\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}$ ويكون كتلة الجليد التى تنتج عن انصهارها نقص فى الحجم قدرة $\pi R^2 h$

$$m = \frac{\pi R^2 h}{\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}}$$

وبمعرفة m تصبح معادلة التبادل الحرارى

$$mL = m_1 t_1 C$$

$$\left(\frac{\pi R^2 h}{\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}} \right) \times L = m_1 C t_1$$

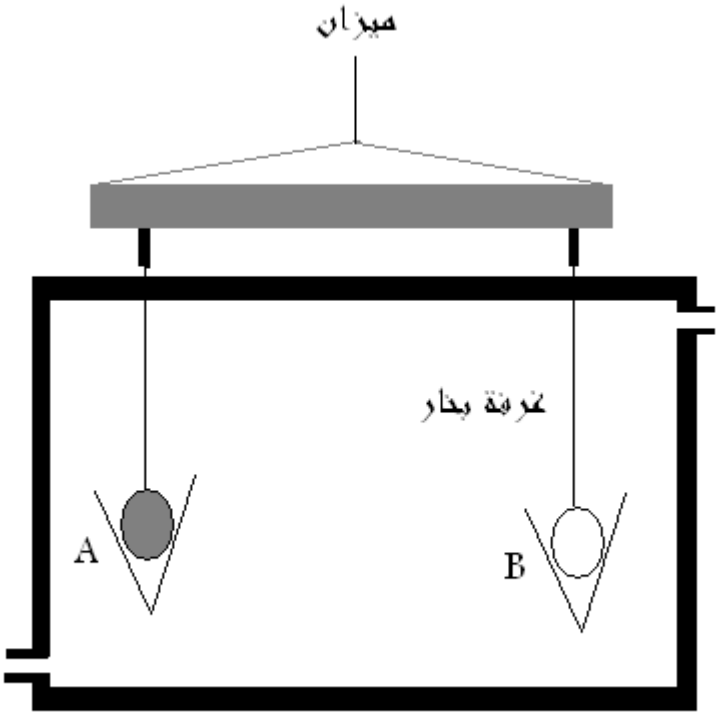
الحرارة النوعية لغاز تحت ضغط ثابت:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين الحرارة النوعية لغاز تحت حجم ثابت C_v فمن المعروف أنه عند تعليق جسم بارد فى غرفة بخار ماء فى درجة 100 درجة مئوية يتكثف على الجسم كتلة m من البخار نتيجة للتبادل الحراري بين الجسمين والبخار. ولما كانت درجة البخار ثابتة عند 100 درجة مئوية تكون كل الحرارة المكتسبة من الجسم البارد ليسخن حتي هذة الدرجة قد أخذت من الحرارة الكامنة للبخار مما جعل كتلة m منة تتكثف علي الجسم . فأذا كانت كتلة الجسم m_1وحرارتة النوعية c_1 ودرجة حرارته الابتدائية t ،و أذا كانت الحرارة الكامنة للبخار هي L، تكون معادلة التبادل الحراري:

$$mL = m_1 c_1 (100 - t)$$

ومن هذه المعادلة يمكن تعيين الحرارة النوعية c_1 لاى جسم.

استخدم جولي هذه الطريقة لتعيين الحرارة النوعية للغازات تحت حجم ثابت c_v. والجهاز المعروف بمسعر جولي البخاري يتلركب من كرتين A, B متماثلتين ومفرغتين ومعلقتين من كفتي الميزان حساس ويتدليان في غرفة بخار ماء كما بالشكل



بعد معادلة الكرتين في الميزان يضغط الغاز تحت الاختبار في احدي الكرتين A بضغط كبير ،ثم يعاد معادلة الميزان لايجاد كتلة الغاز m_1 الذي وضع بالكرة .يمرر بخار الماء بعد ذللك علي الكرتين ، فترتفع درجة حرارتيهما من درجةحرارة الغرفة t وحتي درجة البخار 100 درجة مئوية، ويتكثف عليهما البخاربمقدار أكبر من ذللك الذي يتكثف علي B المفرغة، لان الغاز يمتص كمية الحرارة ليسخن لدرجة 100 درجة مئوية تساوى

$$m_1 c_v (100 - t)$$

أذا كانت الزيادة فى وزن البخار المتكثف على A تكون معادلة التبادل الحرارى

$$mL = m_1 c_v (100 - t)$$

ومنها تدود الحرارة النوعية c_v للغاز تحت حجم ثابت . يراعي في هذه التجربة وجود مخروط مثبت أسفل كل كرة . وذللك لتجميع قطرات البخار المكثف علي كل كرة .و لتفادي تكثف البخلر الماء علي الاسلاك تعليق الكرات بالميزان يوضع حولها ملفات تسخين،يمرر بها تيار كهربائي ليرفع درجة الحرارة ويمنع تكثف البخار حولها.

قانون نيوتن للتبريد

ينص قانون نيوتن للتبريد على أن " معدل فقد الحرارة $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ من أى جسم ساخن إلى الوسط المحيط به تتناسب مع الفرق بين درجة حرارة الجسم الساخن T ودرجة حرارة الوسط T_r .

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = K\left(T - T_r\right) \qquad (1)$$

حيث K ثابت يعتمد على طبيعة سطح الجسم الساخن ومساحته

وبما أن كمية الحرارة ΔQ تعطى بالعلاقة

$$S = \frac{\Delta Q}{m\ \Delta T}$$

$$\therefore \Delta Q = m\ S\ \Delta T$$

حيث m كتلة الجسم الساخن و S حرارته النوعية و ΔT هى مقدار الإرتفاع من درجة حرارة الجسم الساخن.

$$\because\ C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$\therefore\ \Delta Q = C\ \Delta T$$

حيث C هى السعة الحرارية للجسم. بقسمة طرفى المعادلة السابقة على Δt

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = C\ \frac{\Delta T}{\Delta t} \qquad (2)$$

من المعادلة (1) والمعادلة (2) يمكن إستنتاج المعادلة الآتية

$$-C\,\frac{\Delta T}{\Delta t} = K\,(T - T_r)$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -\frac{K}{C}\,(T - T_r)$$

حيث الإشارة السالبة لها معنى فيزيائى أن درجة الحرارة تنخفض مع الزمن.

**** ملحوظة : يمكن الاستفادة من قيمة الحرارة**
النوعية في التمييز بين المواد من حيث تأثرها بالحرارة، حيث أنه كلما قلت الحرارة النوعية
للمادة فإن هذا يدل على أنها تمتص كمية صغيرة من الحرارة وترتفع درجة حرارتها بشكل
ملحوظ، بينما كلما زادت الحرارة النوعية للمادة فإن هذا يدل على أن المادة تمتص كمية
كبيرة من الحرارة دون أن ترتفع درجة حرارتها بشكل ملحوظ.
مثال توضيحي عن الحرارة النوعية
لمادة

الباب الخامس

نظرية الحركة للغازات

نظرية الحركة للغازات

1- فروض نظرية الحركة للغازات:

افترضت النظرية الفروض التالية لتفسير سلوك الغازات وتحديد صفاتها:

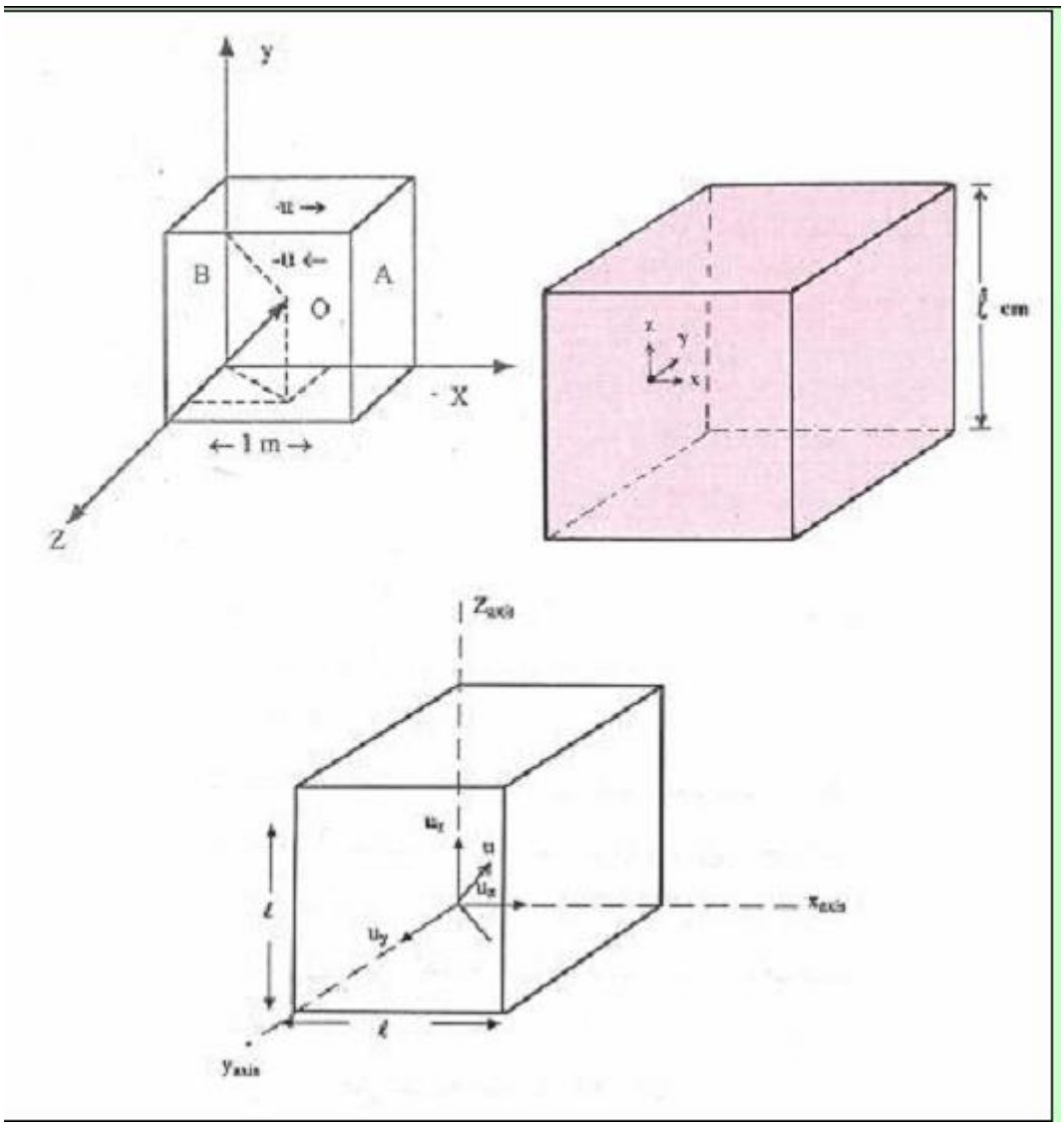
- **يتكون الغاز من جسيمات صغيرة كروية تعرف بالجزيئات كل جزئ يتكون من ذرة أو أكثر . لكل من الجزئ والذرة له كتلة . أى أن حجم الجزيئات صغير جدا بالنسبة لجم الغاز**
- **بسبب المسافات الكبيرة بين جزيئات الغاز فأنه يهمل قيمة قوى التجاذب والتنافر بين الجزيئات ومن هنا فأنه لا توجد قوى تجاذب بين الجزيئات أى لا تمارس الجسيمات أى قوى على بعضها البعض ما عدا أثناء التصادم. وبالتالى فأن الجزيئات مستقلة تماما كل عن الآخر**
- **تتشابه جزيئات الغاز الواحد من حيث الخواص الرئيسية وهى دائمة الحركة وتتبع فى مسارها قوانين نيوتن للحركة**
- **تكون الجزيئات فى حركة سريعة وعشوائية وفى خطوط مستقيمه وبسرعات مختلفة وتتصادم هذة الجزيئات مع بعضها ومع جدار الأناء. وعند التصادم يتغير الاتجاه وغالبا تكون الجويئات تامة المرونه**
- **ينشأ عن حركة الجزيئات ضغط ويعتبر هذا المصدر الوحيد للضغط فى الغازات**

أشتقاق المعادلة الأساسية للنظرية الحركية
Fundamental Equation of the Kinetic Theory

المعادلة الحكية للغازات:

من الممكن بناء على الفروض السابقة لنظرية الحركة للغازات أشتقاق العلاقة التى تربط بين الضغط P وكتلتهm وسرعة جزيئاته *v* .

نفرض أنه لدينا غاز محبوس فى أناء مكعب الشكل طول حرفه L يحتوى المكعب على N من الجزيئات كتلة الجزئ الواحد m وسرعة الجزئ عند درجة حرارة ثابته هى *v* أنظر الشكل



تحليل السرعة باتجاه محاور (X, Y, Z)

وفقا لفروض النظرية فأن الجزئ يتحرك حركة عشوائية فى جميع الأتجاهات أى فى ثلاث أتجاهات X Y Z ويكون

$$\bar{v}^2 = \bar{v}_x^{\,2} + \bar{v}_y^{\,2} + \bar{v}_z^{\,2}$$

ينتج ضغط الغاز على أى جدار من جدران الأناء نتيجة الأصطدامات التى تقوم بها الجزيئات على هذا الجدار ومن المعروف أن القوة الناتجة عن كل أصطدامه يمكن حسابها من معرفتنا ان القوة عبارة عن معدل تغير كمية الحركة مع الزمن ومن معرفتنا لهذه المبادئ يمكن أن نشتق المعادلة العامة للفاز المثالى

أذا تصورنا جزيئا واحدا يصطدم بجدار المكعب A اى فى أتجاه المحور الأحداثى X وبسرعى قدرها v_x هذا الجزئ المتحرك فى هذا الأتجاة سيصدم بالجدار كلما قطع مسافة 2L خلال مساره وذلك لأنه بعد الأصطدام لابد أن يقطع مسافه L ليصل الى الجدار المقابل ثم يعود مسافة L ليصدم مرة أخرى بالجدار أى يقطع مسافة 2L ليصدم مرة أخرى بنفس الجدار

فأ1ا كان الجزئ يتحرك بسرعة v يكون قد قطع مسافة v فى الثانية وبالتالى يكون الزمنالذى يمر قبل أن يقوم الجزئ بعمل اصطدامه ثانية مع وجه الصندوق

$$\frac{2L}{v_x}$$

وبالتالى فأن عدد الأصطدامات التى يحدثها على الجدار فى الثانية الواحدة وفى وحدة الزمن يكون مساويا للمسافة التى قطعها فى الثانية الواحدة مقسوما على المسافة التى يقطعها ليحدث الأصدامه

$$\frac{v_x}{2L}$$

وبفرض أن عملية الاصطدام مرنه فأن الجزئ سوف يرتد فى الأتجاه المعاكس بنفس السرعة السابقة وذلك لأن الأصطدام مرن مع عكس الأشارة (v-) وبالتالى فأن كمية تحرك الجزئ (كمية حركة الجزئ) قبل الأصطدام بالجدار تكون:

$$mv_x$$

وكمية التحركللجزئ بعد الأصطدام

$$-mv_x$$

ويكون التغير فى كمية الحركة =

$$= mv_x - (-mv_x = -2mv_x$$

ولأن القوة التى يؤثر بها جسيم وحيد علىذلك الوجه من الصندوق يحددها معدل التغير فى كمية التحرك الذى يمارسه الجسيم

القوة = معدل التغير فى كمية التحرك

ولهذا سيكون التغير فى كمية التحرك لكل ثانية بالنسبة لجزئ واحد للسطح الواحد فى الذهاب

القوة الناتجة عن أصطدام جزئ واحد بالجدار =عددالأصطدامات فى الثانية ×التغير فى كمية الحركة أى أن

$$Force = 2mv_x \frac{v_x}{2L}$$

$$Force = m\frac{v_x^{\,2}}{L}$$

المعادلة السابقة تمثل القوة الناتجة عن أصطدام جزئ واحد فى الأتجاه X فى وحدة الزمن. ولأيجاد القوة المؤثرة على السطح يجب حساب كمية حركة جميع الجزيئات الموجودة. أى أن:

$$Force = m\frac{v_{x_1}^{\,2}}{L} + m\frac{v_{x_2}^{\,2}}{L} + m\frac{v_{x_3}^{\,2}}{L} + ...m\frac{v_{x_N}^{\,2}}{L}$$

ولحساب الضغط (القوة المؤثرة على وحدة المساحات) أى ان نقسم القوة على مساحة الوجه L2

$$P = m\frac{v_{x_1}^{\,2}}{L^3} + m\frac{v_{x_2}^{\,2}}{L^3} + m\frac{v_{x_3}^{\,2}}{L^3} + ...m\frac{v_{x_N}^{\,2}}{L^3}$$

بفرض أن N هى عدد الجزيئات فى الصندوق و n عدد الجزيئات فى وحدة الحجوم فأن:

$$n = \frac{N}{L^3}$$

فالمعادلة التى تمثل الضغط يمكن كتابتها فى الصورة:

$$P = m\frac{nv_{x_1}^{\ 2}}{N} + m\frac{v_{x_2}^{\ 2}}{N} + m\frac{nv_{x_3}^{\ 2}}{N} + ...m\frac{nv_{x_N}^{\ 2}}{N}$$

$$P = mn\left(\frac{v_{x_1}^{\ 2} + v_{x_2}^{\ 2} + v_{x_3}^{\ 2} + ...v_{x_N}^{\ 2}}{N}\right)$$

وحيث أن المقدار mn يمثل كتلة الجزيئات فى وحدة الحجوم (اى الكثافة) والمقدار بين القوسين يمثل متوسط سرعة الجزيئات فى الأتجاه السينى وبالتالى يكون:

$$P = \rho\bar{v}_x^{\ 2}$$

وحيث أن جميع الجزيئات تتحرك فى جميع الأتجاهات يكون متوسط السرعات فى الاتجاهات الثلاث هى

$$v_x = v_y = v_z$$

وبالتالى يكون :

$$v^2 = v_x^{\ 2} + v_y^{\ 2} + v_z^{\ 2}$$

$$v_x^{\,2} = \frac{1}{3}v^2$$

وبالتالى تكون معادلة الضغط

$$\boxed{P = \frac{1}{3}\rho v^2}$$

من العلاقة السابقة يمكن أستنتاج ما يلـى:

$$P = \frac{1}{3}mnv^2$$

$$P = \frac{1}{3}m\frac{N}{V}v^2$$

$$PV = \frac{1}{3}m_t v^2$$

حيث mt لكتلة الكلية للغاز .وأذا أعتبرنا جزئ واحد يكون

$$PV = \frac{1}{3}mv^2$$

$$PV = \frac{2}{3}(\frac{1}{2}mv^2) = KT$$

إثبات قانون بويل رياضيًا :

طبقاً للنظرية الحركية للجزيئات تتناسب الطاقة الحركية للجزيئات طردياً مع درجة الحرارة المطلقة للغاز أي أن :

كما ذكرنا من قيل الطاقة الحركية لعدد من الجزيئات :

$$\frac{1}{2}m\nu^2 \alpha T$$

$$\frac{1}{2}mN\nu^2 \alpha NT$$

$$\frac{1}{2}mN\nu^2 = KNT$$

$$\frac{2}{3}\left(\frac{1}{2}mN\nu^2\right) = \frac{2}{3}KNT$$

$$PV = \frac{2}{3}\left(\frac{1}{2}mN\nu^2\right) = \frac{2}{3}KNT$$

أى أن

PV = Constant at T and N are constant

الباب السادس

الديناميكا الحرارية

الديناميكا الحرارية هو علم يربط بين الحرارة بالطاقة الميكانيكية وتحويل أى منهما للآخر ويعتمد هذا العلم على قانون بقاء الطاقة الذى ينص على أنه أذا حدثت تغيرات نوعية داخل نظام معزول تكون مجموع الطاقة المتفاعلة قبل حدوث التغير مساويه تماما لمجموع الطاقات بعد التفاعل مع ملاحظة ان المادة كما اثبت انشتين هى نوع من الطاقة المتجمدة التى يمكن تحريرها فالجرام من المادة عند تحويله الى طاقة يعطى ما قيمته سرعة الضوء من الارجات

تطبيقات علم الديناميكا الحرارية :

1. **التطبيقات الهندسية : يستخدم هذا العلم هندسيا في تصميم المحركات ومولدات الطاقة الكهربية وأجهزة التبريد والتكييف .**
2. **التطبيقات الكيميائية : هنالك عدة تطبيقات لعلم الديناميكا نذكر منها :**

- **التغيرات في الطاقة التي ترافق التغير الكيميائي أو الفيزيائي . وبصورة عامة التغير في الطاقة بين النظام وما يحيط به .**
- **دراسة إمكانية حصول التفاعل الكيميائي تلقائيا**
- **اشتقاق الصيغ والقوانين المكتشفة تجريبيا وبناؤها على أساس نظري فمثلا :**
  - ✓ **يمكن اشتقاق واثبات قوانين التوازن الكيميائي .**
  - ✓ **يمكن اشتقاق قانون هس للمحتوى الحراري والذي يعتبر حالة خاصة للقانون .**
  - ✓ **الأول للديناميكا الحرارية .**

✓ يمكن اشتقاق معادلة كلابيرون - كلاوزيوس المتعلقة بالتوازن بين الأطوار.

✓ يمكن اشتقاق معادلة قاعدة الطور أو الصنف .

المفاهيم الأساسية في الديناميكا الحرارية

تعريف النظام System : هو جزء من الكون الذي يحدث فيه التغير الكيميائي أو الفيزيائي أو هو الجزء المحدد من المادة التي توجه إليه الدراسة

المحيط Surroundings : هو الجزء الذي يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقة في شكل حرارة أو شغل ويمكن أن يكون حقيقي أو وهمي .

مثال : عند إضافة محلول حمض الهيدوكلوريك إلى محلول هيدوركسيد الصوديوم في كأس زجاجي فأن :

- النظام هو محلول الحمض والقاعدة
- حدود النظام هي جدران الكأس
- المحيط هو باقي الكون حول النظام

بناء على الطريقة التي يتبادل بها النظام الطاقة والمادة مع المحيط قسمت الأنظمة إلى ثلاث أنواع

:

1. النظام المفتوح (Open System) وهو النظام الذي يسمح بتبادل كل من المادة والطاقة بين النظام والوسط المحيط .

2. النظام المغلق (Closed System) وهو الذي يسمح بتبادل الطاقة فقط بين النظام والوسط المحيط على صورة حرارة أو شغل .
3. النظام المعزول (Isolated System) وهو الذي لا يسمح بانتقال أي من الطاقة والمادة بين النظام والوسط المحيط

خواص النظام (Properties of a System)

يمكن تقسيم الخواص الطبيعية للنظام إلي مجموعتين :

- خواص شاملة (Extensive Properties) وهي الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة ، الحجم ، السعة الحرارية ، الطاقة الداخلية ، الانتروبي ، الطاقة الحرة ومساحة السطح والقيمة الكلية بالنسبة لهذه الخواص تساوي مجموع القيم المنفصلة لها .

- خواص مركزة (Intensive Properties) وهي الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط ، درجة الحرارة ، الكثافة ، التوتر السطحي ، القوة الدافعة الكهربية والجهد الكهربي . كل هذه الخواص مميزة للمادة ولكن لا تعتمد على كميتها .

يحدث التغير في حالة النظام عند ظروف مختلفة ، نلخصها في الأتي :

العملية الاديباتيكية (Adiabatic Process) وهي التي لا يفقد النظام أو يكتسب خلالها طاقة حرارية من الوسط .

العملية الأيزوثيرمالية (Isothermal Process) هي العملية التي تحدث عند ثبات الحرارة (بناء على ذلك يحدث ثبات الطاقة الداخلية) .

العملية الآيزوبارية (Isobaric Process) هي العملية التي تحدث عند ضغط ثابت .

العملية الآيزوكورية (Isochoric Process) هي العملية التي تحدث عند حجم ثابت .

العملية الدائرية (Cyclic Process) هي العملية التي يتحرك فيها النظام في شكل دائري ويرجع لموقعه الأول (أي لا تتغير طاقته الداخلية) .

القانون الأول فى الديناميكا الحرارية:

يعبر القانون الاول عن العلاقة بين الشغل والحرارة فأذا تم تحويل كمية من الطاقة الميكانيكية الى طاقة حرارية داخل نظام معزول فأنه يوجد تناسب بين هاتين الكميتين يسمى بالمكافئ الميكانيكى الحرارى تقدر قيمته ب 4.18 جول/ سعر وقد كان جول هو أول من أجرى تجارب منتظمة لدراسة هذا التحول وتعيين ثابت التناسب

تجربة جول:

تسمى تجربة جول عادة بتجربة البدالات ويتركب الجهاز المستخدم كما بالشكل الموضح من مسعر اسطوانى الشكل مثبت به مجموعة من البدالات تتصل بمحور رأسى مثبت فى نهاية اسطوانة ملفوف حولها خيط يمر طرفاه على بكرتين ويتدلى من كل طرف ثقل بفرض ان كتلته هى m جرام – يوضع الماء بالمسعر وتقاس درجة حرارته الابتدائية ولتكن t_1

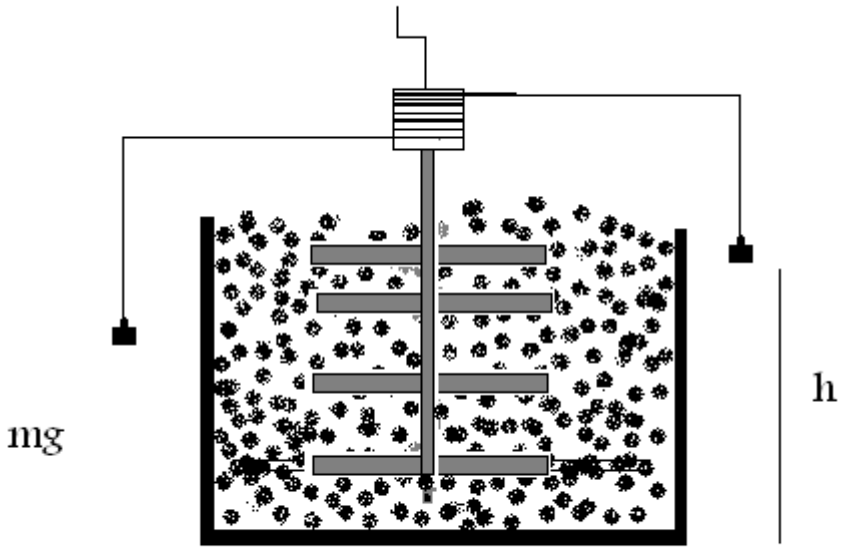
يترك الثقلان يسقطان مسافة h وبذلك يدور المحور الراسى محركا البدلات التى تقوم بدع الماء بين الالواح الثابته والاخرى المتحركة فيتحول بذلك الشغل الميكانيكى الى حرارة بسبب الاحتكاك الحادث بين طبقات الماء – يكرر عملية الاسقاط للكتل عدة مرات وبذلك ترتفع درجة حرارة الماء ولتكن الى t_2 أى أن تتولد كمية من الحرارة

$$H = (m_W s_w + m_c s_c)(T_2 - T_1)$$

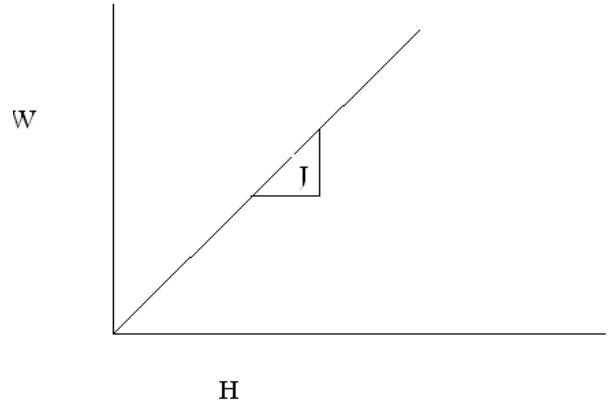
حيث m_w كتلة الماء بالمسعر و m_c كتلة المسعر وs_w الحرارة النوعية للماء وs_c الحرارة النوعية لمادة المسعر

والشغل الكلى يعطى من العلاقة

$$W = mgh$$



ترسم العلاقة كما بالشكل حيث ميل الخط هو المكافئ الميكانيكى الحرارى



التمدد الحر:

عندما يتمدد غاز ضد قوى خارجة فأنه يبذل شغلا وبالعكس فأذا ضغط غاز بفعل قوى خارجية فأن هذة القوى تبذل شغلا علية وهذا يعنى أن فى الحالة الأولى يفقد الغاز بعضا من طاقته الداخليةلأستهلاكها كشغل مبذول ضد القوى الخارجية أما فى الحالة الثانية فيكتسب الغاز طاقه تضاف الى طاقته الداخلية وتكافئ الزيادة مقدار الشغل الخارجى المبذول على الغاز

كذلك أذا أعطينا للغاز كمية من الحرارة dQ تتغير طاقته الداخلية بمقدار dU ويمكن للغاز أن يعمل شغلا قدره dW بتطبيق قانون بقاء الطاقة نحصل على الصورة التفاضلية للقانون الأول للديناميكا الحرارية

$$dQ = dU + dW$$

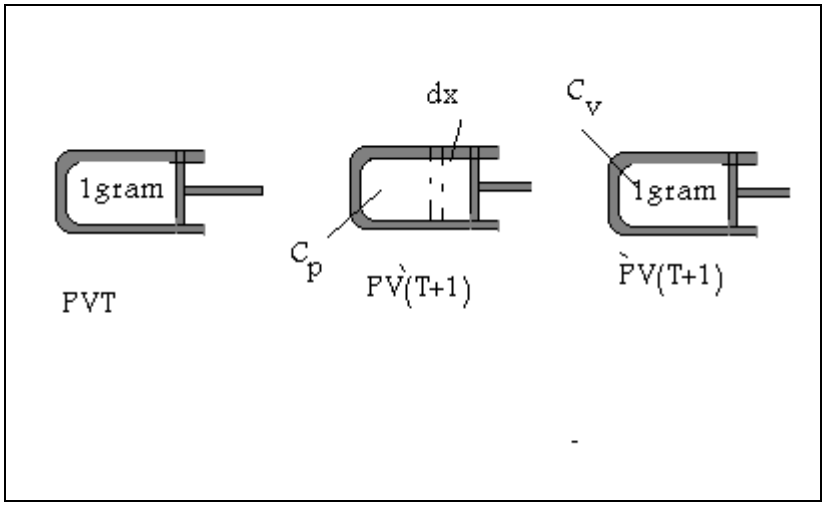
واضح أنه يجب مراعاة أن تكون وحدات طرفى المعادلة متجانسة وقد تأخذ dW أشارة موجب او سالب حسب مايلى:

- **أذا كان الغاز يبذل شغلا على الوسط المحيط تكون dW سالبة**
- **أذا كانت القوى الخارجية هى التى تبذل شغلا على الجهاز تكون عندئذ dW موجبه**

فى حالة النظام المعزول حراريا أى عندما لا يستقبل أى كمية من الحرارة من الخارج وكذلك لا يفقد اكمية من حرارته اى عندما يكون dQ مساويا الصفر يسمى التغير عندئذ أديابيتيا **adiabatic** وهناك نوع اخر من التغير يسمى بالتغير الايزوسيرمال **isothermal** اى ثابت الدرجة فية تتفاعل الطاقات مع ثبوت درجة الحرارة

السعة الحرارية عند حجم ثابت (C_v) وعند ضغط ثابت (C_p)

نفرض واحد جرام من غاز موضوع داخل اسطوانه يقفلها مكبس كما بالشكل



نفرض ان حالة الغاز الابتدائية هى PVT من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة

- أذا ثبتنا وضع المكبس بحيث نحفظ حجم الغاز ثابتا ثم أعطينا الغاز كمية من الحرارة تكفى لرفع درجة حرارة هذا الجرام درجة واحدة مئويه تكون هذه الكمية من الحرارة مساويه الحرارة النوعية تحت حجم ثابت C_v.

وتستخدم هذه الحرارة عادة فى فى رفع طاقة الحركة للجزيئات فبزداد الضغط ليصبح p'

- عند اعطاء الغاز كمية من الحرارة التى ترفع درجة الحرارة درجة واحدة مئوية مع ترك المكبس حرا . تكون هذه الكميه تساوى الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت C_p . وتستغل هذه الكمية من الحرارة فى زيادة حجم الغاز ليصبح V' ويبذل الغاز فى هذه الحالة شغلا ميكانيكيا يستهلك فى تحريك المكبس الى الخارج ويكون هذه الشغل مكافئ حرارى يجب اضافته لكمية الطاقة الحرارية اللازمه لرفع طاقة حركة الجزيئات لترتفع حرارته درجة واحدة اى ان:

$$C_p = C_v + dW \qquad ***$$

لتعيين المكافئ للشغل المبذول فى تمدد الغاز نفرض ان مساحة مقطع الاسطوانه التى تحتوى الغاز هو A وان المكبس قد تحرك مسافة dx اثناء تمدد الغاز ونفرض ان الزيادة فى الحجم dv

القوة المؤثرة على المكبس عموديا = ضغط الغاز × مساحة المكبس

الشغل الميكانيكى = القوة × المسافة

أى ان

$$dW = PAdx$$
$$dW = Pdv$$

نفرض الان القانون العام للغازات على التمدد السابق داخل الاسطوانه

$$PV = RT$$

بمفاضلة المعادلة

$$PdV + VdP = RdT$$

فأذا حفظنا ضغط الغاز ثابت أى عند ترك المكبس حر الحركة يكون $dP = 0$ يكون

$$PdV = RdT$$

وأذا كان التغير فى درجة الحرارة درجة واحدة أى أن $dT = 1$

$$PdV = R$$

ومن المعادلة السابقة * يكون:**

$$\boxed{C_p = C_v + R}$$

أمتحانات

جامعة جنوب الوادى بقنا
الزمن :3 ساعات

كلية التربية بقنا
المادة فيزياء

الشعبة: الرياضيات
الفرقة: الأولى

ـــــأمتحان دور يناير 2019

أولا جزء الحرارة

أجب عن الأسئلة الآتيه:

السؤال الأول: (26 درجة)

- **عرف مع ذكر الوحدات: درجة الحرارة - معامل التمدد الطولى - معامل التوصيل الحرارى**
- **أذكر فكرة عمل كلا من :الترمومتر البلاتينى - ترمومتر الازدواج الحرارى.**
- **ترمومتر بلاتينى مقاومته عند درجة الصفر المئوى ودرجة غليان الماء على الترتيب 200 و 400 أوم أحسب درجة الحرارة التى تجعل مقاومته 300 أوم**

السؤال الثانى (26 درجة)

- **ما هى العلاقة بين كلا من :التمدد الطولى والتمدد السطحى والتمدد الحجمى**
- **أثبت أن معامل زيادة الحجم لغاز عند ثبوت الضغط يساوى معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم**
- **صفيحة من الصلب طولها 40 سم وعرضها 25 سم فى 10 درجة مئوية احسب مساحتها فى 100 درجة مئوية علما بأن معامل التمدد الطولى للصلب= 0.000011 /درجة مئوية**

السؤال الثالث (26 درجة)

- **وضح تجربة عملية لإيجاد معامل التوصيل الحراري لمادة رديئة التوصيل على شكل أنبوبة.**
- **أسطوانه مجوفة نصف قطرها الداخلى والخارجى r_1 و r_2 على الترتيب ودرجة حرارة سطحيها الداخلى والخارجى T_1 و T_2 بحيث $T_1>T_2$. أستنتج كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل فى خلال مادة الأنبوبة**

كلية التربية بقنا المادة: فيزياء

الشعبة: الطبيعة والكيمياء الفرقة: الأولى

ـــــأمتحان دور يناير 2019

أجب عن الأسئلة الآتيه:

السؤال الأول: (24 درجة)

- **عرف مع ذكر الوحدات المستخدمة : درجة الحرارة - معامل التمدد الطولى - معامل التوصيل الحرارى**
- **أذكر فكرة عمل كلا من :الترمومتر البلاتينى - ترمومتر الازدواج الحرارى.**
- **ترمومتر بلاتينى مقاومته عند درجة الصفر المئوى ودرجة غليان الماء على الترتيب 200 و 400 أوم أحسب درجة الحرارة مقدرة بالكلفن التى تجعل مقاومته 300 أوم**

السؤال الثانى: (24 درجة)

- **ما هى العلاقة بين كلا من :التمدد الطولى والتمدد السطحى والتمدد الحجمى**
- **أثبت أن معامل زيادة الحجم لغاز عند ثبوت الضغط يساوى معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم**
- **صفيحة من الصلب طولها 40 سم وعرضها 25 سم فى 10 درجة مئوية احسب مساحتها فى 100 درجة مئوية علما بأن معامل التمدد الطولى للصلب= 0.000011 /درجة مئوية**

جامعة جنوب الوادى الزمن: ساعتان

كلية العلوم بقنا المادة: الحرارة

الفرقة: الأولى **الشعبة: العلوم الفيزيائية**

امتحان دور يونيو 2012

أجب عن جميع الأسئلة: الدرجة العظمى لكل سؤال 25 درجة

السؤال الأول:

أ- تناول بالتفصيل انتقال الحرارة خلال المواد بالتوصيـــل.... دعم أجابتك بصيغة رياضية ...ثم أدرس انتقال الحرارة بالتوصيل خلال كرتين متحدتين فى المركز

ب- الفرق بين درجتى حرارة وجهين متقابلين لصفيحة معدنية سمكها 4 مم يساوى 100 درجة مئوية فإذا كانت مساحة الصفيحة 200 سم^2 فأحسب كمية الحرارة التى تمر خلال الصفيحة فى الساعة علما بأن معامل التوصيل الحرارى لمادة الصفيحة يساوى 2,. سعر/سم درجة ثانية.

السؤال الثانى

أ- أذكر فروض نظرية الحركة للغازات ثم استنتج العلاقة بين ضغط غاز وكلا من كتلته ومتوسط سرعة الجزيئات للغاز

ب- مستخدما فروض نظرية الحركة للغازات أثبت رياضيا:

- **قانون بويل**
- **قانون شارل**

السؤال الثالث:

أ- يعتبر جهاز بوى من الأجهزة الدقيقة التى تقيس شدة الإشعاع الحرارى... أشرح فكرة عمله وتركيبه

ب- عرف مع ذكر الوحدات العملية المستخدمة:

درجة الحرارة معامل التمدد الطولى معامل التوصيل الحرارى

معامل الحمل الحرارى

ج- فى تجربة دوينج ويبتى كان أرتفاع العمود البارد هو 60 سم فى درجة 4 مئوية وأرتفاع العمود الساخن هو 60.5 سم فى درجة 95 درجة مئوية فما قيمة معامل التمدد الحجمى للسائل.

السؤال الرابع:

أ- أثبت أن معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم يساوى معامل زيادة الحجم عند ثبوت الضغط لغاز

ب- أستنتج العلاقة التى تربط الحرارة النوعية لغاز تحت حجم ثابت والحرارة النوعية لغاز تحت ضغط ثابت .

أجب عن الأسئلة الآتيه:

السؤال الأول: (32 درجة)

- **عرف مع ذكر الوحدات: درجة الحرارة - معامل التمدد الحجمى - معامل التوصيل الحرارى**
- **أذكر بعض الخواص الفيزيائية التى يبنى عليها فكرة عمل الترمومترات الحرارية ثم أذكر فكرة عمل كلا من :الترمومتر البلاتينى - ترمومتر الازدواج الحرارى.**
- **ترمومتر بلاتينى مقاومته عند نقطة انصهار الجليد هو 5 أوم وعند درجة غليان الماء هى 7.5 أوم أوجد درجة الحرارة عندما تكون المقاومه 10 أوم ثم أحسب أيضا مقاومة الترمومتر عن درجة حرارة 60 درجة مئوية**

السؤال الثانى (32 درجة)

- **ما هى العلاقة بين كلا من :التمدد الطولى والتمدد السطحى والتمدد الحجمى**
- **أثبت أن معامل زيادة الحجم لغاز عند ثبوت الضغط يساوى معامل زيادة الضغط عند ثبوت الحجم**
- **صفيحة من الصلب طولها 40 سم وعرضها 25 سم فى 10 درجة مئوية احسب مساحتها فى 100 درجة مئوية علما بأن معامل التمدد الطولى للصلب= 0.000011 /درجة مئوية**

السؤال الثالث (32 درجة)

- **وضح تجربة عملية لإيجاد معامل التوصيل الحراري لمادة رديئة التوصيل على شكل أنبوبة.**
- **أسطوانه مجوفة نصف قطرها الداخلى والخارجى r_1 و r_2 على الترتيب ودرجة حرارة سطحيها الداخلى والخارجى T_1 و T_2 بحيث $T_1>T_2$. أستنتج كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل فى خلال مادة الأنبوبة**

السؤال الرابع (32 درجة)

ا- ضع علامة √أمام العبارات الصحيحة وعلامة ×أمام العبارات الخاطئة :

- **زاوية التماس هى الزاوية المحصورة بين سطح السائل والمماس ( )**
- **قوة التماسك هى القوة بين جزيئات السائل وجدار الإناء ( )**
- **الكميات الأساسية هى السرعة والعجلة والاتجاه ( )**
- **الساعة الذرية هى التى تم ضبط زمنها على زمن ذبذبة ذرات عنصر الكريبتوم ( )**
- **اليوم الشمسى هو دوران الارض دورة كاملة حول الشمس ( )**
- **الأجهاد هو القوة المؤثرة على وحدة الاطوال من السلك ( )**
- **الموائع قابلة الأنضغاط هى الموائع التى لا تتغير كثافتها بتغير الضغط ( )**
- **قانوك هوك قبل حد المرونه يتناسب الانفعال تناسبا عكسيا مع الاجهاد المؤثر ويساوى مقدار ثابت)**
- **نسبة بواسون هى الاجهاد الطولى الى الأجهاد المستعرض ( )**
- **قوة التوتر السطحى هى القوة المؤثرة على وحدة المساحات من سطحه ( )**
- **أنفعال الأستطالة فى قطر مكعب يساوى أنفعال القص له ( )**

- قانون باسكال قوة الضغط المسلط على جزء من سائل ينتقل الى جميع أجزاء السائل ويعمل من جميع الاتجاهات ( )

ب - فسر سبب أرتفاع وأنخفاض الموائع داخل الأنابيب الشعرية ثم أشرح كيف تحقق معامل التوتر السطحى باستخدام الانابيب الشعرية

ج – سلك من الحديد قطره 0.8 مم فى درجة 14 درجة مئوية مثبت من طرفيه بحيث كانت قوة الشد فيه هى 5.5 نيوتن . عند أى درجة حرارة تصبح القوة المؤثرة على مواقع الثبيت مساوية للصفر أذا علم ان معامل التمدد الطولى للحديد 1.1×10^{-5} / درجة ومعامل ينج للحديد يساوى 2×10^{11} نيوتن /م^2

السؤال الخامس (32 درجة)

أ- أكمل ما يأتى :

1. تنص معادلة برنولى على أنه بالنسبة لوحدة الكتل .....+ .....+.....تساوى مقدار ثابت
2. الطاقة المختزنة فى الاجسام المرنة المنفعلة بساوى .....× .....× .....×.....
3. أذا تركت كرة معدنية تسقط فى سائل لزج فأن الكرة ستهبط تحت تأثير ثلاثة قوى هى.....و .....و.....
4. زاوية التماس أذا كانت أقل من 90 درجة .....السائل وأذا كانت أكبر من 90 درجة .....السائل فى الأنبوبة الشعرية
5. تم الأتفاق حديثا على أختيار طول موجة .....الصادرة من ذرة الكريبتون 86 كاساس للقياسات الطولية

ب- أوجد العلاقة بين الأجهاد والأنفعال للأجسام القابلة للسحب

ج- صاروخ مائى يحوى بداخله ماء فوق سطحه ضغطا كبيرا فأذا كان هذا الضغط يساوى 3×10^5 نيوتن/م^2 أحسب

- سرعة أندفاع الماء من فتحة الصاروخ
- قوة دفع الصاروخ علما بان الضغط الجوى يساوى 10^5 نيوتن/م^2 ومساحة فتحة الصاروخ تساوى 5×10^{-5} م^2 وكثافة الماء 10^3 كجم/م^3

جامعة جنوب الوادى بقنا
كلية التربية بقنا

الزمن : 3 ساعات
المادة : فيزياء
الفرقة الأولى الشعبة:الطبيعة والكيميا

أولا ضع علامة √أمام الجمل الصحيحة وعلامة × امام الجمل الخاطئة

1. نسبة بواسون هى الاجهاد الطولى الى الاجهاد المستعرض
2. قانون باسكال هو الضغط المسلط على جزء من سائل ينتقل الى جميع أجزاء السائل ويعمل فى جميع الاتجاهات
3. انفعال الاستطالة فى قطر مكعب يساوى انفعال القص
4. اليوم الشمسى هو دوران الأرض دورة كاملة حول الشمس
5. الموائع القابلة للانضغاط هى الموائع التى لا تتغيركثافتها بتغير الضغط
6. زاوية التماس هى الزاوية المحصورة بين سطح السائل والمماس
7. معامل اللزوجة هو القوة المماسية المؤثرة على وحدة الاطوال
8. الجزيئات فى الموائع لها حرية حركة أصغر من تلك التى فى جزيئات الحالة الصلبة
9. الأنسياب الثابت تكون سرعة المائع عند نقطة ميته متغير مع الزمن
10. الموائع تختص بمعامل المرونه الحجمى فقط
11. الغازات فى الآنية التى تحويها لا يوجد لها سطحا حرا
12. التوتر السطحى ظاهرة تنشأ عن قوى التماسك وقوة الالتصاق فى السوائل
13. درجة الحرارة هي معيارا أو مقياسا للطاقة الحركية المتوسطة لجزيئات المادة.
14. ترمومتر غاز الإيدروجين ذو الحجم الثابت يعتمد على التغير فى زيادة الضغط مع درجة الحرارة.
15. من الممكن تصميم عدة أنواع من مقاييس درجات الحرارة بالاعتماد على تغير الخصائص الكيميائية بتغير درجة الحرارة
16. إن التمدد الحراري للاجسام هو نتيجة عن للتغير الذي يحدث للمسافات الفاصلة بين جزيئات وذرات المادة
17. وحدات قياس معامل التمدد الطولى هى سم/درجة
18. التمدد الحجمى Φ لجسم صلب يساوى اربع أضعاف قيمة معامل التمدد الطولى $\Phi = 4\sigma$
19. مرونة الأجسام تزيد بارتفاع درجة الحرارة
20. وحدة قياس معامل التوصيل الحرارى هى سعر.
21. عند ثبوت درجة الحرارة لكتلة معينة من غاز يكون حاصل ضرب الحجم والضغط مقدار ثابت
22. أنتقال الحرارة بالتوصيل يتم عن طريق انتقال جزيئات المادة
23. معامل الحمل الحرارى يعتمد فقط على نوع المائع
24. يتناسب المعدل الكلى للحرارة المنبعثة بالإشعاع من وحدة المساحات لجسم تام السواد تناسبا عكسيا مع درجة الحرارة المطلقة

ثانيا :أختر الأجابة الصحيحة

1. تم الاتفاق حديثا على أختيار طول موجة ..... الصادرة من ذرة عنصر الكريبتون 86 كاساس للقياسات الطوليه

A- اللون الأزرق B- اللون الأصفر C- اللون الأحمر D - اللون البرتقالى

2. أذا تركت كرة معدنية تسقط فى سائل لزج فأن الكرة ستهبط تحت تأثير قوى هى
   A. وزنها =قوة دفع السائل +قوة اللزوجة
   B. قوة دفع السائل =وزنها + قوة اللزوجة
   C. قوة اللزوجة = وزنها +قوة دفع السائل
   D. لا يوجد أجابة

3. وحدات معامل اللزوجة هى :

A - داين/سم^2 **B**- داين/سم **C**- البواز **D**- نيوتن/م

4. فى تجربة إستوكس أذا كان السائل كثافته أكبر من كثافة مادة الكرة فأن السرعة الثابته تتحرك الى

A - اعلى **B**- أسفل **C**- لا تتحرك **D**- كل ما سبق

5. نظرية تورشيلى أذا كانت مساحة سطحا ما اكبر من مساحة الفتحة فى المستودع فأن سرعة تدفع الغاز هى .....

A- $\frac{\sqrt{gh}}{2}$ **B**- gh **C** - $\sqrt{g^2h}$ **D**- $\sqrt{gh}$

6. صاروخ مائى يحوى بداخله ماء فوق سطحه ضغطا كبيرا فإذا كان هذا الضغط يساوى 3×10^5 نيوتن /م^2 فأن سرعة تدفق الماء هى

A- 20 cm/s B = 30 cm/s **C**-40 cm/s **D**- 50 cm/s

7. سلك مساحة مقطعه A مثبت نقطتين أفقيتين المسافة بينهما 2L علقت كتله مقدارها M من منتصفه وازيحت الى اسفل الى ان اتزن فأذا بعد الكتلة M عن الأفقى بعد الاتزان هى y بحيث $y \prec 1$ ان أوجد الأجهاد فى السلك

$A - \frac{1}{4}\left(\frac{My^2}{gA}\right)$ B - $\frac{2MgL}{2yA}$ C - $\frac{Mg}{2yA}$ D - $\frac{MgL}{2yA}$

8. من المسألة السابقة أوجد الأنفعال فى السلك

$A - \frac{y}{2L^3}$ B - $\frac{yL}{2L^2}$ C - $\frac{y}{2L}$ D - $\frac{y^2}{2L^2}$

9. من المسألة السابقة أوجد معامل ينج :

$A - \frac{MgL^2}{Ay^2}$ B - $\frac{MgL}{2yA}$ C - $\frac{MgL}{Ay^2}$ D - $\frac{MgL^3}{Ay^3}$

10. من المسألة السابقة أحسب الطاقة المختزنة فى السلك

$A - \frac{Mg}{LA}$ B - $\frac{Mgy}{LA}$ C - $\frac{1}{2}MgL$ D - $\frac{1}{4}Mgy$

11. من نظرية الابعاد أوجد أبعاد معامل اللزوجة

$A - \left(ML^{-1}t^{-1}\right)$ B - $\left(ML^{-2}t^{-2}\right)$ C - $\left(MLt\right)$ D - $\left(MLt^{-2}\right)$

12. أوجد أبعاد ثابت الجاذبية

$A - \left(M^{-1}L^3T^{-2}\right)$ B - $\left(ML^3T^2\right)$ C - $\left(M^{-1}TL\right)$ D - $\left(M^{-1}L^2T^{-1}\right)$

13. للتحويل من درجة حرارة فهرنهيت الى مقدارها بالمقياس المئوى نستخدم العلاقة

A – C= (F+32)×5 C- C= 273+F 9

B – C= (F-32)×5/9 D - C =(F-32)×9/5

14. المعادلة التى تحسب درجة الحرارة فى الترمومتر البلاتينى هى

A - $t = \left(\frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \right)$ B- $t = \left(\frac{R_t R_0}{R_{100} - R_0} \right)$

C- $t = \left(\frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \right) \times 100$ D- $t = \left(\frac{R_t R_0}{R_{100} - R_0} \right) \times 100$

15. ترمومتر بلاتينى مقاومته عند نقطة انصهار الجليد هو 13 أوم وعند درجة غليان الماء 18 أوم فتكون درجة الحرارة عندما تكون المقاومه 28 هى

A- 300 C^0 B 150 C^o C 200 C^o D 170 C^o

16. المعادلة التى توضح تأثير الحرارة على مرونة الأجسام هى

A - $Y = \frac{F}{A} \frac{1}{\sigma(T_2 T_1)}$ **B-** $Y = \frac{F}{A} \frac{1}{\sigma(T_2 - T_1)}$

C- $Y = \frac{F}{A} \frac{1}{\sigma(T_2 + T_1)}$ **D-** $Y = \frac{F}{A} \frac{1}{\sigma}$

17 - يتناسب المعدل الكلى للحرارة المنبعثة بالإشعاع من وحدة المساحات مع

A. مربع درجة الحرارة المطلقة
B. الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة
C. مع الأس الثالث لدرجة الحرارة المطلقة
D. كل ما سبق

18- معامل الحمل الحراري يساوى

$A - \frac{dQ/dt}{A}$ B - $\frac{dQ/dt}{A\Delta\Phi}$ C - $\frac{dQ/dt}{\Delta\Phi}$ D - $\frac{dQ/dt}{h_c}$

19 - وحدات معامل التوصيل الحرارى هى

A. درجة مئوية/سم ثانية
B. سعر/سم درجة مئوية ثانية
C. نيوتن/سم درجة مئوية ثانية
D. درجة $^{-1}$ سم

20. جهاز بوى من الاجهزه الدقيقة التى تقيس

B- شدة التيار الكهربى A - شدة القوة الدافعة الكهربية
D - قيمة المقاومة الأومية C - شدة الأشعاع الحرارى

21. وحدات الميل الحرارى هى

A- C^0/cm^2 B- $1/C^0$ C- C^0/cm D-C^0

22. وحدات معامل التمدد الحجمى هى

A – cm^3/C^0 B- $1/C^{03}$ C- V^3/Cm D- $1/C^0$

23. صفيحة من الصلب طولها 80 سم وعرضها 50 سم فى 10 درجة مئوية. تكون مساحتها فى 100 درجة مئوية هى (علما بأن معامل التمدد الطولى للصلب= 0.000011 /درجة مئوية)

A. 1200.7 cm^2
B. 4007.9 cm^2
C. 3210.8 cm^2
D. 2003.7 cm^2

24. فى تجربة دوينج وبيتى كان أرتفاع العمود البارد هو 60 سم فى درجة 4 مئوية وارتفاع العمود الساخن هو 60.5 سم فى درجة 95 فكانت قيمة معامل التمدد الحجمى للسائل هى

A. 0.0000915 **/C^0**
B. 0.000078 / C^0
C. 0.00543 / C^0
D. 0.0000012 / C^0