

ماذا يجب أن أعرف حتى أقول : إنني استوعبت هذا الدرس

- 1 - يجب أن أفرق بين الحرارة ودرجة الحرارة .
- 2 - يجب أن أعرف مصدر الطاقة الداخلية لجملة .
- 3 - يجب أن أعرف كيفية حساب التحويل الحراري عندما تتغير درجة حرارة الجملة بدون تغير حالتها الفيزيائية .
- 4 - يجب أن أعرف كيفية حساب التحويل الحراري عند تحوّل الحالة الفيزيائية للمادة .
- 5 - يجب أن أعرف أن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن نحو الجسم البارد ولا تضيع الطاقة عند هذا التحوّل .
- 6 - يجب أن أعرف معنى المكافئ المائي لمسعر .
- 7 - يجب أن أعرف أن السعة الحرارية الكتلية لمادة لا تتعلق بكتلة المادة ، أما السعة الحرارية تتعلق بالكتلة .

الدرس

1 - الحرارة ودرجة الحرارة

الجملة لا تحتوي على الحرارة ولا على العمل، بل الحرارة والعمل هما وسيلتان لانتقال الطاقة . لكن مجازا نقول أن جملة تكتسب أو تفقد الحرارة ، ونقصد الطاقة التي اكتسبتها أو فقدتها عبر الوسيلة التي هي الحرارة .
خذ هذا المثال لكي تثبت هذه الفكرة :

- نترك إناء تحت المطر لمدة معيّنة ، ونسأل هذا السؤال : كم من المطر يوجد في الإناء ؟ هذا السؤال ليس في محله ، بل يجب أن نقول : كم يوجد من الماء في الإناء ؟ لأن المطر هي فقط الوسيلة التي نقلت الماء من السحب إلى الإناء .
- يُمكن لجملة أن تحوّل الحرارة بدون أن تتغير درجة حرارتها (مثلا ذوبان الجليد) .
 - يُمكن أن تتغير درجة حرارة جملة بدون أن تتبادل الحرارة (مثلا تمدد غاز في إناء عازل للحرارة) .

الحرارة ودرجة الحرارة شيان مختلفان

2 - الطاقة الداخلية لجملة

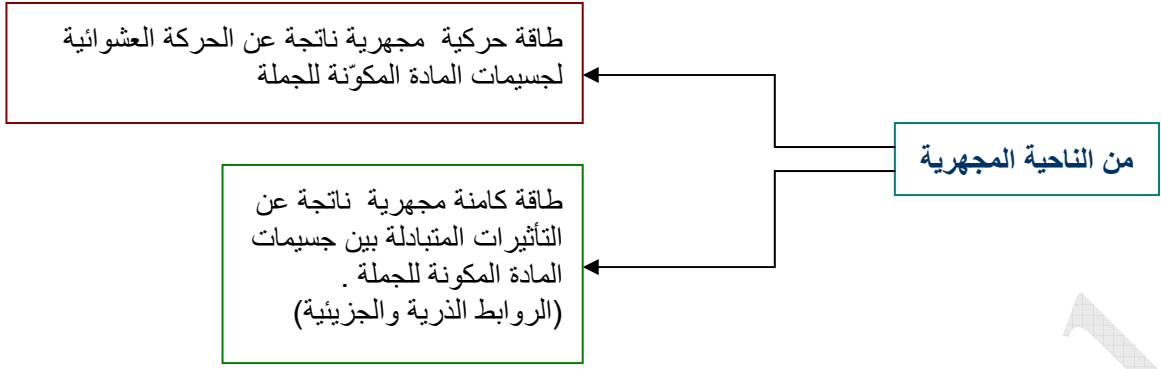
الطاقة الداخلية لجملة هي مجموع الطاقات المجهريّة لهذه الجملة .
إن فعل قوّة في جملة لا يؤدّي دوما إلى حركة هذه الجملة ، بل يُمكن أن :

- يُشوّه الجملة
- يُغيّر ضغط الجملة
- يغيّر درجة حرارة الجملة
- يغيّر الحالة الفيزيائية للجملة

طاقة حركية ناتجة عن حركة الجملة في مرجع معيّن

من الناحية العيانية

طاقة كامنة ناتجة عن التأثيرات المتبادلة بين الجملة والوسط الخارجي



الطاقة الكلية لجلمة هي $E_t = E_c + E_p + U$ حيث U هي الطاقة الداخلية

الطاقة الداخلية لجلمة تتناسب مع كمية مادة الجلمة ، وهي غير قابلة للقياس لعدم توقّر مرجع ننسب له طاقة داخلية معدومة ، حيث يمكن فقط قياس التغيّر في الطاقة الداخلية ΔU .

كيف تتغيّر الطاقة الداخلية لجلمة ؟

تتغيّر الطاقة الداخلية لجلمة بواسطة تبادل العمل والحرارة وكمية المادة .

- خلط الماء بملقعة
- إدخال قطعة معدنية ساخنة في ماء بارد
- خلط الماء البارد مع الماء الساخن

ملاحظة :

نزع الطاقة الداخلية لجلمة معناه أن درجة حرارة الجلمة تؤول إلى 0°K .

3 - التحويلات الحرارية

عندما تتبادل جلمة الحرارة Q مع الوسط الخارجي ، تكون :

$Q > 0$ عندما تتلقى الجلمة الحرارة

$Q < 0$ عندما تتخلى الجلمة عن الحرارة

- **التحويل الحراري عندما لا تتغير الحالة الفيزيائية للجلمة**

عندما يكتسب جسم أو يفقد الحرارة وتتغيّر درجة حرارتها من T_1 إلى T_2 فإن كمية هذه الحرارة تتناسب مع :

• كتلة الجسم m

• التغيّر في درجة الحرارة $\Delta T = |T_2 - T_1|$

• نوع المادة

$$Q = mc(\theta_2 - \theta_1) \quad \text{أو} \quad Q = mc(T_2 - T_1)$$

(2) (1)

c : السعة الحرارية الكتلية ، وهي التي تميّز نوع المادة

الوحدات : Q : Joule (J)

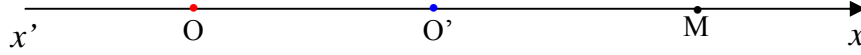
M : الكيلوغرام (kg)

T_1, T_2 : ($^\circ\text{K}$)

c : $^\circ\text{C}$ ، θ_1, θ_2 : ($^\circ\text{C}$) ، $J \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ وهي تتعلق بنوع مادة الجسم .

ملاحظة :

لا فرق بين استعمال العلاقة (1) أو (2) ، أي سواء عوضنا درجتي الحرارة بالـ $^{\circ}\text{K}$ أو $^{\circ}\text{C}$ ، لأن الفرق هو نفسه في كلتا الحالتين .
تعريفًا : $1^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{K}$ ، أي أن المسافة بين التدرجات كلها متساوية سواء في السلم الكلفيني أو المنوي .
مثال بسيط : محور مدرج بالـ cm ، نعيّن عليه مبدئين O و O'



فاصلة النقطة M في المحور Ox تختلف عن فاصلتها في المحور $x'O'x$ ، أما المسافة 1 cm هي نفسها في كل محور .
وهذا يماثل أن قيمة درجة الحرارة بـ $^{\circ}\text{K}$ تختلف عن قيمتها بـ $^{\circ}\text{C}$ ، لكن $1^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{K}$.

نعبر عن الجداء $mc = C$ بالسعة الحرارية ، وهي تتعلق بكتلة الجسم ونوع مادته وثقاس بـ $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$

سؤال :

في أية حالة تشعر بالدفء ؟ هل لما تجلس أمام قطعة من الألمنيوم كتلتها 500 kg ودرجة حرارتها 60°C أم عندما تجلس أمام إبرة درجة حرارتها 400°C ؟

بدون شك الكل يوافق على الاختيار الأول ، ومن ذلك نستنتج أن كمية الحرارة لا تتعلق فقط بدرجة الحرارة وإنما كذلك بكتلة الجسم .

ملاحظة :

السعة الحرارية الكتلية تتعلق بنوع المادة فقط مهما كانت كتلتها ، لكن السعة الحرارية تتعلق بنوع المادة وكتلتها .

نعطي قيم السعة الحرارية الكتلية لبعض المواد مقاسة بـ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ، حيث kJ معناها كيلو جول : $1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$

المادة	الماء سائل	الجليد	الألمنيوم
c	4,18	2,1	0,89

- التحويل الحراري عندما تتغير الحالة الفيزيائية للمادة

يمتص الجليد كمية من الحرارة وهو في الدرجة 0°C ويتحول إلى سائل ، مع المحافظة على درجة الحرارة .
نسمي هذه الكمية من الحرارة التي امتصها حرارة تغيير الحالة الفيزيائية . تتناسب هذه الكمية من الحرارة مع كتلة الجليد

$$Q = Lm$$

حيث : L هي السعة الكتلية لتغيير الحالة الفيزيائية

$$\text{Joule (J)} : Q$$

$$\text{kg} : \text{كتلة المادة } M$$

$$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} : L$$

طاقة التماسك هي الطاقة التي تقدّمها أو تأخذها جملة لكي تتغير الحالة الفيزيائية لها ، أي الطاقة اللازمة لتكوين أو انفصال الروابط بين

جزيئات المادة . هذه الطاقة تكافئ تحويلا حراريا قدره $Q = Lm$

نسمي : L_f السعة الكتلية للانصهار

L_v السعة الكتلية للتبخّر

مثلا الماء يبدأ التجمد في الدرجة 0°C بعد ما كان سائلا ، ويبدأ الانصهار في الدرجة 0°C كذلك بعدما كان صلبا .

تحتاج كمية من الماء (m) إلى كمية حرارة قدرها Q لكي تنصهر ، أي $Q = L_f m$

نفس الكمية وهي سائلة تحتاج إلى كمية حرارة Q لكي تتجمد ، أي $Q = -L_f m$

ونفس الشيء بالنسبة للتبخّر والتجميد باستعمال L_v .

4 - طاقة التفاعل الكيميائي

خلال تفاعل كيميائي تتحطم بعض الروابط بين ذرات المتفاعلات وتتشكل روابط جديدة بين ذرات النواتج .
ليكن التفاعل التالي :



نلاحظ أن الرابطتين بين H و A وبين B و OH انفصمتا لتكوين الرابطة بين A و B و الروابط في جزيء الماء .
لكي نحطم (نفسم) رابطة نحتاج على الأقل إلى طاقة هي طاقة الربط في جملة المتفاعلات .

نسَمي طاقة الربط الطاقة اللازمة لكي نحطم الروابط في 1 mol من
الجزئيات AB إلى الذرتين A و B .

مثلا :

يملك غاز الهيدروجين H_2 طاقة تماسك قدرها $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ، ويملك البروم Br_2 طاقة تماسك قدرها $193 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
ومنه جزيء الهيدروجين أكثر استقرارا من جزيء البروم .

جملة المتفاعلات تملك طاقة U_1

جملة النواتج تملك طاقة U_2

إذا كان $U_2 - U_1 > 0$ يكون التفاعل ماصا للحرارة من الوسط الخارجي

إذا كان $U_2 - U_1 < 0$ يكون التفاعل ناشرا للحرارة للوسط الخارجي

5 - المسعر

المسعر هو إناء مجهز بحيث أن محتواه لا يتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي .

نسَمي المخلاط والمحرار لواحق المسعر ، ونعطي لهذه الجملة ، أي (المسعر + المخلاط + المحرار) سعة حرارية كتلية واحدة نسُميها
السعة الحرارية الكتلية للمسعر مع لواحقه .

ملاحظة :

إذا كان المسعر يحتوي على مقاومة مسخنة ، تُضاف هذه الأخيرة للواحق المسعر .

المكافئ المائي للمسعر

نضع مثلا كمية من الماء داخل مسعر درجة حرارتها T_1 ، وعندما يتم التوازن الحراري

يصبح للمسعر ولواحقه والماء الموجود فيه نفس درجة الحرارة T_2 . فلكي نحسب التحويل الحراري

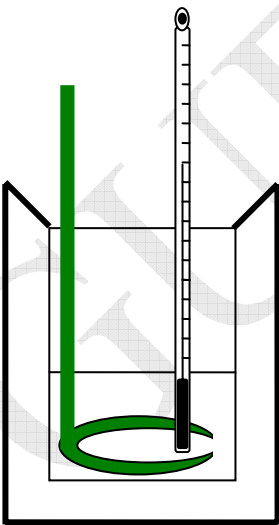
من الماء إلى المسعر ولواحقه يجب علينا أن نعرف نوع مادة كل لاحقة لكي نحدد سعتها الحرارية

الكتلية وكذلك مادة المسعر . فلكي نختصر العملية كلها نعتبر الجملة (مسعر + لواحق) كمية من الماء

تتبادل نفس كمية الحرارة التي تتبادلها الجملة (مسعر + لواحق) ، ونسَمي هذه الكمية المكافئ المائي

للمسعر ، هذه الكمية من الماء نرمز لها بـ μ وحدتها kg .

وبالتالي تصبح السعة الكتلية للمسعر $C = \mu c$ ، حيث c هي السعة الحرارية الكتلية للماء وهو سائل .



مسعر مع لواحقه

تطبيق :

احسب كمية الحرارة التي تحول قطعة من الجليد كتلتها $m = 1 \text{ kg}$ في درجة الحرارة $T_1 = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ إلى درجة التبخّر التام

$$T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

المعطيات :

c_s (الجليد)	c (الماء سائل)	c_v (الماء بخار)	L_f	L_v
$2,1 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$4187 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$1930 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$3,3 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$	$2,3 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

الحل

كمية الحرارة اللازمة هي : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ (1)

Q_1 هي كمية الحرارة التي تنقل كمية الجليد من $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ إلى $0 \text{ }^\circ\text{C}$ دون أن تبدأ في الانصهار

Q_2 هي كمية الحرارة التي تُحوّل كمية الجليد إلى سائل في درجة ثابتة (تغيير الحالة الفيزيائية)

Q_3 هي كمية الحرارة التي تنقل كمية الماء السائل من $0 \text{ }^\circ\text{C}$ إلى $100 \text{ }^\circ\text{C}$ بدون أن يتحول إلى بخار .

Q_4 هي كمية الحرارة التي تجعل كمية الماء تتبخّر في درجة حرارة ثابتة ($100 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$Q_1 = m c_s (0 - T_1) = 1 \times 2,1 \times 10^3 \times (0 + 20) = 42 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_2 = L_f m = 3,3 \times 10^5 \times 1 = 3,3 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q_3 = m c (T_2 - 0) = 1 \times 4187 \times (100 - 0) \approx 4,2 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q_4 = L_v m = 2,3 \times 10^6 \times 1 = 2,3 \times 10^6$$

بالتعويض في (1) :

$$Q = (42 + 330 + 420 + 2300) \times 10^3$$

$$Q = 3092 \text{ kJ}$$