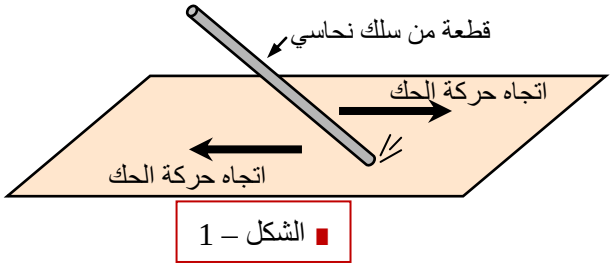
المجال (I) : الطـاقة .
الوحـدة ④ :الطاقة الداخلية :

- **الكفاءات المستهدفة :**

ـ يُوظف حصيلة طاقوية كمية .
ـ يعرف أن طاقة الرابطة أكبر تقريبًا بعشرة أضعاف من طاقة التماسك .

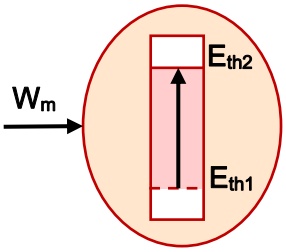
4 ـ 1°) المركبة الحرارية E_{th} للطاقة الداخلية :

- **نشاط : خذ قطعة من سلك معدني ثم حُكّ أحد طرفيه على سطح خشن لمدة كافية ... (أنظر الشكل – 1) .**



الشكل – 1

ـ ألمس (بحذر) بيدك طرف السلك قبل و بعد عملية الحك .
ماذا تلاحظ ؟... (ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة السلك)
ـ هل تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الحك ؟ لماذا ؟
... (نعم بدليل ارتفاع حرارة السلك) .
ـ مثل الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية و نهاية الحك
... (أنظر النموذج جانبه)



ـ أعط تفسيرًا على المستوى المجهري لتغير الطاقة الداخلية للسلك .
... (بعد مرور بضع دقائق على الحك تتعادل درجة حرارة السلك ، إذ أن الجسيمات المكونة للسلك الموجودة عند طرفه تكتسب طاقة حركية نتيجة الاحتكاك مع السطح الخشن ، هذه الجسيمات تُقدم جزءا من طاقتها الحركية للجسيمات التي تجاورها ، وبدورها هذه الأخيرة تُحوَّل جزءا من طاقتها إلى الجزيئات التي بالقرب منها ... وهكذا يستمر التحويل إلى أن يصبح لكل الجزيئات في المتوسط نفس الطاقة الحركية ، وتصبح لكل نقطة من السلك نفس درجة الحرارة نقول حينئذٍ على الجملة "السلك" أنها في حالة توازن حراري) .

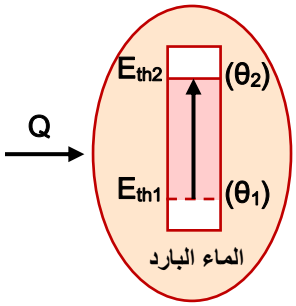
- **نتيجة : استنتج بإكمال الفراغات**

يدل ارتفاع درجة حرارة الجملة على تغير طاقتها الداخلية ΔE_{th} . ارتفاع الطاقة الداخلية للجملة ناتج عن زيادة الطاقة الحركية المجهرية "الميكروسكوبية" لجسيمات الجملة . يُقاس هذا التغير في الطاقة الداخلية بقيمة التحويل الحراري Q بين الجملة و الوسط الخارجي .

1°ـ 1) العوامل التي يتعلق بها التحويل الحراري :

- **نشاط ـ 1 " علاقة التحويل الحراري بتغير درجة الحرارة" :**

Ⓐ ـ ضع كمية من الماء البارد (200 g مثلاً) درجة حرارته الابتدائية $\theta_1 = 20\ °C$ في وعاء و أضف له نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60\ °C$. اعتبر الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريًا أي يُهمل التحويل الحراري الذي يحدث مع الوسط الخارجي (الوعاء + المحيط) .



① مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية ($\theta = \theta_1$) و الحالة النهائية ($\theta = \theta_2$) .
... (أنظر النموذج جانبه)
② ماذا يُمثِّل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن ؟
... (يُمثِّل التحويل الحراري Q بين كميتي الماء مقدار التغير الحادث في الطاقة الداخلية لكل منهما : **الزيادة** في الطاقة الداخلية للماء البارد = **النقصان** في الطاقة الداخلية للماء الساخن) .
③ هل يمكنك تقدير درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ؟
... (حيث أن كميتي الماء الممزوجتين متساويتين فإن درجة حرارتهما عند بلوغ التوازن الحراري تأخذ معدل درجتي حرارتهما الابتدائيتين تقريبًا أي : $\theta = (\theta_1 + \theta_2)/2 \simeq 40\ °C$) .
④ قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري . ماذا تلاحظ ؟... (بعد حدوث التوازن الحراري تثبت درجة حرارة الماء عند القيمة المقاسة النهائية $\theta \simeq 40\ °C$)
⑤ استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .
... ($\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 40 - 20 = 20\ °C$)

Ⓑ ـ أعد التجربة بأخذ نفس كمية الماء البارد السابقة ($m = 200\ g$ و $\theta_0 = \theta_1 = 20\ °C$) ثم أضف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 80\ °C$. اعتبر دوما الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا .
① قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ، هل لها نفس القيمة السابقة ؟... (لا يكون لدرجة حرارة الماء النهائية عند بلوغ التوازن الحراري نفس القيمة السابقة $\theta \simeq 40\ °C$ وإنما يكون لها قيمة مختلفة قدرها في هذه الحالة

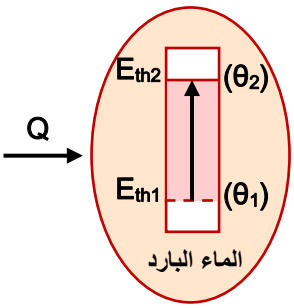
($\theta \simeq 50\ °C$)

② **استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالةالابتدائية و الحالة النهائية .**

... ($\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 50 - 20 = 30\ °C$) .

③ **مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالةالابتدائية و الحالة النهائية.**

... (أنظر النموذج جانبه) .



④ **هل قيمة التحويل الحراري Q هي نفسها القيمة السابقة ؟** ... (لايكون للتحويل الحراري في هذه الحالة نفس القيمة كما في الحالة السابقة) .

⑤ **بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري ؟**... (تتعلق قيمة التحويل الحراري Q بالفرق في درجة الحرارة النهائية و الابتدائية : $\Delta\theta = \theta - \theta_0$)

● **نشاط ـ 2 " علاقة التحويل الحراري بكمية المادة (الكتلة)" :**

أعد التجربة وخذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة ($m = m_1 = 200\ g$ و $\theta_0 = \theta_1 = 20\ °C$) وأضف لها ضعف الكمية من الماء الساخن ($m_2 = 400\ g$) درجة حرارته $\theta_2 = 60\ °C$.

① **هل يكون للجملة نفس درجة حرارة التوازن السابقة ـ (الجزء ـ Ⓐ) ؟** ... (لايكون للجملة نفس درجة التوازن كما هو الحال في الجزء ـ Ⓐ من النشاط ـ 1 أي : $\theta \simeq 40\ °C$ بل يكون لها درجة حرارة مختلفة) .

② **قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري . ماذا تلاحظ ؟**... (درجة حرارة الماء تثبت عند قيمتها النهائية بعد حدوث التوازن الحراري وتقدر في هذه الحالة تقريبا $\theta \simeq 46,66\ °C$) .

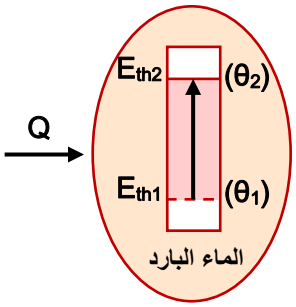
③ **استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالةالابتدائية و الحالة النهائية.**

... ($\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 46.66 - 20 = 26,66\ °C$) .

④ **مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالةالابتدائية و الحالة النهائية.** ... (أنظر النموذج جانبه)

⑤ **قارن بين قيمة التحويل الحراري Q لهذا النشاط و قيمته في النشاط ـ 1 (الجزء ـ Ⓐ) .**

... (بما أن كمية الماء البارد هي نفسها في النشاط ـ 1 ـ الجزء Ⓐ و كذا في النشاط ـ 2 بينما التغير الحادث في درجة حرارة الماء مختلفة في الحالتين " **$\Delta\theta \simeq 20\ °C$ في الحالة الأولى** " و " **$\Delta\theta \simeq 26,66\ °C$ في الحالة الثانية** " فإن قيمة التحويل الحراري Q **غير متساوية** في الحالتين) .



● **نشاط ـ 3 " علاقة التحويل الحراري بنوع المادة " :**

أعد التجربة وخذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة ($m = 200\ g$ و $\theta_1 = 20\ °C$)

و أضف لها نفس الكمية من معدن النحاس (سلك نحاسي: $m_{Cu} = 200\ g$) درجة حرارته $\theta_2 = 60\ °C$ (عمليًا : يُستخرج السلك النحاسي من حمام مائي درجة حرارته 60 °C ويوضع مباشرة في الماء البارد) .

① **قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ، هل لها نفس القيمة التي حصلت عليها في النشاط 1 الجزء Ⓐ ؟** ... (عند التوازن الحراري للجملة نقيس درجة حرارتها النهائية فنجدها مساوية $\theta \simeq 23,33\ °C$ وبالتالي ليس لها نفس القيمة المقاسة في النشاط ـ 1 ـ الجزء Ⓐ) .

② **استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالةالابتدائية و الحالة النهائية**

... ($\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 23,33 - 20 = 3,33\ °C$) .

③ **بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري ؟**... (تتعلق قيمة التحويل الحراري Q بطبيعة " أو نوع " المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري الحادث في الجملة المتوازنة) .

● **نتيجة : استنتج بإكمال الفراغات**

تتعلق قيمة الطاقة المحولة Q بين كميتين من المادة بـكتلة و نوع كل مادة و الفرق بين درجتي الحرارة النهائية و الابتدائية لكل مادة تفقد أو تستقبل الطاقة بتحويل حراري.Q حيث يساوي هذا التحويل التغير في الطاقة الداخلية لكل مادة $Q = \Delta E_{th}$.

1°ـ 2) عبارة التحويل الحراري Q :

تتناسب قيمة **التحويل الحراري** المصحوب بتغير في درجة الحرارة و غير المرفق بتغير في الحالة الفيزيائية للمادة مع **كتلة** هذه الأخيرة و **الفرق في درجة الحرارة** بين الحالة النهائية و الحالة الابتدائية للجملة المدروسة ، حيث تُكتب عبارة هذا التحويل بالشكل التالي : $\boxed{Q = mc\,(\theta_f - \theta_i) = C.\Delta\theta}$ وفيها :

Q : تمثل **التحويل الحراري** و يقدر بوحدته الدولية **الجول** (**J**) .

m : تمثل **كتلة المادة** المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري مقدرة بوحدتها الدولية **الكيلوغرام** (**kg**) .

c : تمثل **معامل ثابت** يعرف باسم **الحرارة الكتلية** للمادة المعتبرة وهي تتعلق بـ **نوع المادة** حيث : $C = mc$ هي **السعة الحرارية** للمادة ... (تقدر الحرارة الكتلية **c** بوحدتها الدولية **الجول لكل كيلوغرام في الدرجة المطلقة** (أو : **المئوية**) : $J / (kg . °C)$ ، وتقدر السعة الحرارية **C** بوحدة **الجول لكل درجة** : $J /°C$).

θ_i **:** درجة الحرارة **الابتدائية** و θ_f درجة الحرارة **النهائية** وتقدران بوحدة **°C** حيث : $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$ **الفرق في درجة الحرارة** .

- **ملاحظات :**
- إذا كانت : $\theta_f > \theta_i$ فإن : $Q > 0$ " يحدث ارتفاع في المركبة الحرارية لطاقة الجملة الداخلية " أي أن : الجملة استقبلت طاقة .
- في الحالة المعاكسة : الجملة تفقد الطاقة أي $\Delta E_{th} = Q < 0$.
- السعة الحرارية لجملة تعادل مجموع السعات الحرارية لكل مكوناتها :

$$C = \sum C_i = \sum m_i c_i = m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + \dots$$

1°– 3) فعل جول : فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرافق مرور تيار كهربائي في ناقل أومي .

- **نشاط : التحقق من قانون جول :**

حقق التركيب المبين في الشكل – 2 و المكون من مسعر حراري و لواحقه : معدلة كهربائية ؛ مولد كهربائي ؛ آمبيرمتر ؛ فولطمتر ؛ مقاومة لتسخين الماء ؛ ...

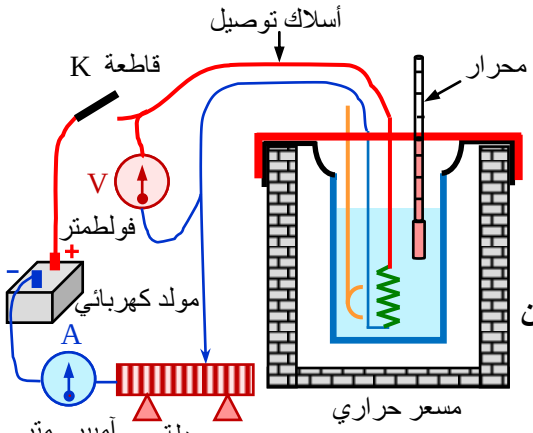
ـ ضع كمية من الماء كتلتها $m = 300\ g$ في المسعر و قس درجة الحرارة الابتدائية .

ـ أغلق القاطعة وقس الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بعشر درجات مئوية : $\Delta\theta = 10\ °C$

ـ قس في نفس الوقت شدة التيار الكهربائي المار في المقاومة وفرق الكمون المطبق بين طرفيها .

ـ غيّر في شدة التيار ، وذلك بتغيير قيمة مقاومة المعدلة ، وقس شدة التيار وفرق الكمون والزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بعشر درجات مئوية (10 °C) .

ـ كرّر العملية عدة مرات بتغيير شدة التيار ، ثم دوّن نتائجك في الجدول التالي :



الشكل – 2

I (A)	t (s)	I^2t ($A^2.s$)

- تحليل نتائج القياس :

أ) ـ أكتب عبارة الطاقة المكتسبة من طرف الماء .

ب) ـ أكتب عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة .

جـ) ـ باعتبار المسعر معزولاً حراريًا وأن المقاومة تُحوِّل كل الطاقة الكهربائية التي تستقبلها ، أكتب معادلة انحفاظ الطاقة .

د) ـ هل نتائج التجربة تحقق قانون جول ؟

- **الجواب :**

ـ جدول القياسات ..... (أنظر الجدول المقابل : لأجل $R = 500\ \Omega$)

I (A)	t (s)	I^2t ($A^2.s$)
0,5	100	25
1,0	25	25
1,5	11,1	25
2,0	6,25	25

أ) ـ عبارة الطاقة المكتسبة من طرف الماء : بإهمال السعة الحرارية للمسعر و لواحقه فإن عبارة الطاقة المكتسبة من الماء هي :

$$Q = \Delta E_{th} = mc(\theta_f - \theta_i) = C . \Delta\theta$$

ب) ـ عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة : ... $E_e = R . I^2 . t$

جـ) ـ معادلة انحفاظ الطاقة : مماسبق وحسب مبدأ انحفاظ الطاقة للجمل المعزولة فإن :

$$E_0 = E \Leftrightarrow E_e = Q \Leftrightarrow R . I^2 . t = mc(\theta_f - \theta_i) = C . \Delta\theta$$

د) ـ لدينا : $m = 300\ g$ و $\Delta\theta = 10\ °C$ ونعلم أن : $c = 4{,}185\ J/g . °C$ (الحرارة الكتلية للماء) بالتالي :

$Q = mc(\theta_f - \theta_i) = 300 \times 4{,}185 \times 10 = 12555\ J$ ، وهي الطاقة المكتسبة من طرف الماء من المقاومة الكهربائية .

لدينا كذلك : $R = 500\ \Omega$ و بالرجوع إلى جدول القياسات نجد : $I^2 . t = C^{te} = 25\ u.I \dots (A^2 . s)$ بالتالي :

$E_e = R . I^2 . t = 500 \times 25 = 12500\ J$ ، وهي الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة .

∴ واضح أن : $Q \simeq E_e$ أي أن : نتائج التجربة تحقق **قانون جول** في حدود أخطاء القياس : $E_e = Q = R . I^2 . t$

- **نتيجة : استنتج بإكمال الفراغات :**

عندما يعبر تيار مقاومة كهربائية تستقبل هذه الأخيرة طاقة كهربائية وتحولها كاملة إلى الوسط الخارجي على شكل تحويل حراري . تُدعى الظاهرة التي تصحب مرور التيار في ناقل أو مقاومة بـ فعل جول .

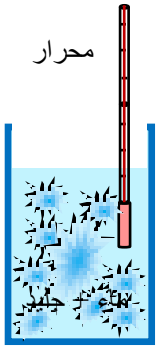
● **ملاحظة : يكون فعل جول مفيدًا في بعض الحالات وغير مفيد في الكثير من الحالات :**
ـ **مفيد** إذا كان الهدف هو الاستفادة من ذلك التحويل الحراري الناتج عنه كماهو الحال في : **المسخن الكهربائي ، المكواة ، الفرن الكهربائي ، فواصم الدارات ، ...**
ـ **غير مفيد** في الحالة التي يكون فيها رفع درجة الحرارة غير مرغوب فيه : **حالة دارة كهربائية ، الضياع في الخط ، ...**

4 ـ 2°) مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية ـ الكيميائية للجملة :

عندما يحدث تغيير في الحالة الفيزيائية لجملة يرافقه امتصاص أو فقدان طاقة نتيجة تغير في التأثيرات المتبادلة بين جسيمات المادة . كذلك التفاعلات الكيميائية يمكنها امتصاص أو فقدان الطاقة ، وفي كلتا الحالتين تعتبر الطاقة المحولة عبارة عن **" تغير في الطاقة الداخلية للمادة "** .
يجب التمييز بين : **التحول الفيزيائي** الذي ينتج عنه طاقة ندعوها : **طاقة التماسك** وبين **التحول الكيميائي** الذي ينتج عنه **طاقة الرابطة الكيميائية** ، كما يجب تقدير **رتبة التحويلات الحرارية** المرافقة لكل تحول .
تتكون المادة في كل حالاتها الفيزيائية (**الصلبة ـ السائلة ـ الغازية**) على المستوى المجهري من جسيمات (**جزيئات ، ذرات أو شوارد**) وإن حالة المادة تتعلق بشدة التأثير المتبادل بين هذه الجسيمات .
● **الحالة الصلبة :** هي الحالة التي تتوزع فيها جسيمات المادة على شبكة بللورية حيث تكون شديدة الارتباط فيما بينها . تؤمن هذه الروابط تماسك البنية البللورية للمادة .
● **الحالة السائلة :** هي الحالة التي تكون فيها جسيمات المادة ضعيفة الارتباط فيما بينها حيث يكون التأثير المتبادل بين جسيمات المادة ضعيف الشدة .
● **الحالة الغازية :** هي الحالة التي تكون فيها شدة التأثير المتبادل بين الجسيمات مهملة (جسيمات مستقلة حرة غير مترابطة) .

2 ـ 1) طاقة التماسك (التحول الفيزيائي) :

● **نشاط ـ 1 :** خذ قطعة من الجليد و ضعها داخل وعاء معدني فيه كمية من الماء البارد درجة حرارته تقارب **0 °C** (الشكل – 3) . راقب لمدة كافية ، باستعمال محرار ، درجة حرارة الجملة (**كمية الماء البارد + قطعة الجليد + الوعاء**) .



■ الشكل – 3

1°ـ هل الجملة معزولة حراريًا ؟ ...(نعم ، تبقى درجة حرارتها ثابتة تقريبًا في حدود 0 °C)
2°ـ قس باستعمال ميقاتية مدة ذوبان الجليد . ... (مدة كافية معتبرة Δt) .
3°ـ هل درجة حرارة الجملة تغيّرت مدة ذوبان الجليد ؟ ... (لا تتغير و تظل ثابتة تقريبًا عند القيمة 0 °C) .
ملاحظة : الطاقة الممتصة من طرف الجليد لا ترفع من درجة حرارته و إنما تغيّر حالته الفيزيائية .
4°ـ هل الجملة اكتسبت طاقة من الوسط الخارجي مدة ذوبان الجليد ؟ ... (باعتبار الجملة هي (قطعة الجليد) : نعم اكتسبت الجملة طاقة من الوسط الخارجي) .
5°ـ إذا كان الجواب نعم ، ماهو أثر الطاقة المكتسبة على الجملة ؟ ... (يذوب الجليد بفك ارتباط جزيئات الماء فيما بينها فيه وجعلها ضعيفة الارتباط و يتطلب ذلك طاقة يقدمها الوسط الخارجي بسبيل حراري Q تزداد به الطاقة الحركية المجهرية لجزيئات الماء)
ملاحظة : تغير الحالة يحدث عند درجات حرارة ثابتة ... فالطاقة المستقبلة من قبل الجليد خلال مدة ذوبانه لم ترفع في درجة حرارته بل كانت سببًا في ذوبانه .

● **نتيجة :** استنتج بإكمال الفراغات :

تمتص قطعة الجليد تحويلا حراريًا من الوسط الخارجي حتى تتحول من قطعة جليدية عند درجة حرارة 0 °C إلى ماء سائل عند نفس درجة الحرارة .

● **نشاط ـ 2 :** أعد التجربة السابقة بأخذ ضعف كتلة الجليد السابقة .
ـ قس مدة ذوبان الجليد . ... (يزداد الوقت المرافق لفك ارتباط الجزيئات بحسب كتلة المادة)
ـ قارن هذه المدة مع مدة ذوبان قطعة الجليد في تجربة النشاط ـ 1 . ماذا تستنتج ؟ ...(مدة أكبر من المدة الأولى و يتطلب ذلك تحويل حراري مضاعف) .
ـ في رأيك هل قيمة التحويل الحراري في هذا النشاط أكبر من قيمة التحويل في النشاط ـ 1 ؟ لماذا ؟ ...(نعم قيمة التحويل الحراري Q' في هذا النشاط أكبر من قيمته Q في النشاط ـ 1 السابق لأن التحويل الحراري Q يتعلق بكتلة المادة المستقبلة للطاقة و هي أكبر بمرتين في هذه الحالة عما كانت عليه في الحالة السابقة أي : $m' = 2m \Rightarrow Q' = 2Q$) .

● **نشاط ـ 3 :** أعد التجربة السابقة بأخذ كتل مختلفة للجليد ($3m$, $4m$, ...) و قس في كل مرة مدة ذوبان الجليد . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟ ...(نلاحظ أن مدة التحويل تتضاعف بتضاعف الكتلة وبالتالي تتضاعف قيمة التحويل الحراري أي أن : Q يتعلق بـ m (تناسب طردي)) .

● **نتيجة** : استنتج بإكمال الفراغات :

تتناسب مدة الذوبان مع كتلة قطعة الجليد . بما أن التحويل الحراري المتبادل بين الجليد و الوسط الخارجي يتناسب مع الزمن نستنتج أن قيمة التحويل الحراري اللازم لذوبان قطعة الجليد متناسب مع كتلته . يمثل التحويل الحراري المرافق لذوبان قطعة الجليد الطاقة اللازمة لتلاشي الروابط التي كانت تتماسك بها جزيئات الماء . تدعى هذه الطاقة **طاقة التماسك** .

2°- 1- أ) عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة :

يتطلب تغيير **الحالة الفيزيائية** لجسم نقي كتلته **m** ، عند درجة حرارة ثابتة ، تحويلاً حراريًا **Q** عبارته : $\boxed{Q = m.L}$

يدعى المعامل **L** " **السعة الكتلية لتغير حالة الجسم النقي**" وهو يتعلق بنوع المادة و تحولات الحالة .

Q التحويل الحراري بالجول **(J)** .
m كتلة الجسم بالكيلوغرام **(kg)** .
L السعة الكتلية لتغير الحالة بالجول\الكيلوغرام **(J/kg)** .

ـ يكون التحول (تغير الحالة) **ماصًا للحرارة** إذا اكتسب الجسم النقي طاقة حرارية من الوسط الخارجي (**ذوبان الجليد**) .
ـ يكون التحول (تغير الحالة) **ناشرًا للحرارة** إذا فقد الجسم النقي طاقة حرارية نحو الوسط الخارجي (**تجمد الماء**) .

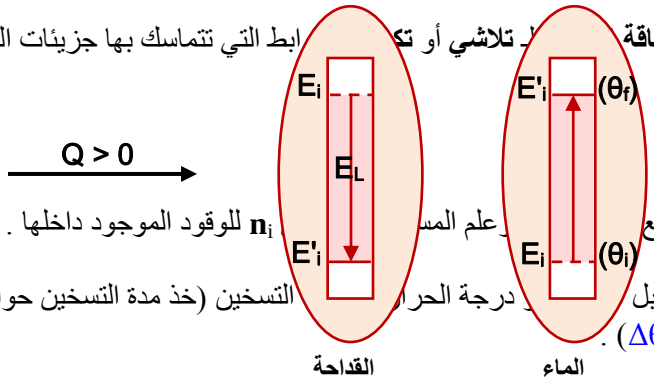
● **ملاحظة** : ① عبارة **Q** تكتب بالشكل : $Q = mc(\theta_f - \theta_i) = C.\Delta\theta$ في حالة تغير درجة حرارة الجسم النقي دون تغير حالته الفيزيائية أما في حالة تغير الحالة عند درجة حرارة ثابتة فتكتب بالشكل : $Q = m.L$.

② يجب أن نعي أن **Q** الموافق لتغير الحالة لا يتعلق بـ **Δθ** لأن التحول (تغير الحالة) يتم عند $\theta = C^{te}$ وإنما يتعلق بـ **m** و **L** فقط .

2°- 1- ب) التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول فيزيائي:

تتعلق **حالة المادة** بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها أي بـ **طاقة التماسك** ، و تغير الحالة الفيزيائية للمادة ماهو إلا تغير في قيمة طاقة تماسك جزيئاتها .

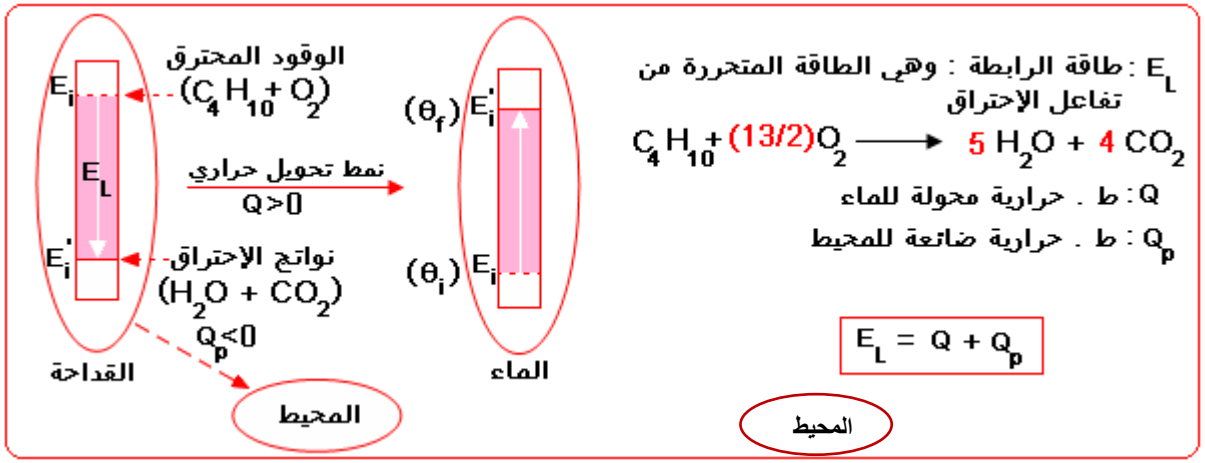
تمثل **طاقة التماسك** المرافقة لتغير الحالة الفيزيائية لمادة **الطاقة** ـ **تلاشي** أو **تك** ابط التي تتماسك بها جزيئات المادة (**تغير الترابط الجزيئي**) .



2°- 2) طاقة الرابطة الكيميائية (التحول الكيميائي) :

● **نشاط - 1** : **تعيين طاقة الرابطة الكيميائية لوقود قداحة**

ـ ضع كتلة $m = 40\ g$ من الماء في علبة من الألمنيوم .
ـ خذ قداحة تحتوي على كمية من الوقود (غاز البوتان المميع) ـ علم المس للوقود الموجود داخلها . n_i
استعمل هذه القداحة لتسخين الكمية السابقة من الماء .
ـ استعمل محرارًا لقياس درجة الحرارة الابتدائية θ_i للماء قبل التسخين (خذ مدة التسخين حوالي دقيقة) ...(بعد إجراء القياسات المطلوبة نجد : $\Delta\theta = 15\ °C$) .
ـ ع يّن على القداحة المستوى النهائي n_f للوقود .
ـ قدّر كمية الوقود المستهلكة لتسخين الماء . ... (بعد معايرة خزان القداحة نجد كتلة الوقود $(C_4H_{10} + O_2)$: $m = 150\ mg$) .
ـ لماذا نستعمل وعاء من الألمنيوم ؟ ...(لتسهيل انتقال الحرارة من القداحة إلى الماء وإنقاص الضياع غير المفيد نحو المحيط) .
ـ مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (**ماء**) بين بداية التسخين (θ_i) و نهايته (θ_f) . ... (لاحظ النموذج المرفق)



ـ أحسب الطاقة المكتسبة من طرف الماء علمًا أن الحرارة الكتلية للماء : $c_e = 4{,}185\ J/g.°K$ ..... . **بالتعريف لدينا :**

$\boxed{Q = mc_e.\Delta\theta}$ ولدينا من القياسات التجريبية : $m = 40\ g$ ، $\Delta\theta = 15\ °C$ ⇐ $\boxed{Q = 40} \times \boxed{4{,}185} \times \boxed{15} = \boxed{2500\ J}$

ـ استنتج الطاقة E_L التي تتحرر عن احتراق كتلة $m = 1\ g$ من الوقود علمًا أن الكتلة الحجمية لوقود القداحة $\rho = 0,58\ g/cm^3$.

..... **بإهمال الضياع في الطاقة إلى المحيط Q_p فإن : $E_L \simeq Q \simeq 2500\ J$ لكن في كل الحالات فإن : طاقة الرابطة E_L أكبر دومًا من الطاقة المحولة للماء Q حيث : ـ بعد معايرة خزان القداحة لدينا حجم الوقود المستهلك هو : $V \simeq 0,26\ cm^3$ بالتالي :**

كتلة الوقود المستهلك هي : $m = \rho \cdot V = 0,58 \times 0,26 \simeq 0,15\ g \simeq 150\ mg$ و الطاقة المتحررة عن احتراق هذه الكمية من الوقود هي عمليًا : $E_L \simeq Q \simeq 2500\ J$ بالتالي :

$$\begin{cases} 2500\ J & \xleftarrow{\text{تحرر}} \text{من الوقود } m = 0,15\ g \\ E_L & \xleftarrow{\text{تحرر}} \text{ . . } m = 1\ g \end{cases} \Rightarrow E_L = \frac{1 \times 2500}{0,15} = 16600\ J$$

∴ طاقة الرابطة المتحررة عن احتراق الوقود هي : $E_L \simeq 16600\ J/g$.

ـ الطاقة المكتسبة من الماء أقل من الطاقة المحررة من احتراق الوقود ، أي أن قيمة **طاقة الرابطة الكيميائية** E_L التي وجدتها في التجربة أقل من القيمة الحقيقية لها . لماذا ؟ ..... **وجدنا بالقياس التجريبي $E_L \simeq 16600\ J/g$ لكن القيمة المضبوطة لهذه الطاقة أكبر من القيمة المقاسة هذه أي : $E_L > 16600\ J$ نظرًا لأخطاء القياس من جهة وكذا للضياع المحول للمحيط من جهة ثانية و الأهم من ذلك كله يعود لكون " طاقة الرابطة هي الطاقة اللازمة لتغيير الحالة الكيميائية للمادة بسبب التفاعل بين الذرات و تحطيم و تشكيل الروابط وهي أكبر دومًا من طاقة التماسك اللازمة لتغيير الحالة الفيزيائية للمادة" و بعبارة أخرى :**

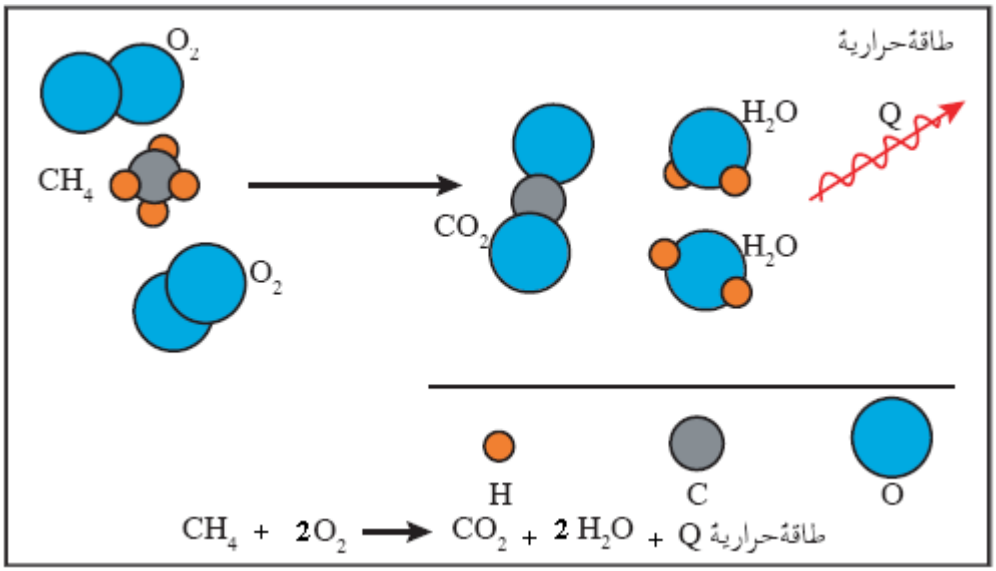
ـ طاقة التماسك Q هي الطاقة المحولة للماء و هي : ط . الحالة الفيزيائية (طاقة تحطيم التماسك بين الجزيئات) .

ـ طاقة الرابطة E_L هي الطاقة المحررة من الوقود وهي : ط . الحالة الكيميائية (ط . تلاشي و تكوين الروابط بين الذرات) .

... دومًا : ط . الرابطة أكبر بكثير من ط . التماسك $E_L >> Q$

2° ـ 2 ـ أ) التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول كيميائي:

تتغير الروابط الكيميائية نتيجة التفاعل بين الذرات حيث تنكسر روابط و تتشكل روابط أخرى مما يُحدِث تغييرًا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة ، تُدعى هذه الطاقة ، **طاقة الرابطة الكيميائية** ، وقيمتها تُعادل قيمة التحويل الحراري الذي يحدث . الشكل المرفق أدناه يُمثل التغييرات الميكروسكوبية التي ترافق تحرير الطاقة عند احتراق غاز الميثان CH_4 .



- إذا **تزايد** مخزون **الطاقة الكامنة الميكروسكوبية** للجملة يكون التحول الكيميائي **ماصًا للحرارة** .
- إذا **تناقص** مخزون **الطاقة الكامنة الميكروسكوبية** للجملة يكون التحول الكيميائي **ناشرًا للحرارة** .

2° ـ 2 ـ ب) تطبيق : (رتبة التحولات : تعيين ط . التماسك و مقارنتها مع ط . الرابطة الكيميائية)

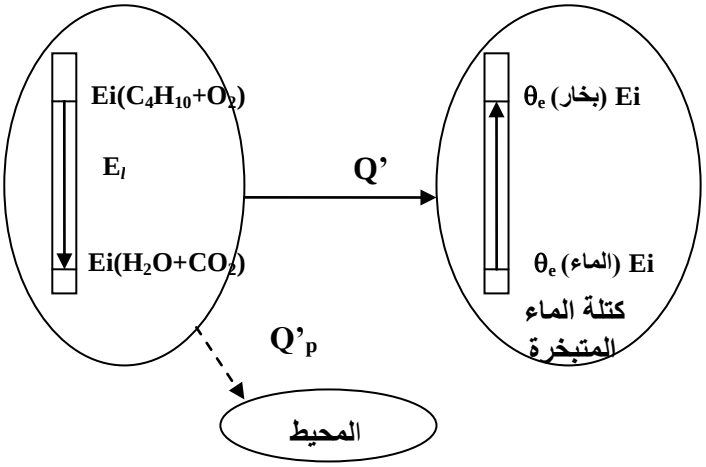
ضع كمية من الماء كتلتها **20 g** في علبة من الألمنيوم و سخّنها حتى درجة الغليان ثم قم بوزن هذه الكمية و بعدها مباشرة أشعل القداحة و ضعها تحت العلبة . انتظر دقيقة أو دقيقتين حتى تتبخر كمية من الماء ، ثم أعد وزن الماء المتبقي في العلبة .

ـ 1°) حدد كتلة الماء المتبخر . ..... **تقريبًا $m = 2,0\ g$.**

ـ 2°) اقترح طريقة لقياس كتلة الوقود المحترق من القداحة . ..... **لقياس كتلة الوقود المحترقة نقترح أخذ قداحتين متماثلتين واحدة مملوءة و الأخرى فارغة ، ثم نقوم بوزنهما و تعيين الكتلة الكلية للوقود في القداحة المملوءة ، بعدها تُدّرج هذه القداحة بتدريجات متساوية (10 تد مثلاً) ثم إيجاد كتلة الوقود الموافقة لكل تدريجة و بعد إجراء التجربة نحدد كمية الوقود المحترق من**

قياس الفرق بين مستويي الوقود قبل وبعد الاحتراق أي تحديد عدد تدريجات الوقود المختفي (المتفاعل) وحساب كتلته فنجدها مثلاً في تجربتنا هذه $m' = 0,2\ g = 200\ mg$.

ـ 3°) أنجز الحصيلة الطاقوية . ..... **(لاحظ الحصيلة أدناه أو الحصيلة الطاقوية المعطاة في الصفحة السابقة) .**



ـ 4°) هل يمكنك تقدير ، باستعمال نتائج النشاط السابق ، الطاقة الحرارية التي اكتسبتها كمية الماء المتبخرة .

..... **لدينا من النشاط السابق $1\ g$ من الوقود يحرر $16600\ J$ و لدينا في هذا النشاط كمية الماء المتبخر $m = 2,0\ g$ و يحترق لأجل ذلك كتلة من الوقود قدرها $m' = 0,2\ g$ فتكون الطاقة المتحررة حينئذٍ : $Q' = 0,2 \times 16600 = 3320\ J$ بإهمال Q'_p المحولة للمحيط .**

ـ 5°) استنتج الطاقة الحرارية التي تكتسبها كتلة $m = 1\ g$ من الماء لكي تتبخر . L_V للماء .

..... **مما سبق يتضح أن : $L_V = 1660\ J/g$ هي الحرارة التي تكتسبها كتلة من الماء قدرها $1\ g$ لكي تتبخر وتعرف هذه الحرارة بـ " السعة الكتلية للتبخر : L_V " .**

ـ 6°) قارن بين هذه القيمة و قيمة طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة E_L . ماذا تستنتج ؟ ..... **لدينا مما سبق :**

ـ طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة : $E_L = 16600\ J/g$.

ـ السعة الكتلية للتبخر : $L_V = 1660\ J/g$ وهي نفسها طاقة التماسك Q لنفس كمية الماء المتبخرة .

بالتالي : $E_L = 10\ L_V = 10\ Q$ نستنتج أنه في جميع الحالات :

" طاقة الرابطة الكيميائية E_L تعادل عدة أضعاف طاقة التماسك Q "

● **نتيجة :** استنتج بإكمال الفراغات :

تبين نتائج النشاطات السابقة أن الطاقة الكامنة المخزنة في المادة اللازمة (**لتماسك**) مجموعة من (**الذرات**) في الجزيئات تفوق بـ (**عشرة**) أضعاف تقريبًا الطاقة اللازمة (**لتماسك**) مجموعة من الجزيئات .

● **قياسات حرارية " أ . تطبيقية"**

● **تطبيق : التمرين المحلول (ص : 107 ـ كتاب التلميذ) .**

تعيين مردود مسخن ماء منزلي

لتحديد مردود مسخن ماء يشتغل بغاز المدينة نقوم بالتجربة التالية :

ـ نقيس ، باستعمال محرار ، درجة حرارة ماء الحنفية قبل أن يمر عبر المسخن) : $T_i = 15\ °C$.

ـ نقيس درجة حرارة الماء الساخن بعد أن يمر عبر المسخن) : $T_f = 65\ °C$.

ـ نقيس ، باستعمال ميقاتية ، مدة ملأ قدر سعته $V = 10\ L$: $t = 5\ min$.

ـ نقيس ، بالقراءة على عداد الغاز ، حجم الغاز المستعمل لتسخين الماء حتى يمتلئ القدر : $V_g = 120\ L$.

ـ نعلم من المراجع أن : الحرارة الكتلية للماء $c_e = 4185\ J/kg.°K$ و السعة الحرارية لغاز المدينة $c = 2,5 \times 10^7\ J/m^3$.

ـ 1°) أحسب قيمة التحويل الحراري المحول إلى الماء ، ثم استنتج الاستطاعة المحولة .

ـ 2°) أحسب قيمة التحويل الحراري الناتج عن احتراق الغاز .

ـ 3°) قارن بين قيمتي التحويلين ، ثم مثل الحصيلة الطاقوية للجملتين : (**الماء**) و (**غاز المدينة + ثنائي الأكسجين**) خلال عملية تسخين كمية الماء .

ـ 4°) انطلاقاً من نتائج السؤال السابق ، عرف ثم أحسب مردود مسخن الماء .

ـ 5°) نقدر من فاتورة الكهرباء و الغاز التسعيرة المتوسطة التالية لاستهلاك الطاقة :

· سعر $1\ kWh$ من طاقة الكهرباء يساوي **3 د.ج** .

· سعر $1\ th = 1\ M\ cal = 4,18 \times 10^6\ J$ من طاقة الغاز يساوي **0,3 د.ج** .

ـ أ°) أحسب كلفة تسخين $100\ L$ من الماء باستعمال هذا المسخن بالغاز .

ـ ب°) أحسب كلفة تسخين $100\ L$ من الماء باستعمال مسخن كهربائي له نفس استطاعة التحويل لمسخن الماء الغازي السابق و اعتبار مردوده يساوي الواحد (**100 %**) أي : تحول فيه كل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية . ماذا تستنتج ؟

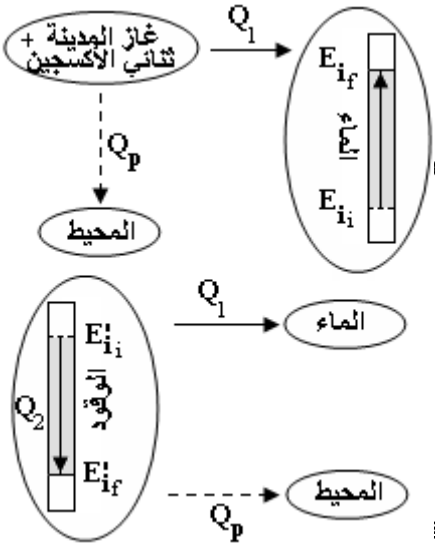
● **الحـل :**

ـ 1°) باعتبار الجملة المدروسة هي (**الماء**) فإن :

الجملة تتلقى من الوسط الخارجي (سخان الماء) تحويلاً حراريًا Q_1 يرفع من الطاقة الحركية الميكروسكوبية لجزيئات الجملة فتتغير درجة حرارة الماء دون تغير حالته الفيزيائية حيث :

$$Q_1 = mc_e(T_f - T_i) \Rightarrow \quad Q_1 = 10 \times 4,185 \times (65 - 15) = 2,1 \times 10^6\ J$$

كذلك بالتعريف : $P = Q_1/t \Rightarrow P = 2{,}1\times10^6/300 = 7000\ W$ ... (الاستطاعة المحولة)



ـ 2°) نعتبر الآن الجملة المدروسة هي وقود سخان الماء (**غاز المدينة + ثنائي الأكسجين**) و الذي يحرر عند احتراقه التحويل الحراري :

$Q_2 = c \cdot V_g \Rightarrow Q_2 = 2{,}5\times10^7\times120\times10^{-3} = 3\times10^6\ J$.

ـ 3°) نلاحظ أن : $Q_2 > Q_1$ بالتالي : الطاقة المحررة باحتراق الوقود لا تُسخّن الماء فحسب بل يضيع جزء منها نحو المحيط ، هذا الجزء الضائع من الطاقة (غير المفيدة) يُقدر بـ :

$Q_p = Q_2 - Q_1 \Rightarrow Q_p = (3 - 2{,}1)\times10^6 = 0{,}9\times10^6\ J$.

بالتالي الحصيلة الطاقوية للماء و الوقود خلال عملية تسخين الماء هي : (أنظر النموذجين المرفقين جانبه) .

ـ 4°) نعرّف مردود سخان الماء بأنه : **النسبة بين الطاقة المفيدة Q_1 و الطاقة الكلية المحررة من احتراق الوقود Q_2** أي : $\eta = Q_1 / Q_2$

بالتالي : $\eta = 70\ \%$ $\Rightarrow$ $\eta = 2{,}1 / 3 = 0{,}7$.

ـ 5°\ أ) بما أن تسخين $10\ L$ من الماء يتطلب تحويل حراري $Q_2 = 3\ MJ$ ؛ حرارية محررة من احتراق الوقود قدرها $30\ MJ$ و بكلفة قدرها : $s_1 = (0{,}3 \times 30 \times 10^6)/(4{,}18 \times 10^6) = 2{,}15\ D.A$

ب) لدينا بالنسبة للمسخن الكهربائي : $P = 7000\ W$ وكذا : $\eta = 100\ \% = 1$

بالتالي : $Q_2 = Q_1 = 21\ MJ$ هي الطاقة الحرارية التي يقدمها السخان الكهربائي لتسخين $100\ L$ و بكلفة $s_2 = (3 \times 21 \times 10^6)/(3{,}6 \times 10^6) = 17{,}5\ D.A$.

حلول بعض التمارين

• التمرين 1

نسمّي جملة كل جسم أو جزء منه أو مجموعة أجسام نختارها قصد دراستها. لهذه الجملة حدود حقيقية أو وهمية تحيط بعناصرها.

• التمرين 2

"الطاقة لاتستحدث و لا تزول، إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها فإن هذه الطاقة تكون بالضرورة قد أخذتها من جملة (أو جمل) أخرى أو قدّمتها لها".

الطاقة الإبتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة ـ الطاقة المقدّمة = الطاقة النهائية للجملة

• التمرين 3

للطاقة الداخلية لجملة مركبات تتعلق بنوع الجملة و التغيرات التي تطرأ عليها.

تقسم هذه المركبات إلى أربعة أنواع:

- طاقة حركية ميكروسكوبية ناتجة عن حركة الجسيمات المكونة للجملة و هي عادة حركة عشوائية.
- طاقة كامنة ميكروسكوبية ناتجة عن كل التأثيرات المتبادلة بين مختلف مكونات الجملة:

الطاقة الكامنة النووية الناتجة عن تماسك النواة

الطاقة الكامنة الكهربائية الناتجة عن التفاعل الكهربائي بين الإلكترونات و البروتونات المكونة لذرات الجملة.

الطاقة الكامنة المرونية الناتجة عن التشوه الذي يحدث للأجسام الصلبة.

- طاقة داخلية فيزيائية تتعلق بالحالة الفيزيائية للجمالة.
- طاقة داخلية كيميائية ناتجة عن التفاعل الكيميائي.

• التمرين 4

لا: خلال تغير الحالة الفيزيائية لجملة (ذوبان الجليد مثلا) فان الجملة تستقبل طاقة من الوسط الخارجي دون أن ترتفع درجة حرارتها.

• التمرين 5

لا: يمكن للجملة أن تستقبل نفس الطاقة التي تفقدها لذلك فإن طاقتها تبقى ثابتة ولكنها تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي ، إذا ليست بالضرورة معزولة.

● **التمرين 6**

التحولات الماصة للحرارة هي :-الإنصهار، التبخير و التسامي : $Q = m L_f$ ، $Q = m L_v$

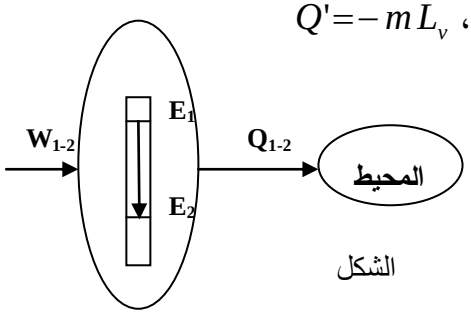
● **التمرين 7**

التحولات الناشرة للحرارة هي:-التجمد، التمييع و التكثيف : $Q' = -m L_f$ ، $Q' = -m L_v$

● **التمرين 8**

إستطاعة تحويل حراري هي النسبة بين التحويل الحراري على المدة الزمنية التي يستغرقها هذا التحويل:

ت.ع : $P = \frac{Q}{t} = \frac{mc\Delta\theta}{t}$ $P = \frac{0.5*4185*60}{20*60} \approx 105\ W$



الشكل

● **التمرين 9**

$Q = P.t = 500*3600 = 1{,}8\ MJ$

● **التمرين 10**

1- الجملة غير معزولة لأنها تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي.

2- التمثيل المبين على الشكل

3- $P = \frac{W_{1-2}}{t_2 - t_1} = \frac{6500}{10} 650\ W$

● **التمرين 11**

- في البداية (مباشرة بعد وضع القطعة المعدنية) تكون الجملة في حالة غير متوازنة ثم يبدأ حدو تبادل حراري بين عناصر الجملة.
- يحدث التحويل الحراري تلقائيا من الجملة الساخنة نحو الجملة الباردة .

● **التمرين 12**

1- درجة حرارة المادتين

2- يساوي التحويل المفقود

3- بالكثافة الحجمية للمادة

● **التمرين 13**

- $Q = mc\Delta\theta = 2*390*190 = 148.2\ kJ$ ، **الطاقة الداخلية** $P = \frac{Q}{t} = \frac{148200}{3*60+5} = 801\ W$

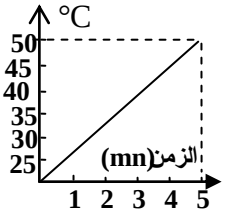
● **التمرين 15**

- **ت.ع:** $C = m_{Al}c_{Al} + Mc_e + mc + m_h c_h$

$C = 0.45*890 + 4185 + \frac{2}{3}4185 + \frac{1}{4}\frac{1}{2}4185 \approx 7899\left(\frac{J}{kg}\right)$

- **درجة الحرارة النهائية للجملة:** $Q = C\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{C} = \frac{270000}{7899} \approx 34$

$\theta_f = 20 + \Delta\theta = 54°C$



● **التمرين 16**

$P = \frac{Q}{t} = \frac{mc\Delta\theta}{t} \Rightarrow c = \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{420*5*60}{1*(50-20)} = 4200\left(\frac{J}{kg.°C}\right)$

● **التمرين 17**

1- تبدأ درجة حرارة القطعة الجلدية ترتفع ، باكتساب تحويل حراري من الوسط الخارجي حتى تصبح درجة حرارة القطعة الجليدية 0 وعنده ا تتحول حالتها من صلب إلى سائل عند نفس درجة الحرارة .
بعدما تتحول كل القطعة إلى سائل تواصل درجة الحرارة في الارتفاع وبعد مدة كافية ،تصل درجة الحرارة النهائية إلى درجة الحرارة المحيطة $20°C$.
الحالة النهائية هي عبارة عن $75g$ من الماء داخل إناء عند درجة حرارة $20°C$.

2- قيمة التحويل الحراري Q الذي امتصته القطعة الجليدية: $Q = m_g c_g \Delta\theta_g + m_g L_f + m_e c_e \Delta\theta$

ت.ع: $Q = 0.075 * 2090 * 15 + 75 * 330 + 0.075 * 4185 * 20 \approx 33.4\ kJ$

● **التمرين 18**

$$Q = m_g c_g \Delta\theta_g + m_g L_f + m_e c_e \Delta\theta$$

ت.ع: $Q = 0.020 * 2090 * 6 + 20 * 330 + 0.020 * 4185 * 30 \approx 9.36\ kJ$

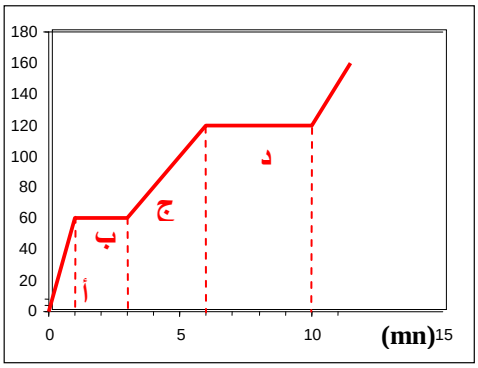
● **التمرين 19**

- في الحالة إضافة كمية من الماء عند $0°C$ للماء الموجود في الكأس فان هذا الأخير يفقد التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء المضاف: $Q_1 = mc_e(\theta_f - \theta_i) = m' c_e(\theta - \theta_f)$

حيث تصبح درجة الحرارة النهائية : $\theta_f = \dfrac{m\theta_i + m'\theta}{m + m'}$

- في حالة القطعة الجليدية عند نفس درجة الحرارة $Q'_1 = mL_f + mc_e(\theta_f - \theta_i) = m' c_e(\theta - \theta_f)$

حيث تصبح درجة الحرارة النهائية : $\theta_f = \dfrac{m\theta_i + m'\theta}{m + m'} - \dfrac{L_f}{c_e}$



● **التمرين 20**

1- حالة المادة :
- في الفترة أ كانت المادة في حالتها الصلبة
- في الفترة ب كانت المادة تتحول من الصلب إلى السائل
- في الفترة ج كانت المادة في حالتها السائلة
- في الفترة د كانت المادة تتحول من السائل إلى غاز

2- درجة حرارة انصهار المادة هي الدرجة التي تمر بها الحالة ب أي : $\theta=60°C$

أما درجة غليانها في التحول الذي يحدث في الفترة د أي: $\theta=120°C$

3-في الحالة الصلبة يعني الفترة أ: $c = \dfrac{P\Delta t}{m\Delta\theta} = \dfrac{400 * 60}{60} = 400\left(\dfrac{J}{kg°C}\right)$

في الحالة السائلة يعني الفترة ج: $c = \dfrac{P\Delta t}{m\Delta\theta} = \dfrac{400 * 3 * 60}{60} = 1200\left(\dfrac{J}{kg°C}\right)$

4- السعة الكتلية للانصهار (الفترة ب) : $mL_f = P\Delta t \Rightarrow L_f = \dfrac{P\Delta t}{m} = \dfrac{400 * 2 * 60}{1} = 4800\left(\dfrac{J}{kg}\right)$

السعة الكتلية للتبخير (الفترة د) : $mL_v = P\Delta t \Rightarrow L_v = \dfrac{P\Delta t}{m} = \dfrac{400 * 4 * 60}{1} = 9600\left(\dfrac{J}{kg}\right)$

● **التمرين 21**

تعيين الحالة النهائية للجملة:

1 - التحويل الحراري الذي يمكن أن يمتصه الماء و المسعر بدون تغير الحالة الفيزيائية للماء:

$$Q_1 = (M + \mu)c_e(\theta - \theta_f) = 0.625 * 4185 * 15 = 39.234\ kJ$$

2 - التحويل الحراري الذي تفقده القطعة النحاسية إذا افترضنا درجة الحرارة النهائية 0°C:

$Q_2 = m_{Cu} c_{Cu} (\theta_f - \theta_i) = 0.3 * 390 * 15 = 1.755\ kJ$ نستنتج إذا أن درجة الحرارة النهائية أكبر من 0°C:

$$\theta_f = \frac{(M+\mu)c_e\theta + m_{Cu}c_{Cu}\theta_i}{(m+\mu)c_e + m_{Cu}c_{Cu}} = \frac{39234 - 0.3*390*25}{0.625*4185 + 0.3*390} = \frac{36309}{2733} \approx 13.3°C$$

● التمرين 22

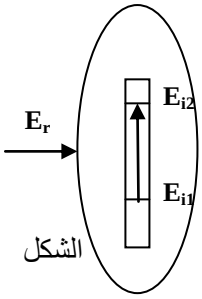
1 - التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء خلال دقيقة واحدة:

$$Q = D*60*\rho*c_e*(\theta_f - \theta_i) = 0.1*60*1*4185*50 \approx 1.25\ MJ$$

2 - التحويل الحراري الذي يولده احتراق الغاز خلال دقيقة واحدة: $Q_g = 1.2*Q \approx 1.5\ MJ$

3 - معدل جريان الغاز المستهلك:

● التمرين 23



1 - الحصيلة الطاقوية ممثلة الشكل التالي:

2 - درجة الحرارة التي يخرج بها الماء الساخن:

طاقة الإشعاع الشمسي: $E_r = P*S = 1000*200 = 200\ kW$

التحويل الحراري الذي يمتصه الماء خلال ثانية من الزمن (الاستطاعة):

$$Q = \rho * E_r = 0.87*200 = 174\ kJ$$

درجة الحرارة:

$$Q = D*1*c_e(\theta_f - \theta_i) \Rightarrow \theta_f = \theta_i + \frac{Q}{Dc_e} = 15 + \frac{174000}{0.8*4185} = 67°C$$

● التمرين 24

1 - الطاقة الممتصة في المحول خلال سنة:

$$Q = D*\rho_e*365*24*c_e*(T_1 - T) = 200*1000*365*24*4185*50 = 3671\,0^{12}\ J$$

2 - كتلة البترول المكافئة: $M = \frac{Q}{tep} = \frac{367000}{42} = 8738\ tonnes$

3 - حجم البترول المقتصد: $v = \frac{M}{\rho_p} = \frac{8738*1000}{800} = 10923\ m^3$

● التمرين 25

1 - يمتص الجليد و المسعر تحويل حراري Q_1 حتى ترتفع درجة حرارتهما من -20°C إلى 0°C:

$Q_1 = (mc + m'c')(T_2 - T_1)$ يتحول الجليد عند درجة الحرارة T2 إلى ماء و يمتص التحويل: $Q_2 = mL_f$

و تكون قطرات الماء قد فقدت التحويل: $Q_3 = d.\theta.c_e(T - T_2)$ و من مبدأ نحفاظ الطاقة فإن: $Q_1 + Q_2 = Q_3$

ثم نستنتج عبارة L_f.

2 - حتى ترتفع درجة حرارة المسعر من 0°C إلى 20°C يجب أن يستقبل تحويل حراري Q_1':

$Q'_1 = \{c_e(m + d\theta) + c'm'\}(T_3 - T_2)$ و تكون قطرات الماء قد فقدت التحويل: $Q'_2 = c_e d\theta'(T - T_3)$

و من مبدأ نحفاظ الطاقة فإن: $Q'_1 = Q'_2$ ثم نستنتج عبارة θ'.

3 - التحويل الحراري الذي فقدته قطعة الألمنيوم: $Q''_1 = m_1 c_{Al}(T'_1 - T'_2)$. امتص المسعر و الكمية $M=m+d(\theta+\theta')$

من الماء التحويل: $Q''_2 = \{m.c_e + c_e.d(\theta + \theta') + c'm'\}(T'_2 - T_3)$ و من مساواة التحويلين نستنتج c_{Al}.

4 - و من مبدأ نحفاظ الطاقة فإن التحويل الممتص من الغاز المثالي هو نفسه المفقود من قطعة الألمنيوم:

$m_1 c_{Al}(T'_1 - T'_3) = C\frac{v}{22.4}(T'_3 - T_2)$ ثم نستنتج عبارة C ، حيث $C=Mc_2$ و M الكتلة الجزيئية للغاز

و c_2 سعته الحرارية الكتلية.