3 - انتقال الحرارة بالإشعاع *Radiation*

الطريقة الثالثة لانتقال الطاقة الحرارية هي الاشعاع الحراري .عند دراستنا لانتقال الحرارة بالتوصيل والحمل لاحظنا بأن ذلك الانتقال يحتاج الى وجود تدرج في درجة الحرارة في وسط مادي . وبالمقابل فأن انتقال الحرارة بالإشعاع الحراري لا يحتاج الى وجود اي وسط مادي . وهي عملية مهمة جدا وتعتبر من الناحية الفيزيائية اهم طرق انتقال الحرارة . اذا ما هو الاشعاع ؟هو الطاقة المنبعثة من المادة عندما تكون في درجة حرارة محددة وان ميكانيكية الانبعاث ترتبط بالطاقة التي تتحرر بسبب تذبذب الحراري للجزيئات او انتقال الالكترونات التي تحتويها المادة وهذه التذبذبات مدعمة للطاقة الداخلية ومن ثم درجة الحرارة وخير مثال هو الاشعاعات الكهرومغناطيسية الصادرة من الفرن الكهربائي على شكل وهج برتقالي .ان معدل اشعاع الطاقة من سطح حقيقي يتناسب مع درجة حرارته المطلقة مرفوعة للاس الرابع وهذا ما يسمى بقانون ستيفان -بولتزمان

$$q = \sigma A e T^4 \text{-----(1)}$$

حيث q هي طاقة للموجات الكهرومغناطيسية التي تشعها سطوح الاجسام وتقاس بالواط , σ ثابت ستيفان بولتزمان ويساوي $5.67 \times 10^{-8}\ W/m^2.K^4$ و A المساحة السطحية للجسم بالامتار المربعة وe الانبعاثية *emissivity* وتشير هذه الخاصية الى مدى كفاءة بعث السطح مقارنة بسطح المشع المثالي و T درجة حرارة السطح بالكلفن . الانبعاثية تساوي الامتصاصية والتي هي جزء من الاشعاع الساقط والتي يمتصها السطح . مثلا المرآة الامتصاصية لها واطئة جدا لانها تعكس معظم الاشعة الساقطة عليها وبالتالي فأن سطح المرآة انبعاثيته واطئة في حين السطح الاسود امتصاصيته عالية لذلك انبعاثيته عالية . مقدار e تتغير قيمته من صفر الى واحد ويعتمد على نوع سطح الجسم المشع. تعتمد القابلية الاشعاعية او الامتصاصية على طبيعة السطح والطول الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة عندما يكون جسم في حالة اتزان مع الوسط فأنه يشع ويمتص طاقة بنفس المعدل ومن ثم تبقى درجة الحرارة ثابتة . عندما يكون الجسم اكثر حرارة من الوسط المحيط فأنه يشع طاقة اكثر مما يمتص وتهبط درجة حرارته . والسطح الماص المثالي هو السطح او الجسم الذي يمتص كل الطاقة الساقطة عليه ومقدار e تساوي 1 مثل هذا السطح او الجسم يسمى الجسم الاسود والجسم الماص المثالي هو ايضا مشع مثالي وتصبح المعادلة (1)

$$q = \sigma A T^4 \text{-----(3)}$$

على العكس فأن الجسم الذي له e تساوي صفر لا يمتص اي طاقة ساقطة عليه ,مثل هذا الجسم يعكس كل الطاقة الساقطة عليه ويسمى عاكسا مثاليا.

تقدر الطاقة المصاحبة للإشعاعات الكهرومغناطيسية القادمة عموديا من الشمس بمقدار 1340 J لكل متر مربع من الغلاف الجوي فوق سطح الارض لكل ثانية اي $1340\ W/m^2$ وهذا الاشعاع يمثل الجزء الوسط من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمتد من (0.1-100) µm تقريبا ويضم جزء من الاشعة فوق البنفسجية وجميع الاشعة المرئية وتحت الحمراء ويطلق عليه بالإشعاع الحراري *(Thermal radiation)* وتكون مناسبة لانتقال الحرارة ,وان الاشعاع الحراري المنبعث من السطح يحتوي على مدى من الاطوال الموجية وان مقدار الاشعاع اي شدته تتغير مع الطول الموجي .كما ان الاجسام تشع طاقة بالمعدل الذي تعطيه معادلة (1) فهي ايضا تمتص الاشعاعات الكهرومغناطيسية . واذا لم تحدث هذه العملية فان الجسم سيفقد كل طاقته ويصل الى الصفر المطلق . الطاقة التي يمتصها الجسم تأتي من الوسط المحيط والذي يحتوي على اجسام اخرى مشعة .هنالك حالة خاصة تظهر باستمرار في الحياة العملية تتضمن التبادل الصافي بين سطح واخر يحيط به فاذا كانت درجة حرارة الجسم هي T والوسط المحيط T_0 عندئذ سيكون مقدار الطاقة المكتسبة او المفقودة في كل ثانية بواسطة الجسم عن طريق الاشعاع اي المعدل الصافي لتبادل الحرارة بالاشعاع

$$q = \sigma A e (T^4 - T_0^4) \text{-----(2)}$$

ان وحدة الطول الموجي الشائعة هي µm حيث ($1\ \mu m = 10^{-6} m = 10^4$ Angstroms)

المحاضرة الرابعة

الحرارة و تأثيراتها

1 - الحرارة وتأثيراتها ***Heat and its Effect***

إن عملية رفع درجة حرارة المادة يعني تزويدها بالطاقة الحرارية، اما عملية خفض درجة الحرارة المادة فتعني سحب مقدار من الطاقة الحرارية.اذا وكما تعرفنا سابقا الحرارة هي عملية انتقال الطاقة من او الى النظام بسبب الاختلاف في درجات الحرارة.

أما في عمليات الغليان والانصهار والتسامي التي تمر بها المواد ،فان كمية من الطاقة الحرارية سوف تمتص من دون ان تسبب أي زيادة في درجة حرارة المادة .وفي حالة عمليات التكاثف والانجماد فان مقداراً من الطاقة الحرارية سوف يتحرر مع بقاء درجة حرارة المادة ثابتة.

ومن خلال دراسة عمليات التسخين والتبريد والعمليات التي تمر بها المادة كالغليان والانصهار والتكاثف والتسامي والانجماد يمكن استنتاج بعض النقاط ا لمهمة:

1- ان اضافة طاقة الحرارية الى المادة يسبب زيادة الطاقة الحركية أو الاهتزازية لذرات أو جزيئات المادة مما يؤدي الى رفع درجة حرارتها، بينما يحدث العكس عند سحب كمية من الطاقة الحرارية , حيث تقل الطاقة الاهتزازية او التذبذبية لذراتها او جزيئاتها مما يؤدي الى خفض درجة حرارتها .مع ملاحظة ان المادة تبقى محافظة على حالتها سواء كانت صلبة , سائلة أم غازية.

2 - ان امتصاص أو تحرير الطاقة الحرارية خلال عمليات الغليان والانصهار والتسامي والتكاثف والانجماد لا يؤدي الى زيادة أو خفض درجة حرارة المادة، بل ان درجة الحرارة تبقى ثابتة طيلة فترة عملية التحول في حالة المادة بل يحدث تغير في خصائصها الفيزيائية مثل هذا التغير يسمى تغير في الطور *phase change*. ومثل هذه التغيرات في الطور للأنظمة تتضمن تغير في الطاقة الداخلية للنظام ولكن لا تسبب تغير في درجات حرارتها حيث ان زيادة الطاقة الداخلية على سبيل المثال في الغليان يتضمن كسر الاواصر التي تربط بين ذرات أو جزيئات الحالة السائلة . ان عملية كسر الاواصر يسمح للجزيئات ان تتحرك مبتعدة عن بعضها وهي الحالة الغازية مع زيادة الطاقة الكامنة الداخلية للجزيئات او العكس عند تكوين وبناء هذه الاواصر. مع ملاحظة ان المواد تختلف في استجابتها عند اضافة او ازالة الطاقة الحرارية عند تغير الطور بسبب اختلاف الترتيب الداخلي للجزيئات المكونة للمادة وكذلك كمية الطاقة الحرارية

المنتقلة تعتمد على كمية المادة او كتلتها وتوجد بعض التغيرات الاخرى مثل التغير في التركيب البلوري للمادة الصلبة او التحولات الكهربائية والمغناطيسية.

كمية الطاقة(Q) التي يجب تجهيزها أو سحبها من المادة تعتمد على عدة عوامل منها:

1- كتلة المادة.
2- مقدار الارتفاع أو الانخفاض (مقدار التغير) في درجة حرارة المادة.
3- الحرارة النوعية للمادة.

4 - *الحرارة النوعية و السعة الحرارية* ***Specific Heat and Heat Capacity***

عند اضافة طاقة لمادة ما ولم تبذل شغل فأن درجة حرارتها ترتفع اي تزداد طاقتها الداخلية والعكس صحيح ,مع وجود حالة استثنائية كما ذكرنا سابقا وسوف نتكلم عليها بالتفصيل لاحقا وهي حالة تغير في طور المادة (Phase change)" أن كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من المادة بمقدار ما تختلف من مادة الى اخرى ,مثلا كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام من الماء درجة سيليزية واحدة (1°C)تساوي 4186 J بينما كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام واحد من النحاس بمقدار درجة سيليزية واحدة تساوي 387J .

- ***السعة الحرارية (c) Heat Capacity***

تعرف السعة الحرارية لمادة ما بانها كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة تلك المادة درجة سيليزية واحدة. وبالتالي اذا احدثت كمية من الطاقة Q تغير في درجة الحرارة مقداره ΔT عندئذ يعبر عن السعة الحرارية بالقانون التالي.

$$\boldsymbol{C = \frac{Q}{\Delta T}} - - - - - (\mathbf{1})$$

اي ان مقدار الطاقة الحرارية التي تحدث تغيرا مقداره $\boldsymbol{\Delta T}$ في درجات الحرارة في المادة

$$Q = C \times \boldsymbol{\Delta T} - - - -(\mathbf{2})$$

ان وحدات السعة الحرارية هي J/K

- ***الحرارة النوعية للمواد*** ***Specific Heat of Material***

الحرارة النوعية لمادة ما هي الطاقة المنتقلة على شكل حرارة Q الى كتلة من المادة m لتغير درجة حرارتها بمقدار ΔT اي بمعنى اخر هي السعة الحرارية لوحدة الكتلة

$$\boldsymbol{C = \frac{Q}{m\Delta T}} \quad ----(3)$$

وحدات الحارة النوعية هي J/kg.K , J/gm.K , cal/gm.K , J/mol.K

من هذا التعريف يمكن ان نعبر عن الطاقة Q المنتقلة كحرارة بين عينة كتلتها m والوسط المحيط بها والناتج عنها تغير في درجة الحرارة قدره ΔT كما يلي .

$$\boldsymbol{Q = mC\Delta T} \quad ---(4)$$

مثلا الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة 0.5kg من الماء ثلاث درجات سيليزية هي :

$$Q = 0.5\ kg \times 4186\ {}^{J}/_{kg.^{\circ}C} \times 3^{\circ}C = 6.28 \times 10^{3} J$$

مع ملاحظة عند الزيادة في درجات الحرارة فان كل من Q و $\boldsymbol{\Delta T}$ موجبة اي ان الطاقة تنتقل الى النظام وعند تناقص درجات الحرارة فان كل من Q , $\boldsymbol{\Delta T}$. سالبة اي ان الحرارة تنتقل من النظام .

الحرارة النوعية هي مقياس لمدى حساسية المادة للطاقة المضافة فكلما زادت الحرارة النوعية للمادة كلما زاد مقدار الطاقة الواجب اضافتها الى الكتلة المحددة من المادة لإحداث التغير في درجة حرارتها قدره ΔT.

والحرارة النوعية تتغير مع درجة الحرارة الا انه لو كان مدى التغير في درجة الحرارة ليس كبيرا فانه من الممكن اهمال التغير واعتبار الحرارة النوعية مقدار ثابت على سبيل المثال الحرارة النوعية للماء تتغير بمقدار 1% عندما تتغير درجة حرارته من 1°C الى 100°C عند الضغط الجوي الاعتيادي وسوف نهمل هذا التغير الا اذا ذكر غير ذلك.

جدول رقم (1) يوضح الحرارة النوعية لبعض المواد بدرجة حرارة 25 °C والضغط الجوي

السعة الحرارية ترتبط بالحرارة النوعية بالعلاقة التالية

السعة الحرارية = الكتلة × الحرارة النوعية

$$c = m \times C \text{-------(5)}$$

المـــــادة	الحـــرارة النوعـــية J/kg·°C	الحـــرارة النوعـــية cal/g·°C	المـــــادة	الحـــرارة النوعـــية J/kg·°C	الحـــرارة النوعـــية cal/g·°C
المواد الجامدة الفلزية			مواد صلبة أخرى		
الألمونيوم	900	0.215	نحاس أصفر	380	0.092
البرليوم	1830	0.436	زجاج	837	0.200
كادميوم	230	0.055	جليد (-5°C)	2090	0.50
نحاس	387	0.0924	رخام	860	0.21
جرمانيوم	322	0.077	خشب	1700	0.41
ذهب	129	0.0308	السوائل		
حديد	448	0.0107	كحول إيثيلي	2400	0.58
رصاص	128	0.0305	زئبق	140	0.033
سليكون	703	0.168	ماء (15°C)	4186	1.00
فضه	234	0.056	غاز		
			بخار ماء (100°C)	2010	0.48

مثال(1): افترض لدينا 1kg من المواد التالية (الحديد, الزجاج , الماء) وجميعها عند درجة حرارة10 °C

a - رتب تلك المواد من الاكبر الى الاقل درجة الحرارة بعد اضافة طاقة حرارية مقدارها 100J

b – رتب المواد من الاكبر الى الاقل في الطاقة المنقولة اذا ارتفعت درجة حرارة كل منها الى 20°C

الجواب

a- حديد , زجاج, ماء

b- ماء , زجاج , حديد

مثال (2) : 2kg من الحديد سخنت من 50 °C الى 100 °C . مامقدار كمية الحرارة الممتصة بواسطة الحديد اذا علمت ان الحرارة النوعية للحديد 130J/ kg. °C.

واجب(1)الحرارة النوعية للماء ضعف الحرارة النوعية للكحول الاثيلي تقريبا . اذا كانت كتلة الماء والكحول متساوية واعطيا نفس المقدار من الطاقة. قارن بين درجتي حرارة السائلين

واجب (2) :ترتفع درجة حرارة قضيب من الفضة بمقدار 10°C عندما تمتص طاقة حرارية بمقدار 1.23kJ . كتلة القضيب 525gm . اوجد الحرارة النوعية للفضة ؟

واجب (3): عينة من النحاس كتلتها 50gm عند درجة حرارة 25 °C . اذا اكتسبت طاقة قدرها 1200J بواسطة الحرارة ما مقدار درجة حرارتها النهائية.

واجب (4) : الحرارة النوعية للنحاس 390J/kg. °C التغير في درجة الحرارة 40°C . اذا كان النحاس يكتسب حرارة 40J , ماهي كتلة النحاس.

واجب (5): اذا كانت درجة الحرارة الابتدائية الى 20gm من الماء هي 30 °C . والحرارة النوعية للماء 1cal/gm. °C . و مقدار الطاقة الحرارية التي يكتسبها الماء 300 calories , ما مقدار درجة الحرارة النهائية ثم اوجد مقدار التغير في درجة الحرارة.

واجب (6) : يمتص 2kg من النحاس طاقة حرارية قدرها 39000J عند درجة حرارة 30 °C . اذا كانت الحرارة النوعية للنحاس 390 J/kg. °C ماهي درجة الحرارة النهائية.

واجب (7) : 5kg من الماء سخنت من 15 °C الى 40 °C . ماهي كمية الحرارة يكتسبها الماء اذا علمت ان الحرارة النوعية للماء $4.2x\ 10^3$J/kg. °C.

واجب (8): التغير في درجة حرارة مياه البحر هو 1 °C عندما تمتص المياه 3900J من الطاقة على شكل حرارة . ماهية كتلة مياه البحر اذا علمت ان الحرارة النوعية لمياه البحر 3.9×10^3 °CJ/kg.

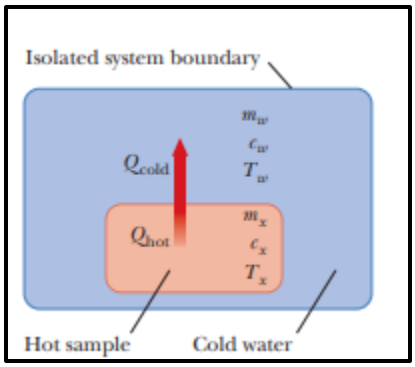
واجب (9): جد كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كل مما يأتي من 20°C الى 75°C

a – الماء حرارته النوعية 4186J/kg.K b – زجاج البيركس حرارته النوعية 837J/kg.K

5 - قياس الحرارة النوعية *Specific Heat Measurement(Calorimetry)*

أحد طرق قياس الحرارة النوعية هي طريقة تسخين عينة الى درجة حرارة معروفة T_x ثم وضعها في وعاء يحتوي على كمية من الماء لها كتلة ودرجة حرارة معروفة m_w و T_w بحيث ان $T_x > T_w$ ثم تقاس درجة حرارة الماء بعد أن يحدث أتزان حراري . هذه التقنية تسمى Calorimetry والمنظومة التي يحدث فيها انتقال الطاقة الحرارية تسمى(Calorimeter اي المسعر) الشكل (1) يبين النموذج الساخن في الماء البارد وبالتالي سوف تنتقل الطاقة على شكل حرارة من الجزء الاكبر درجة حرارة نحو الاقل درجة حرارة فاذا كان النظام معزول حراريا فان حسب قانون حفظ الطاقة كمية الطاقة Q_{hot} المنتقلة من النموذج الغير معروف حرارته النوعية تساوي كمية الطاقة المكتسبة Q_{cold} من قبل الجزء البارد في المنظومة وهو الماء اي بمعنى ان الطاقة التي تترك الجزء الساخن من النظام تساوي كمية الطاقة التي يكتسبه الجزء البارد من النظام وبالتالي فان قانون حفظ الطاقة يعبر عنه رياضيا بالمعادلة التالية

$$Q_{cold} = - Q_{hot} \text{ -------(6)}$$



الشكل (3)

الاشارة السالبة في المعادلة لها اهمية لكي نحافظ على قاعدة الاشارات . حيث كمية الحرارة التي تغادر العينة مقدارها سالب والاشارة السالبة في المعادلة تؤكد على ان الحد الايمن موجب ومن ثم فهو يتفق مع الحد الايسر لان الحرارة التي يكتسبها الجزء البارد موجبة اي طاقة مكتسبة تدخل الى الجزء البارد.

نفرض ان m_x هي كتلة عينة من مادة ما نرغب في تعين حرارتها النوعية . *سنعتبر حرارتها النوعية هي* C_x *ودرجة حرارتها الابتدائية* T_x وبالمثل *سنفترض ان* T_w , C_w , m_w تمثل مقادير الماء .لو ان النظام المتكون من القطعة المعدني والماء وصل الى حالة الاتزان الحراري عند درجة T_f سنجد ان الطاقة المنتقلة الى الماء اي المكتسبة *هي*[$m_w C_w (T_f - T_w)$] وهي كمية موجبة *لان* $T_f > T_w$ وان الطاقة المنتقلة من العينة المراد قياس حرارتها النوعية اي المفقودة

هي [$m_x C_x(T_f - T_x)$] وهي كمية سالبة*لان* $T_x > T_f$ وبتطبيق معادلة (6) *ينتج*

$$m_w C_w(T_f - T_w) = -m_x C_x(T_f - T_x)$$

$$\therefore \boldsymbol{C_x = \frac{m_w C_w (T_f - T_w)}{m_x (T_x - T_f)}}$$

مثال (3): قطعة معدنية كتلتها 0.05kg سخنت لدرجة حرارة 200℃ ثم اسقطت في كأس به 0.4kg من الماء عند درجة حرارة ابتدائية 20℃فاذا كانت درجة الحرارة عند الاتزان الحراري للمجموعة هي 22.4℃ احسب الحرارة النوعية للمعدن.

$$\because m_w C_w(T_f - T_w) = -m_x C_x(T_f - T_x)$$

$$\therefore \boldsymbol{C_x = \frac{m_w C_w (T_f - T_w)}{m_x (T_x - T_f)}}$$

$$= \frac{0.4kg\ 4186 J/kg.℃(22.4 - 20)℃}{0.05kg(200 - 22.4)℃} = 453 J/kg.℃$$

واجب: درجة الحرارة لمياه عند قمة شلال 10 °C وان المياه تهبط من ارتفاع 50m فلو كانت كل طاقة الوضع للمياه قد استخدمت في رفع درجة حرارة الماء . احسب الدرجة النهائية للماء اسفل الشلال

واجب : حدوة حصان كتلتها 1.5kg عند درجة حرارة ابتدائية 60°C سقطت في وعاء به ماء كتلته 20kg عند درجة حرارة 25°C . ماهي درجة الحرارة النهائية ؟ (اهمل السعة الحرارية للوعاء . وافترض ان كمية قليلة من الماء قد تبخرت)

- ***الطريقة الكهربائية لقياس الحرارة النوعية للمواد الصلبة***

تستخدم هذه الطريقة لقياس الحرارة النوعية للمواد الصلبة الجيدة التوصيل للحرارة كالنحاس والالمنيوم. إذ تؤخذ قطعة معدنية منتظمة الشكل تحتوي على فتحة يثبت فيها سخان كهربائي (هيتر) و (ثرموميتر). تقاس كتلة المادة المعدنية ودرجة حرارتها الابتدائية $\mathbf{T_1}$،ثم تحاط القطعة المعدنية بمادة عازلة كالصوف الطبيعي أو الاصطناعي ويمرر خلال السخان تيار كهربائي (I) مناسب وتحسب مدة مرور التيار باستخدام ساعة توقيت وتسجل ايضاً قراءات الفولتميتر (V) والأميتر (I) عندما ترتفع درجة الحرارة بمقدار مناسب عشر درجات ($\mathbf{\Delta T}$)مثلاً يوقف مرور التيار وساعة التوقيت في الوقت نفسه وتسجل أعلى قراءة يصلها المحرار $\mathbf{T_2}$. فإذا فرضنا ان الطاقة الحرارية المتسربة الى المحيط تساوي صفراً، فان:

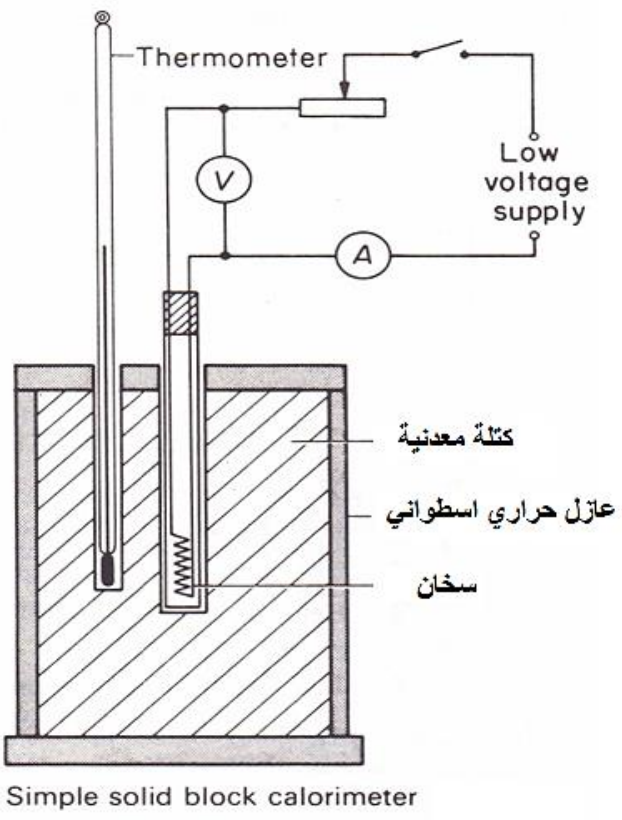
الطاقة الكهربائية التي يزود بها السخان = الطاقة الحرارية التي تزود بها القطعة المعدنية

$$m\ C\ \Delta T\ =\ VI\ \ t \qquad \text{-------(1)}$$

$$m\ \ C\ \ (T_2\ -\ T_1\ )\ =V\ I\ t \qquad \text{---------(2)}$$

$$C\ =\ \frac{V\ I\ t}{m\ (T_2\ -T_1)} \qquad \text{----------(3)}$$

فإذا كانت قيمة التيار بالأمبير وفرق الجهد بالفولت والزمن بالثانية ودرجة الحرارة بالدرجة الكلفنية (k) والكتلة بالغرام (gm) فان وحدة الحرارة النوعية هي الجول لكل غرام لكل درجة كلفنية. الشكل (2) يوضح الطريقة الكهربائية لقياس الحرارة النوعية للمواد الصلبة.



الشكل (2) :الطريقة الكهربائية لقياس الحرارة النوعية للمواد الصلبة

- ***الطريقة الكهربائية لقياس الحرارة النوعية للمواد السائلة***

ان الطريقة الكهربائية لقياس الحرارة النوعية للمواد السائلة تشبه الى حد كبير قياس الحرارة النوعية للمواد الصلبة , حيث يستخدم وعاء معدني كمسعر حراري يوضع فيه السائل والسخان الكهربائي والثرموميتر, ومحرك اي اداة لتحريك السائل باستمرار خلال فترة مرور التيار الكهربائي . تقاس كتلة السائل (m) وكتلة المسعر m_c ودرجة الحرارة الابتدائية والنهائية وقيم الفولتية (V) والتيار(I) والزمن (t). وهنا يجب ان تكون قيمة الحرارة النوعية للمسعر

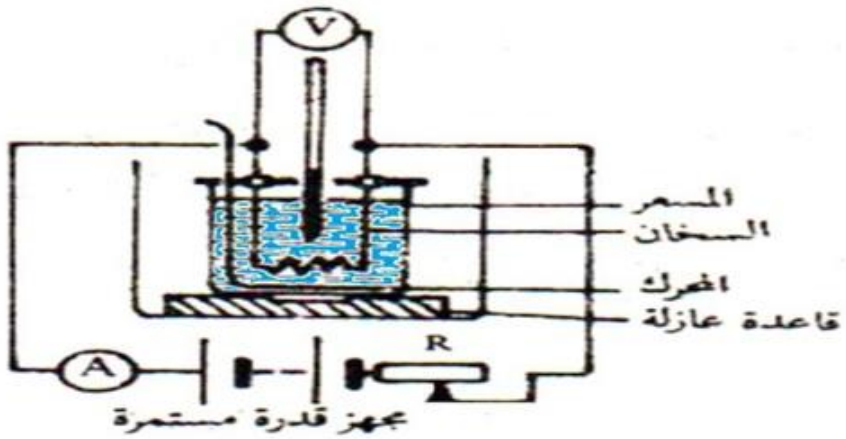
, وباستخدام المعادلة :

الطاقة التي يزود بها السخان = الطاقة التي يكتسبها السائل + الطاقة التي يكتسبها المسعر

$$I\,V\,t = m\,C\,(T_2 - T_1) + m_c\,C_c\,(T_2 - T_1) \quad \text{-------(4)}$$

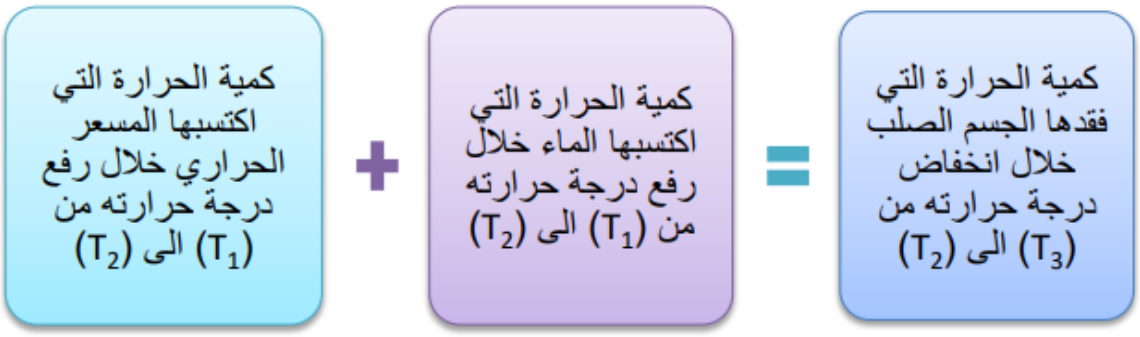
$$C = \frac{I\,V\,t - m_c\,C_c\,(T_2 - T_1)}{m\,(T_2 - T_1)} \text{---------(5)}$$

الشكل (3) : الطريقة الكهربائية لقياس الحرارة النوعية للمواد الصلبة



- ***طريقة الخلط لإيجاد الحرارة النوعية للمواد الصلبة***

في هذه الطريقة يتم تحديد كتلة الجسم الصلب المراد ايجاد حرارته النوعية , ثم يعلق ويوضع في ماء مغلي لمدة عشرة دقائق , اذ تصبح درجة حرارته (T_3) مساوية الى 100°C ,ثم ينقل الجسم الى مسعر حراري (calorimeters) كتلته (m_C) يحتوي على كمية من الماء كتلته (m_W) ودرجة حرارتهما (T_1) يحرك الماء وتسجل درجة حرارتهما النهائية ولتكن (T_2) . فاذا فرضنا ان كمية الحرارة التي يفقدها الجسم الصلب خلال نقله الى المسعر تساوي صفر فأن



فاذا كانت الحرارة النوعية للجسم الصلب تساوي (C) والحرارة النوعية للماء (C_W) والحرارة النوعية للمسعر (C_c) فأنه يمكن الحصول على الحرارة النوعية للجسم

$$m\,C\,(T_3 - T_2) = m_w C_W (T_2 - T_1) + m_c C_c (T_2 - T_1) \quad \text{------(6)}$$

$$= (m_w C_W + m_c C_c)\,(T_2 - T_1)$$

$$C = \frac{(mwCW + mcCc)\,(T2 - T1)}{m\ (T3 - T2)} \qquad \text{----------(7)}$$

مثال : اذا كان معدل انسياب سائل خلال مسعر الانسياب المستمر تساوي 15g/sec وان السخان الكهربائي يقوم بتزويد قدرة مقدارها 200W . تحت هذه الظروف تم الحصول على فرق في درجة الحرارة مقدارها 3 °C ولاجل الحصول على نفس الفرق في درجات الحرارة تحت معدل انسياب مقداره 5g/sec يجب تبديد قدرة مقدارها 800W . جد الحرارة النوعية للسائل ومعدل فقدان الحرارة للمحيط

1W =1 J/s

القدرة الكهربائية للحالة الاولى = 200J/s

القدرة الكهربائية للحالة الثانية = 80 J/ s

كمية الحرارة المكتسبة للسائل في الثانية الواحدة

Q = m C Δ T

Δ TC = Δ TK = 3K

= 15 g/s C 3K

نفرض معدل فقدان الحرارة الى المحيط خلال الثانية الواحدة = H

$\therefore 200\ \frac{J}{s} = \ 15\ \times 10^{-3}\ \frac{Kg}{s}\ \times C\ \times 3K\ + H$----------(1)

$80\ \frac{J}{S} = 5\ \times 10^{-3}\ \frac{Kg}{s}\ \times C\ \times 3K\ \ + H$----------(2)

$C\ =\ 4 \times 10^{3}\ \frac{J}{Kg\ .k}$

للحصول على معدل الحرارة المفقودة الى المحيط نعوض عن قيمة الحرارة النوعية في المعادلة الاولى او الثانية

$$200\ \frac{J}{s} = \ 15\ \times 10^{-3}\ \frac{Kg}{s}\ \times 4 \times 10^{3}\ \frac{J}{Kg\ .k}\ \times 3K\ + H$$

$$200\ \frac{J}{s} = 180\frac{J}{s}\ + H$$

$$H = 20\frac{J}{s}$$

مثال 2 : سخنت قطعة من النحاس كتلتها 100gm الى درجة حرارة 100°Cونقلت الى مسعر من النحاس جيد العزل كتلته 50gm يحتوي على 200gm من الماء عند درجة حرارة 10°C .جد درجة حرارة الماء النهائية. اذا علمت ان الحرارة النوعية للنحاس $4x10^{2}$J/kg. °C وللماء $4.2x10^{3}$Jkg. °C ملاحظة اهمل اي فقدان للحرارة الى المحيط.

نفرض ان درجة الحرارة النهائية (درجة الاتزان) T_2 °C

التغير في درجة حرارة القطعة المعدنية°C (T_2 -100)

التغير في درجة حرارة المسعر والماء°C (T_2-10)

Q_{cold}=-Q_{hot}

اي ان كمية الحرارة المكتسبة =كمية الحرارة المفقودة

كمية الحرارة التي تفقدها القطعة المعدنية

$$Q = mC\Delta T = 0.1kg \times 4 \times 10^2 {}^{J}/_{kg.^\circ\mathrm{C}} \times (100 - T_2) = 40(100 - T_2)$$

كمية الحرارة المكتسبة= كمية الحرارة المكتسبة للماء +كمية الحرارة المكتسبة للمسعر

$$= m_W C_W \Delta T + m_c C_c \Delta \mathrm{T}$$

$$= 0.2\mathrm{kg} \times 4.2 \times 10^3 {}^{J}/_{kg.^\circ\mathrm{C}} (T_2 - 10) + 0.05\mathrm{kg} \times 4$$

$$\times 10^2 {}^{J}/_{kg.^\circ\mathrm{C}} \times (T_2 - 10)$$

$$= 840(T_2 - 10) + 20(T_2 - 10)$$

$$840(T_2 - 10) + 20(T_2 - 10) = 40(100 - T_2)$$

$$(T_2 - 10)860 = 40(100 - T_2)$$

$T_2 = 14℃$

مثال: غلاية كهربائية فيها عنصر تسخين قدرته 2750 w وسعتها الحرارية 530 J/k فاذا وضع فيها 1.7 kg ماء , كم من الوقت يلزم لكي ترتفع درجة حرارة الغلاية والماء من 20 ℃ الى 100 ℃ . مع العلم ان الحرارة النوعية للماء 4200J/kg.k

كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة

القدرة الكهربائية المجهزة = 2750 J/s

كمية الحرارة المكتسبة =كمية الحرارة المكتسبة للماء + كمية الحرارة المكتسبة للغلاية

الطاقة الكهربائية المجهزة = (C_C + $m_w C_w$) ΔT

(350J/k + 1.7 kg x2400J/kg .k) 80 k =

6.14 x10^5J =

6.14×10^5 J= 2750 J/s x t

t =223s

واجب: مر تيار كهربائي مقداره 2Amp في ملف تسخين ذي مقاومة ثابتة مقدارها 15 Ω مغمور في 500 gm من الماء في درجة الصفر السيليزي في مسعر زجاجي معزول . فارتفعت درجة حرارة الماء الى 8°C بزمن مقدارها 5 Sec . فاذا احتوى هذا المسعر على 250gm من الثلج و500 gm من الماء ما قيمة التيار الكهربائي اذا اريد لهذا الخليط ان يسخن الى نفس الدرجة خلال نفس الفترة الزمنية .