الطاقة الحرارية والانتقال الحراري .

I ـ التبادلات الطاقية .

1 ـ الانتقال الحراري

عند وضع إناءا يحتوي على كتلة m من الماء فوق موقد بنسن ، نلاحظ أن درجة حرارة الماء ارتفعت .
نقول أن الطاقة انتقلت من لهب الموقد إلى الماء على شكل حرارة ونرمز لها ب Q .

2 ـ التبادل الطاقي بالإشعاع

بواسطة الأشعة المرئية أو غير المرئية يمكن أن نرفع من درجة حرارة الماء عندما نعرضه لها . أي أن الإشعاع يضمن انتقال الطاقة من منبع إلى جسم مستقبل.

3 ـ التبادل بواسطة شغل

عند تحريك كمية من الماء بواسطة لوحة مسطحة palette نلاحظ ارتفاع درجة حرارة الماء نقول أن هناك تبادل للطاقة بواسطة الشغل .

4 ـ خلاصة :

يمكن من رفع درجة حرارة مجموعة ما بالتبادلات الطاقية التالية : إما بالانتقال الحراري أو بالإشعاع أو بالشغل الميكانيكي .

5 ـ الحصيلة الطاقية

الطاقة الكلية لكتلة الماء هي : $E = E_m + U$ بحيث أ، E_m الطاقة الميكانيكية لكتلة الماء و U الطاقة الداخلية .

بالنسبة للتبادلات الطاقية السابقة لدينا في كل حالة $E_m = E_C + E_{pp}$ لاتتغير أي $\Delta E_m = 0$

بالنسبة للطاقة الداخلية فارتفاع درجة الحرارة ناتج عن الارتجاج الحراري لجزيئات الماء مما يؤدي لإلى تغير في الطاقة الحركية المجهرية وبالتالي تغير في الطاقة الداخلية أي $\Delta E = \Delta U$ وحسب المبدأ الأول للترموديناميك $\Delta U = Q$ وبالتالي :

$$\Delta E = \Delta U = Q$$

II ـ الانتقال الحراري بدون تغير الحالة الفيزيائية للجسم .

1 ـ تعبير كمية الحرارة .

الدراسة التجريبية

تجربة 1

نسخن كمية من الماء كتلتها $m = 200g$ ، خلال هذه العملية نقوم بتسجيل تغير درجة الحرارة $\Delta\theta$ بدلالة مدة التسخين Δt حيث $\Delta\theta = \theta - \theta_0$. θ_0 تمثل درجة حرارة الماء قبل التسخين .

$\Delta\theta$ °C	1	2	3	4	5	6
$\Delta t(\mathbf{min})$	5	10	15	20	25	30

1 ـ أملأ الجدول أعلاه .

2 ـ مثل الدالة $\Delta\theta = f(\Delta t)$ باختيار سلم ملائم . ما هي العلاقة بين $\Delta\theta$ و Δt ؟

نحصل على مستقيم يمر من أصل المعلم مما يدل على أن $\Delta\theta$ تتناسب اطرادا مع Δt أي أن $\Delta\theta = b\Delta t$.

3 ـ حسب الفقرة السابقة أن الماء يكتسب كمية من الحرارة Q نتيجة ارتفاع درجة الحرارة ونقبل أن Q تكتب على الشكل التالي $Q = a\Delta t$. بين أن Q تتناسب اطرادا مع $\Delta\theta$.

بما أن $Q = a\Delta t$ و $\Delta t = \frac{\Delta\theta}{b}$ إذن $Q = \frac{a}{b}\Delta\theta \Rightarrow Q = k\Delta\theta$

تجربة 2

نأخذ ثلاث كميات من الماء $(m_1 = 100g, m_2 = 200g, m_3 = 300g)$ ونسخنها بكيفية منتظمة ونسجل مدة التسخين Δt بالنسبة لتغير درجة حرارة ثابت مثلا $\Delta\theta = 20°C$

$m(g)$	100	200	250	300
$\Delta t(\mathbf{min})$	2	4	5	6

1ـ أملأ الجدول أعلاه .

2 ـ مثل الدالة $m = g(\Delta t)$ باختيار سلم ملائم . واستنتج العلاقة بين m و Δt .

نحصل على مستقيم يمر من أصل المعلم أي أن $m = a.\Delta t$

3 ـ كيف تتغير كمية الحرارة المكتسبة من طرف الماء مع الكتلة m ؟

بما أن كمية الحرارة المكتسبة من طرف كمية الماء تتناسب مع Δt أي أن $Q = b\Delta t$ وحسب السؤال السابق أن m تتناسب اطرادا مع Δt إذن فكمية الحرارة تتناسب كذلك مع m أي أن :

$$Q = k' m$$

تجربة 3

نأخذ كميتين متساويتين m=100g من الزيت والماء . نسخن كل واحدة بكيفية منتظمة ونسجل مدة التسخين Δt بالنسبة لتغير درجة حرارة كل منهما ثابت مثلا $\Delta\theta = 20°C$.

الزيت	الماء	طبيعة الجسم
2min	4min	$\Delta t(\mathbf{min})$

1 ـ سجل النتائج المحصل عليها في الجدول أعلاه . ماذا نستنتج ؟

نستنتج أن كمية الحرارة المكتسبة من طرف جسم ما تتعلق بطبيعة الجسم

2 ـ خلاصة :

يمكن أن نعبر عن كمية الحرارة المكتسبة من طرف جسم ما بالعلاقة التالية :

$$Q = mC(\theta_f - \theta_i)$$

Q : كمية الحرارة المكتسبة من طرف جسم كتلته m لرفع درجة حرارته من θ_i إلى θ_f .

C : ثابتة التناسب ، تتعلق بطبعة الجسم وتسمى الحرارة الكتلية للجسم. la chaleur massique .

ملحوظة :

* $\theta_f > \theta_i$ تكون $Q > 0$ وبالتالي يكتسب الجسم الحرارة من المحيط الخارجي .

$\theta_f < \theta_i$ تكون $Q < 0$ وبالتالي يمنح الجسم الحرارة إلى المحيط الخارجي .

* في حالة $\theta_f - \theta_i = 1°C$ و m=1kg نجد $Q = C$

تعريف بالحرارة الكتلية لجسم ما :

تساوي الحرارة الكتلية لجسم ما ، كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة كتلة هذا الجسم (1kg) بمقدار 1°C ، دون تغير حالته الفيزيائية .

الوحدات : Q نعبر عنها بالجول

θ_i و θ_f نعبر عنها بالسيلسيوس °C أو بالكلفين K .

m بالكيلوغرام kg

C نعبر عنها ب $\left(J.kg^{-1}°C^{-1}\right)$ أو ب $\left(J.kg^{-1}K^{-1}\right)$

ملحوظة 2 : بالنسبة للغازات يجب أن نميز بين حرارتين كتليتين : C_v عند حجم ثابت و C_p عند ضغط ثابت .

3 ـ الحصيلة الطاقية

بالنسبة لجسم صلب أو سائل يمكن اعتبار طاقته الداخلية حسب المبدأ الأول للترموديناميك :

$\Delta U = W + Q = Q$ لكون أن $W = 0$ وبالتالي $\Delta U = Q = mC(\theta_f - \theta_i)$

4 ـ السعة الحرارية لجسم ما .

نسمي الكمية $\mu = mC$ السعة الحرارية للجسم .

وحدة السعة الحرارية لجسم ما هي : $\left(J°C^{-1}\right)$ أو $\left(J.K^{-1}\right)$

وبالتالي يصبح تعبير كنية الحرارة على الشكل التالي :

$$Q = \mu(\theta_f - \theta_i)$$

تعريف بالسعة الحرارية la capacité thermique

تساوي السعة الحرارية لجسم كتلته m ، كمية الحرارة اللازنة لرفع درجة حرارة الكتلة m لهذا الجسم ب 1°C ، دون تغيير حالته الفيزيائية .

في حالة مجموعة S تتكون من عدة أجسام كتلتها $m_1, m_2, ..., m_n$ وحرارتها الكتلية $C_1, C_2, ..., C_n$ تكون كمية الحرارة المتبادلة مع الوسط الخارجي عندما تتغير درجة الحرارة للمجموعة بالمقدار $\Delta\theta$ هي :

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i$$
$$= \sum_{i=1}^{i=n} m_i C_i \Delta\theta$$
$$= \Delta\theta \sum_{i=1}^{i=n} m_i C_i$$

حيث تمثل $\sum_{i=1}^{n} m_i C_i$ مجموع السعات الحرارية للأجسام المكونة للمجموعة . $\mu_S = \sum_{i=1}^{n} m_i C_i$

5 ـ التوازن الحراري :

نأخذ كتلتين من الماء m_1 و m_2 في الحالة البدئية درجة حرارة كل منهما θ_1 و θ_2 نفترض أن $\theta_1 > \theta_2$ نقوم بخلط هذين الجسمين . يحدث انتقال حراري بينهما ، إذا افترضنا أن هذا الانتقال يتم دون تسربات حرارية ، فإن الجسم الساخن θ_1 يفقد الحرارة في حين يكتسب الجسم البارد نفس الحرارة التي فقدها الجسم الساخن . حيث في الحالة النهائية تتساوى درجة حرارتهما θ . في هذه الحالة نقول أن الجسمين في توازن حراري .

وتكون الحصيلة الطاقية على الشكل التالي :

بالنسبة للجسم الساخن والذي فقد الحرارة يكون تغير الطاقة الداخلية للجسم هو :

$$\Delta U_1 = Q_1 = m_1 C_e (\theta - \theta_1)$$

بالنسبة للجسم البارد والذي اكتسب الحرارة من الجسم الساخن يكون تغير الطاقة الداخلية لهذا الجسم هو : $\Delta U_2 = Q_2 = m_2 C_e (\theta - \theta_2)$

تغير الطاقة الداخلية بالنسبة للمجموعة في الحالة النهائية حسب المبدأ الأول للتيرموديناميك هي :

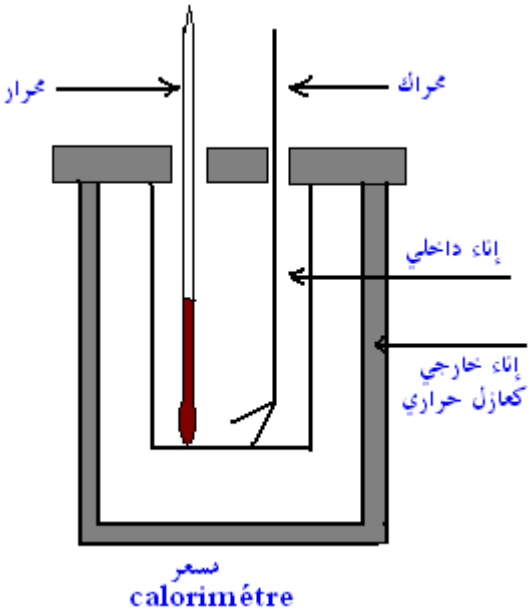
$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q + W$$

بما أن المجموعة لاتتبادل الحرارة مع المحيط الخارجي وكذلك الشغل منعدم فإن

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0 \Rightarrow \Delta U_1 = -\Delta U_2$$ أو كذلك $Q_1 + Q_2 = 0$

في الواقع وأثناء الانتقال الحراري تكون هناك تسربات حرارية وللتقليل منها نستعمل جهاز خصص لهذا الغرض وهو المسعر .

المسعر جهاز يستعمل للقياسات المسعرية .



6 ـ قياسات مسعرية

أ ـ تعيين السعة الحرارية لمسعر

النشاط التجريبي 2

ندخل كمية من الماء كتلتها $m_1 = 200g$ في المسعر ونعين درجة حرارتها θ_1 . نضيف بسرعة كمية من الماء الساخن كتلتها $m_2 = 100g$ عند درجة الحرارة θ_2 . نحرك المزيج لمدة معينة ونعاين درجة الحرارة لهذا المزيج θ .

نسجل المعطيات في الجدول التالي :

$m_1 = 300g$	$m_2 = 400g$	$\theta_1 = 20°C$	$\theta_2 = 61°C$	$\theta = 42°C$

1 ـ ما شكل انتقال الطاقة التي تبرزه هذه التجربة ؟ حدد منحى هذا الانتقال .

شكل انتقال هذه الطاقة هو انتقال حراري . منحى الانتقال الحراري من الجسم الساخن إلى الجسم البارد .

2 ـ أعط تعبير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من المسعر والماء البارد .

$$\Delta U_1 = Q_1 = m_1 C_e (\theta - \theta_1) + \mu_C (\theta - \theta_1)$$

بحيث Q_1 الحرارة المكتسبة من طرف الماء البارد و الطاقة المكتسبة من طرف المسعر .

2 ـ أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من الماء الساخن .

$$\Delta U_2 = Q_2 = m_2 C_e (\theta - \theta_2)$$

3 ـ أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للمجموعة {المسعر ، الماء البارد ، الماء الساخن }.

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q_1 + Q_2$$

بما أن المسعر حافظة كظيمة ليس هناك أي تبادل طاقي مع المحيط الخارجي لا بالشغل ولا بالحرارة $\Delta U = 0$ أي أن المعادلة المسعرية عند التوازن الحراري تكتب على الشكل التالي :

$$\Delta U = 0 \Leftrightarrow Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_1 C_e (\theta - \theta_1) + \mu_C (\theta - \theta_1) + m_2 C_e (\theta - \theta_2) = 0$$

$$\mu_C = \frac{m_2 C_e (\theta_2 - \theta)}{(\theta - \theta_1)} - m_1 C_e$$

ب ـ تعيين الحرارة الكتلية لفلز .

النشاط التجريبي 3

نغمر قطعة من الحديد كتلتها m_1 في كأس يحتوي على الماء على أساس أن لا يكون هناك تماس بين القطعة وجوانب الكأس . تم نسخن محتوى الكأس .

نأخذ المسعر ونضع فيه كمية من الماء البارد m_2 وننتظر حتى يتحقق التوازن الحراري داخل المسعر ونسجل درجة حرارة المجموعة {ماء بارد ، مسعر ولوازمه } θ_2 . نذخل قطعة الحديد بسرعة في المسعر مباشرة بعد معاينة درجة حرارته θ_1 في الماء الساخن نحرك حتى نحصل على التوازن الحراري تم نعاين درجة الحرارة النهائية θ .

نسجل المعطيات في الجدول التالي :

$m_1 = 122g$	$m_2 = 300g$	$\theta_1 = 76°C$	$\theta_2 = 19,9°C$	$\theta = 22,1°C$

1 ـ أعط تعبير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من المسعر والماء البارد .

$$\Delta U_2 = Q_2 = m_2 C_e (\theta - \theta_2) + \mu_C (\theta - \theta_2)$$

2 ـ أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية لقطعة الحديد .

$$\Delta U_1 = Q_1 = m_1 C_{Fe} (\theta - \theta_1)$$

3 ـ أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للمجموعة {المسعر ، الماء البارد ، قطعة الحديد }.

$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q + W = 0$ حسب المبدأ الأول للتيرموديناميك

4 ـ أعط تعبير الحرارة الكتلية C لقطعة الحديد واحسب قيمتها .

بما أن المسعر معزولا حراريا فإن $Q = 0$ وكذلك ليس هناك تبادل الشغل بين المسعر والمحيط الخارجي $W = 0$. إذن :

$$\Delta U = Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_2 C_e (\theta - \theta_2) + \mu_C (\theta - \theta_2) + m_1 C_{Fe} (\theta - \theta_1) = 0$$

$$C_{Fe} = \frac{(m_2 C_e + \mu_C)(\theta - \theta_2)}{m_1 (\theta_1 - \theta)}$$

III ـ الانتقال الحراري مع تغير الحالة الفيزيائية .

1 ـ الانصهار والتجمد

تعريف بالانصهار : هو تحول جسم من حالة فيزيائية صلبة إلى حالة فيزيائية سائلة ، تبقى خلاله درجة الحرارة للجسم ثابتة تسمى بدرجة حرارة الانصهار الجسم الخالص θ_F .

عند درجة حرارة الانصهار θ_F يكتسب الجسم الخالص حرارة تتناسب اطرادا مع كتلته : $Q = m.L_F$

نسمي L_F بالحرارة الكامنة للانصهار . وحدتها في النظام العالمي للوحدات هي $J.kg^{-1}$ وتتعلق أساسا بطبيعة الجسم المدروس

تعريف بالتجمد : هو تحول فيزيائي عكس الانصهار أي تحول جسم من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة تبقى خلاله درجة الحرارة للجسم ثابتة تسمى بدرجة حرارة التجمد θ_S و في هذه الحالة يمنح الجسم الخالص حرارة $Q' = -m.L_s$ إلى الوسط الخارجي بحيث أن $L_s = -L_F$.

L_S الحرارة الكامنة لتجمد الجسم الخالص .

نعرف الحرارة الكامنة لجسم صلب خالص ، بالحرارة اللازمة لكيلوغرام واحد من هذا الجسم ، عند درجة حرارة الانصهار وتحت ضغط معين ، لتحويله إلى الحالة السائلة عند نفس درجة الحرارة وتحت نفس الضغط .

ـ التبخر والتكاثف (الإسالة)

التبخر هم تحول فيزيائي لجسم من الحالة الفيزيائية السائلة إلى الحالة الغازية تبقى خلاله درجة حرارة الجسم الخالص ثابتة θ_V تسمى درجة حرارة التبخير. ويمكن أن يحدث هذا التحول بطرق عديدة منها مثلا تبخير سائل عند تركه في الهواء الطلق أو تسخينه حتى الغليان .

خلال التبخر جسم سائل خالص كتلته m ، يكتسب هذا الأخير حرارة Q عند درجة حرارة معينة θ ، حيث يكون ضغط البخار المشبع ثابتا وتتناسب الحرارة اطرادا مع الكتلة : $Q = m.L_V$.

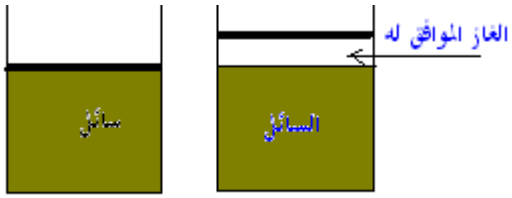
تسمى L_V بالحرارة الكامنة للتبخير وهي تتعلق بطبيعة السائل وبدرجة الحرارة θ .

مفهوم ضغط البخار المشبع :

الماء يتبخر ولو عند درجات حرارة أصغر من 100°C (تبخر الماء في الملاحة)

قبل حدوث الغليان يوجد الماء في الحالتين معا ، الحالة السائلة والحالة الغازية . يمكن أن نعمم هذا بالنسبة لجميع السوائل أي أن كل السوائل الموجودة في فضاء ، تحتوي على الغاز الموافق لها .

نعتبر كمية من سائل في أسطوانة مغلقة بمكبس .



في الحالة البدئية المكبس في تماس مع السائل .

الأسطوانة لا تحتوي إلا على السائل فقط .

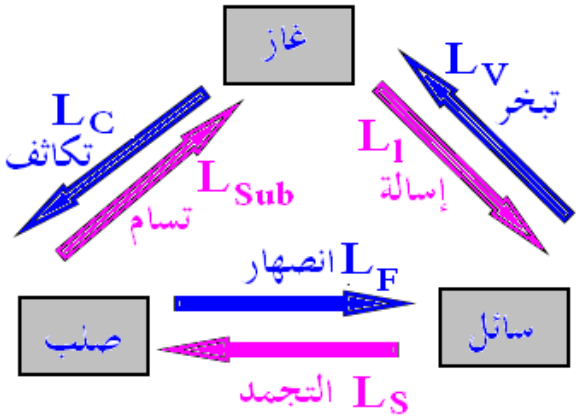
عند انتقال المكبس نحو الأعلى تاركا فارغا بينه وبين السائل فإن الجزئيات السطحية بتوفرها على طاقة حركية كافية تغادر السائل لملأ الفراغ المحدث من طرف المكبس أي أن الضغط سيزداد تدريجيا

وستصطدم بعض الجزيئات بسطح السائل وترجع إليه .

كلما كبر الضغط في الغاز كلما كان التراجع أكثر . وعندما يتساوى عدد الجزيئات المغادرة للسائل مع عدد الجزيئات العائدة إليه ، خلال مدة زمنية محددة ، يأخذ ضغط الغاز قيمة مستقرة ، يسمى **ضغط البخار المشبع للسائل** عند درجة حرارة معينة

تعريف بالحرارة الكامنة للتبخير :

نسمي الحرارة الكامنة لتبخير جسم سائل خالص ، عند درجة حرارة ثابتة ، كمية الحرارة التي يجب توفيرها لكيلغرام واحد من هذا الجسم قصد تحويله كليا إلى بخار ، مع إبقاء ضغط البخار فوق السائل ثابتا ومساويا لضغط البخار المشبع عند درجة الحرارة θ .



الإسالة أو التكاثف هو تحول فيزيائي لجسم خالص من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة ، عند درجة حرارة ثابتة θ_ℓ تسمى درجة حرارة الإسالة لجسم خالص .

تكون كمية الحرارة الممنوحة إلى الوسط الخارجي من طرف الجسم الخالص خلال الإسالة عند درجة حرارة ثابتة هي :

$$Q' = -m.L_\ell$$

بحيث أن m كتلة الجسم الغازي الخالص و L_ℓ هي الحرارة الكامنة لإسالة الجسم الخالص عند درجة حرارة θ_ℓ

$$L_\ell = -L_V$$

النشاط التجريبي 4

تعيين الحرارة الكامنة لتغير الحالة لجسم صلب (انصهار الجليد تحت الضغط الجوي).

نفرغ في المسعر ذي السعة الحرارية $\mu_C = 209J.K^{-1}$ كتلة $m_0 = 335g$ من الماء ، ونعين درجة الحرارة $\theta_1 = 19{,}0°C$ للمجموعة .

نقيس الكتلة $m_1 = 475{,}0g$ للمسعر بما فيه لوازم وماء .

نضيف إلى محتوى المسعر قطعة جليد ، في بداية انصهارها ، درجة حرارتها $\theta'_0 = 0°C$ وذلك بعد تجفيفها .

بعد التحريك تنخفظ درجة حرارة المزيج لتستقر عند القيمة $\theta_2 = 12{,}2°C$.

نقيس الكتلة الجديدةm_2 =510,2g للمسعر ولوازمه ومحتواه .
1 ـ حدد منحى انتقال الحراري التي تبرزه هذه المناولة .
2 ـ أعط تعبير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من المسعر والماء .
3 ـ لتكن m كتلة قطعة الجليد المستعملة . أحسب قيمة m .
4 ـ يؤدي جزء Q'_2 من كمية الحرارة Q_2 المكتسبة من طرف قطعة الجليد إلى انصهارها عند 0°C . في حين يؤدي الجزء المتبقي من كمية الحرارة Q_2 إلى رفع درجة الحرارة لكمية الجليد المنصهر من 0°C إلى القيمة θ_2 .
4 ـ 1 أعط تعبيرQ'_2 واستنتج تعبيرتغير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من قطعة الجليد بدلالة $m, L_f, c_e, \theta'_0, \theta_2$.
4 ـ 2 استنتج قيمة L_f .