

المجال (I) : الطاقة

الوحدة (4): الطاقة الداخلية :

• الكتفافات المستهدفة :

- يُوظف حصيلة طاقوية كمية .

- يُعرف أن طاقة الرابطة أكبر تقريباً بعشرة أضعاف من طاقة التماسك .

4 - ١) المركبة الحرارية E_{th} للطاقة الداخلية :

• نشاط :خذ قطعة من سلك معدني ثم حك أحد طرفيه على سطح حشن لمدة كافية ... (أنظر الشكل - 1) .

- المس (بذر) بيدك طرف السلك قبل وبعد عملية الحك .

ما زالت ؟ ... (ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة السلك)

- هل تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الحك ؟ لماذا ؟ ... (نعم بدليل ارتفاع حرارة السلك) .

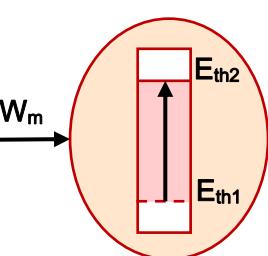
- مثل الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية ونهاية الحك

... (انظر النموذج جانبها)

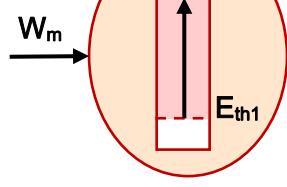
- أعط تفسيراً على المستوى المجهري لتغير الطاقة الداخلية للسلك .

... (بعد مرور بضع دقائق على الحك تتعادل درجة حرارة السلك ، إذ أن الجسيمات المكونة للسلك الموجودة عند طرفيه تتكتسب طاقة حرارية نتيجة الاحتكاك مع السطح الخشن ، هذه الجسيمات تُقدم جزءاً من طاقتها الحرارية للجسيمات التي تجاورها ، وبدورها هذه الأخيرة تُحول جزءاً من طاقتها إلى الجزيئات التي بالقرب منها ... وهكذا يستمر التحويل إلى أن يصبح لكل الجزيئات في المتوسط نفس الطاقة الحرارية ، وتصبح لكل سلك نفس درجة الحرارة نقول حينئذ على الجملة "السلك" أنها في حالة توازن حراري).

• نتيجة : استنتاج باكمال الفراغات



الشكل - 1 ■



يدل ارتفاع درجة حرارة الجملة على تغير طاقتها الداخلية ΔE_{th} . ارتفاع الطاقة الداخلية للجملة ناتج عن زيادة الطاقة الحرارية المجهريّة "الميكروسكوبية" لجسيمات الجملة. يُقاس هذا التغيير في الطاقة الداخلية بقيمة التحويل الحراري Q بين الجملة ووسط الخارجي .

١-١) العوامل التي يتعلّق بها التحويل الحراري:

• نشاط - 1 " علاقـة التحـويل الحرـارـي بـتـغـير درـجـة الحرـارـة " :

Ⓐ - ضع كمية من الماء البارد (g = 200 مثلاً) درجة حرارته الابتدائية $C^{\circ} 20 = \theta_1$ في وعاء وأصف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $C^{\circ} 60 = \theta_2$. اعتبر الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حرارياً أي يُهمل التحويل الحراري الذي يحدث مع الوسط الخارجي (الوعاء + المحيط) .

① مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية ($\theta_1 = 0$) و الحالة النهائية ($\theta_2 = \theta$) .

... (انظر النموذج جانبها)

② ماذا يُمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد والماء الساخن ؟

... (يُمثل التحويل الحراري Q بين كميتي الماء 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 متتساويتين فإن درجة حرارتهما عند بلوغ التوازن الحراري

تأخذ مُعدل درجتي حرارتهما الابتدائيتين تقريرياً أي : $C^{\circ} 40 = \frac{1}{2}(\theta_1 + \theta_2) = \frac{1}{2}(0 + \theta) = \theta$) .

④ قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري . ما زالت ؟ ... (بعد حدوث التوازن الحراري تثبت درجة حرارة الماء عند

القيمة المقاسة النهائية $C^{\circ} 40 = \theta$)

⑤ استنتاج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .

... ($\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 40 - 20 = 20 ^{\circ}\text{C}$)

Ⓑ - أعد التجربة بأخذ نفس كمية الماء البارد السابقة g = 200 m = 200 ^{\circ}\text{C} 0 = \theta_0 = 20 ^{\circ}\text{C} . ثم أصف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته C^{\circ} 80 = \theta_2 . اعتبر دوماً الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حرارياً .

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 $C^{\circ} 40 = \theta$ وإنما يكون لها قيمة مختلفة فرقها في هذه الحالة

② استنتاج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .
 $\dots \Delta\theta = \theta - \theta_0 = 50 - 20 = 30^{\circ}\text{C}$.

③ مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .
 ... (أنظر النموذج جانبي) .

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

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

• نشاط - 2 " علاقة التحويل الحراري بكمية المادة (الكتلة) " :

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

① هل يكون للجملة نفس درجة حرارة التوازن السابقة - (الجزء - A) ؟ ... (لا يكون للجملة نفس درجة التوازن كما هو الحال في الجزء - A من النشاط - 1 أي : $40^{\circ}\text{C} = \theta$ بل يكون لها درجة حرارة مختلفة) .

② نفس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري . ماذا تلاحظ ؟ ... (درجة حرارة الماء تثبت عند قيمتها النهائية بعد حدوث التوازن الحراري وتقرر في هذه الحالة تقريبا $46,66^{\circ}\text{C} = \theta$) .

③ استنتاج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .
 $\dots \Delta\theta = 46,66 - 20 = 26,66^{\circ}\text{C}$.

④ مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية (أنظر النموذج جانبي)

⑤ قارن بين قيمة التحويل الحراري Q لهذا النشاط و قيمته في النشاط - 1 - (الجزء - A) .
 ... (بما أن كمية الماء البارد هي نفسها في النشاط - 1 - الجزء (A) وكذا في النشاط - 2 بينما التغير

الحادي في درجة حرارة الماء مختلف في الحالتين " $20^{\circ}\text{C} = \Delta\theta$ في حالة الأولى " .

و " $26,66^{\circ}\text{C} = \Delta\theta$ في حالة الثانية " فإن قيمة التحويل الحراري Q غير متساوية في الحالتين) .

• نشاط - 3 " علاقة التحويل الحراري بنوع المادة " :

أعد التجربة وخذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة $g = 200 \text{ g} = m = m_{\text{Cu}} = 200 \text{ g} = \theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$ وأضف لها نفس الكمية من معدن النحاس (سلك نحاسي : $m_{\text{Cu}} = 200 \text{ g}$) درجة حرارته $60^{\circ}\text{C} = \theta_2$ (عملياً : يُستخرج السلك النحاسي من حمام مائي درجة حرارته 60°C ويوضع مباشرة في الماء البارد) .

① نفس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ، هل لها نفس القيمة التي حصلت عليها في النشاط 1 - (الجزء A) ؟ ... (عند التوازن الحراري للجملة نقيس درجة حرارتها النهائية فنجد أنها متساوية $23,33^{\circ}\text{C} = \theta$ وبالتالي ليس لها نفس القيمة المقابلة في النشاط - 1 - (الجزء (A)) .

② استنتاج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية
 $\dots \Delta\theta = 23,33 - 20 = 3,33^{\circ}\text{C}$.

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

• نتيجة : استنتاج بإكمال الفراغات

تعتبر قيمة الطاقة المحولة Q بين كميتين من المادة **ـ كتلة 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 $Q = \Delta E_{\text{th}}$.**

١-٢) عبارة التحويل الحراري : Q :

تناسب 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 تكتب عبارة هذا التحويل بالشكل

التالي : $Q = mc(\theta_f - \theta_i) = C \cdot \Delta\theta$ وفيها :

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

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

$C = mc$ هي السعة الحرارية للمادة المعتبرة وهي تتعلق بـ نوع المادة حيث : C : تمثل معامل ثابت يعرف باسم الحرارة الكتالية للمادة المعتبرة ... (تقدير الحرارة الكتالية C بوحدتها الدولية الجول لكل كيلوغرام في الدرجة المطلقة (أو : المئوية) : $(kg \cdot ^\circ C) / J$ ، وتقدر السعة الحرارية C بوحدة الجول لكل درجة : $J / ^\circ C$).

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

ملاحظات :

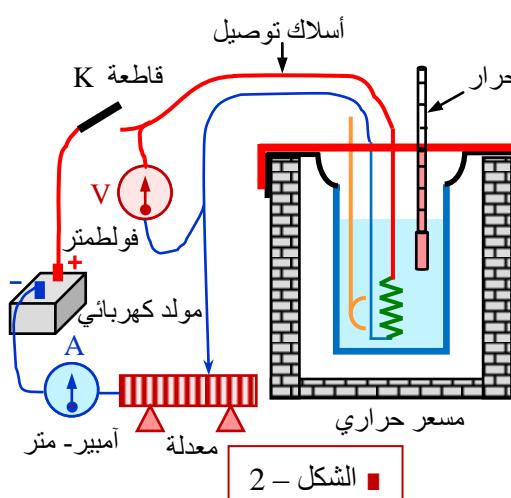
- إذا كانت : $\theta_f > \theta_i$ فإن : $Q < 0$ يحدث ارتفاع في المركبة الحرارية لطاقة الجملة الداخلية " أي أن : الجملة استقبلت طاقة .

- في حالة المعاكسة : **الجملة تفقد الطاقة** أي $Q > 0$.

- السعه الحرارية لجملة تعادل مجموع السعات الحرارية لكل مكوناتها :

$$C = \sum C_i = \sum m_i c_i = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \dots$$

١- (3) **فعل جول :** فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرافق مرور تيار كهربائي في نقل أومي .



نشاط : التحقق من قانون جول :

حق الترتيب المبين في الشكل - 2 و المكون من مسurer حراري و لواحة معدلة كهربائية ؛ مولد كهربائي ؛ آمبيرمتر ؛ فولطيمتر ؛ مقاومة لتسخين الماء ؛ ...

- ضع كمية من الماء كتلتها $m = 300 g$ في المسurer و قس درجة الحرارة الابتدائية .

- أغلق القاطعة و قس الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسurer

بعشر درجات مئوية : $\Delta\theta = 10 ^\circ C$.

- قس في نفس الوقت شدة التيار الكهربائي المار في المقاومة وفرق المكون المطبق بين طرفيها .

- غير في شدة التيار ، وذلك بتغيير قيمة مقاومة المعدلة ، وقس شدة التيار وفرق المكون والزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسurer بعشر درجات مئوية ($10 ^\circ C$) .

- كرر العملية عدة مرات بتغيير شدة التيار ، ثم دون نتائجك في الجدول التالي :

I (A)	t (s)	$I^2 t (A^2 \cdot s)$

تحليل نتائج القياس :

أ) - أكتب عبارة الطاقة المكتسبة من طرف الماء .

ب) - أكتب عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة .

ج) - باعتبار المسurer معزولاً حرارياً وأن المقاومة تحول كل الطاقة الكهربائية التي تستقبلها ، أكتب معادلة احتفاظ الطاقة .

د) - هل نتائج التجربة تتحقق قانون جول ؟

الجواب :

- **جدول القياسات (أنظر الجدول المقابل : لأجل $\Omega = 500 \Omega$)**

أ) - **عبارة الطاقة المكتسبة من طرف الماء :** بإهمال السعة الحرارية للمسurer ولوحاته فإن عبارة الطاقة المكتسبة من الماء هي :

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

ب) - **عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة :** ...

ج) - **معادلة احتفاظ الطاقة :** مماثلة وحسب مبدأ احتفاظ الطاقة للجمل المعزولة فإن :

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

د) - لدينا : $m = 300 g$ و $\Delta\theta = 10 ^\circ C$ و $c = 4,185 J/g \cdot ^\circ C$ (الحرارة الكتالية للماء) وبالتالي :

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

لدينا كذلك : $R = 500 \Omega$ و بالرجوع إلى جدول القياسات نجد : $I = C \frac{t}{R} = 25 \frac{A \cdot s}{500 \Omega} = 0.05 A$ وبالتالي :

$$E_e = R \cdot I^2 \cdot t = 500 \times 0.05^2 \times 100 = 12500 J$$

.. واضح أن : $E_e = Q$ أي أن : نتائج التجربة تتحقق قانون جول في حدود أخطاء القياس :

نتيجة : استنتج بإكمال الفراغات :

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

• ملاحظة : يكون فعل جول مفيداً في بعض الحالات وغير مفيد في الكثير من الحالات :

- مفيد إذا كان الهدف هو الاستفادة من ذلك التحويل الحراري الناتج عنه كما هو الحال في : المسخن الكهربائي ، المكواة ، الفرن الكهربائي ، فواسم الدارات ، ...

- غير مفيد في الحالة التي يكون فيها رفع درجة الحرارة غير مرغوب فيه : حالة دارة كهربائية ، الضياع في الخط ، ...

٤ - ٥٢) مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية - الكيميائية للجملة :

عندما يحدث تغير في الحالة الفيزيائية لجملة براقة 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 الرابطة الكيميائية ، كما يجب تغيير رتبة التحويلات الحرارية المرافقة لكل تحول .

ت تكون المادة في كل حالاتها الفيزيائية (الصلبة - السائلة - الغازية) على المستوى المجهري من جسيمات (جزيئات ، ذرات أو شوارد) وإن حالة المادة تتعلق بشدة التأثير المتبادل بين هذه الجسيمات .

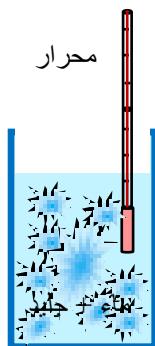
• الحالـة الصـلـبة : هي الحالـة التي تـوزـعـ فـيـهاـ جـسـيـمـاتـ المـادـةـ عـلـىـ شـبـكـةـ بـلـلـورـيـةـ حيثـ تـكـوـنـ شـدـيـةـ الـارـتـبـاطـ فـيـمـاـ بـيـنـهـ .ـ تـؤـمـنـ هـذـهـ الـرـوـابـطـ تـمـاسـكـ الـبـنـيـةـ الـبـلـلـورـيـةـ لـلـمـادـةـ .ـ

• الحالـة السـائـلة : هي الحالـة التي تـكـوـنـ فـيـهاـ جـسـيـمـاتـ المـادـةـ ضـعـيفـةـ الـارـتـبـاطـ فـيـمـاـ بـيـنـهـ حيثـ يـكـوـنـ التـأـثـيرـ المـتـبـادـلـ بـيـنـ جـسـيـمـاتـ المـادـةـ ضـعـيفـةـ الـشـدـةـ .ـ

• الحالـة الغـازـية : هي الحالـة التي تـكـوـنـ فـيـهاـ شـدـةـ التـأـثـيرـ المـتـبـادـلـ بـيـنـ جـسـيـمـاتـ مـهـمـلـةـ (جـسـيـمـاتـ مـسـتـقـلـةـ حرـةـ غـيرـ مـتـرـابـطـةـ) .ـ

٤ - ١) طاقة التماسك (التحول الفيزيائي) :

• نشاط - ١ : خـذـ قـطـعةـ مـنـ الجـلـيدـ وـ ضـعـهـ دـاخـلـ وـ عـاءـ مـعـدـنـيـ فـيـ كـمـيـةـ مـنـ المـاءـ الـبـارـدـ درـجـةـ حرـارـتـهـ تقـارـبـ 0°C (الشكل - ٣) .ـ رـاقـبـ لـمـدـةـ كـافـيـةـ ،ـ باـسـتـعـالـ مـحرـارـ ،ـ درـجـةـ حرـارـةـ جـمـلـةـ (كمـيـةـ المـاءـ الـبـارـدـ +ـ قـطـعةـ الجـلـيدـ +ـ الـوعـاءـ) .ـ



١ - هل الجملة معزولة حرارياً؟ ... (نعم ، تبقى درجة حرارتها ثابتة تقريباً في حدود 0°C)
٢ - قـسـ باـسـتـعـالـ مـيقـانـيـةـ مـدـةـ ذـوبـانـ الجـلـيدـ ... (مـدـةـ كـافـيـةـ مـعـتـرـبةـ Δt)
٣ - هل درـجـةـ حرـارـةـ جـمـلـةـ تـغـيـرـتـ مـدـةـ ذـوبـانـ الجـلـيدـ؟ ... (لاـ تـتـغـيـرـ وـ تـظـلـ ثـابـتـةـ تقـرـيـباـ عـنـ الـقـيـمةـ 0°C)

مـلاحظـةـ : الطـاقـةـ المـمـتـصـةـ مـنـ طـرفـ الجـلـيدـ لـاـ تـرـفـعـ مـنـ درـجـةـ حرـارـتـهـ وـ إـنـماـ تـغـيـرـ حـالـتـهـ الفـيـزـيـائـيـةـ .ـ

٤ - هل الجملة اكتسبـتـ طـاقـةـ مـنـ الـوـسـطـ الـخـارـجيـ مـدـةـ ذـوبـانـ الجـلـيدـ؟ ... (بـاعتـبارـ الجـمـلـةـ هيـ (قطـعةـ الجـلـيدـ) :ـ نـعـمـ اـكـتـسـبـتـ الجـمـلـةـ طـاقـةـ مـنـ الـوـسـطـ الـخـارـجيـ)

٥ - إذا كان الجواب نـعـمـ ،ـ ماـهـوـ أـثـرـ الطـاقـةـ الـمـكـتـسـبـةـ عـلـىـ الجـمـلـةـ؟ ... (يـذـوبـ الجـلـيدـ بـفـكـ اـرـتـبـاطـ جـزـيـئـاتـ المـاءـ فـيـمـاـ بـيـنـهـ وـ جـعـلـهـ ضـعـيفـةـ الـارـتـبـاطـ وـ يـتـطـلـبـ ذـلـكـ طـاقـةـ يـقـدـمـهـ الـوـسـطـ الـخـارـجيـ بـسـبـيلـ حرـارـيـ Q ـ تـزـدـادـ بـهـ الـطـاقـةـ الـحـرـكـيـةـ الـمـجـهـرـيـةـ لـجـزـيـئـاتـ المـاءـ)

مـلاحظـةـ : تـغـيـرـ الـحـالـةـ يـحـدـثـ عـنـ درـجـاتـ حرـارـةـ ثـابـتـةـ ...ـ فـالـطـاقـةـ الـمـسـتـقـلـةـ مـنـ قـطـعةـ الجـلـيدـ خـلـالـ مـدـةـ ذـوبـانـهـ لـمـ تـرـفـعـ فـيـ درـجـةـ حرـارـتـهـ بـلـ كـانـتـ سـبـبـاـ فـيـ ذـوبـانـهـ .ـ

• نـتيـجـةـ : استـنـتـجـ بـإـكـمـالـ الفـرـاغـاتـ :

تمـتصـ قـطـعةـ الجـلـيدـ تـحـوـيلـ حـرـارـيـاـ مـنـ الـوـسـطـ الـخـارـجيـ حـتـىـ تـحـوـلـ مـنـ قـطـعةـ جـلـيدـيـةـ عـنـدـ درـجـةـ حرـارـةـ 0°C ـ إـلـىـ مـاءـ سـائـلـ عـنـدـ نفسـ درـجـةـ حرـارـةـ .ـ

• نـشـاطـ ٢ : أـعـدـ التجـيـرـةـ السـابـقـةـ بـأـخـذـ ضـعـفـ كـتـلـةـ الجـلـيدـ السـابـقـةـ .ـ

ـ قـسـ مـدـةـ ذـوبـانـ الجـلـيدـ ... (بـزـدادـ الـوقـتـ الـمـرـاقـقـ لـفـكـ اـرـتـبـاطـ الجـزـيـئـاتـ بـحـسـبـ كـتـلـةـ المـادـةـ)

ـ قـارـنـ هـذـهـ المـدـةـ مـعـ مـدـةـ ذـوبـانـ قـطـعةـ الجـلـيدـ فـيـ تـجـيـرـةـ النـشـاطـ - ١ـ .ـ مـاـذـاـ تـسـتـنـتـجـ؟ ... (مـدـةـ أـكـبـرـ مـنـ المـدـةـ الـأـوـلـىـ وـ يـتـطـلـبـ ذـلـكـ تـحـوـيلـ حـرـارـيـ مـضـاعـفـ) .ـ

ـ فـيـ رـأـيـكـ هـلـ قـيـمـةـ التـحـوـيلـ حـرـارـيـ فـيـ هـذـاـ النـشـاطـ أـكـبـرـ مـنـ قـيـمـةـ التـحـوـيلـ فـيـ النـشـاطـ - ١ـ ؟ـ لـمـاـذاـ؟ ... (نـعـمـ قـيـمـةـ التـحـوـيلـ حـرـارـيـ Q' ـ فـيـ هـذـاـ النـشـاطـ أـكـبـرـ مـنـ قـيـمـتهـ Q ـ فـيـ النـشـاطـ - ١ـ السـابـقـ لـأـنـ التـحـوـيلـ حـرـارـيـ Q ـ يـتـعـلـقـ بـكـتـلـةـ المـادـةـ الـمـسـتـقـلـةـ لـلـطـاقـةـ وـ هـيـ أـكـبـرـ بـمـرـتـينـ فـيـ هـذـهـ الـحـالـةـ عـمـاـ كـانـتـ عـلـيـهـ فـيـ الـحـالـةـ السـابـقـةـ أيـ :ـ $m' = 2m \Rightarrow Q' = 2Q$ ـ .ـ

• نـشـاطـ ٣ : أـعـدـ التجـيـرـةـ السـابـقـةـ بـأـخـذـ كـلـ مـخـلـفةـ لـلـجـلـيدـ (...ـ $3m$ ـ ,ـ $4m$ ـ)ـ وـ قـسـ فـيـ كـلـ مـرـةـ مـدـةـ ذـوبـانـ الجـلـيدـ .ـ مـاـذـاـ تـلـاحـظـ؟ـ مـاـذـاـ تـسـتـنـتـجـ؟ ... (نـلـاحـظـ أـنـ مـدـةـ التـحـوـيلـ تـتـضـاعـفـ بـتـضـاعـفـ بـتـضـاعـفـ الـكـتـلـةـ وـ بـالتـالـيـ تـتـضـاعـفـ قـيـمـةـ التـحـوـيلـ حـرـارـيـ أـيـ أنـ Q ـ يـتـعـلـقـ بـ m ـ (تـنـاسـبـ طـرـديـ)ـ .ـ

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

٢٠١-أ) عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة :

يتطلب تغيير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلته m ، عند درجة حرارة ثابتة ، تحويلاً حرارياً Q عبارته : $Q = m \cdot L$

يدعى المعامل L " السعة الكتليلية للتغير حالة الجسم النقي " وهو يتعلق بنوع المادة و تحولات الحالة .

Q التحويل الحراري بالجول (J) .

m كتلة الجسم بالكيلوغرام (kg) .

L السعة الكتليلية للتغير حالة بالجول الكيلوغرام (J/kg) .

- يكون التحول (تغير الحالة) ماصاً للحرارة إذا اكتسب الجسم النقي طاقة حرارية من الوسط الخارجي (ذوبان الجليد) .

- يكون التحول (تغير الحالة) ناشراً للحرارة إذا فقد الجسم النقي طاقة حرارية نحو الوسط الخارجي (تجمد الماء) .

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

② يجب أن نعي أن Q الموافق لتحول الحالة لا يتعلق بـ $\Delta\theta$ لأن التحول (تغير الحالة) يتم عند $C = 0$ وإنما يتعلق بـ m و L فقط .

٢٠١-ب) التفسير المجهري للتغير الحالة الحرارية المرافق لتحول فيزيائي :

تنبع حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها أي بـ طاقة التماسك ، و تغير الحالة الفيزيائية للمادة ما هو إلا تغير في قيمة طاقة تتماسك جزيئتها .

تمثل طاقة التماسك المرافق للتغير الحالة الفيزيائية لمادة الطاقة ابطة التي تتماسك بها جزيئات المادة (تغير الترابط الجزيئي) .

٢٠٢-أ) طاقة الرابطة الكيميائية (التحول الكيميائي) :

• نشاط - ١ : تعين طاقة الرابطة الكيميائية لوقود قادحة :

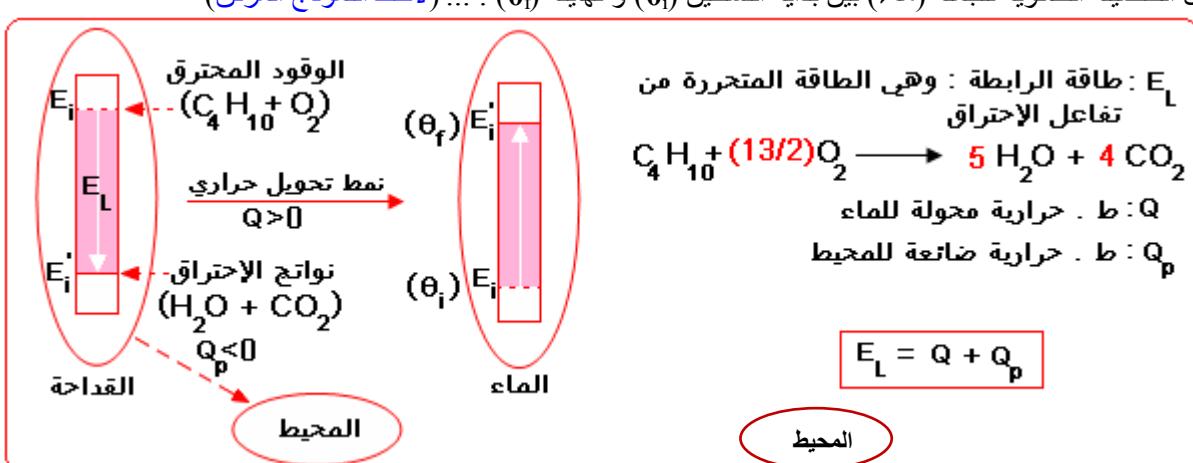
- ضع كتلة $g = 40$ من الماء في علبة من الألمنيوم .

- خذ قادحة تحتوي على كمية من الوقود (غاز البوتان الم Bundy) . استعمل هذه القادحة لتسخين الكمية السابقة من الماء .

- استعمل محواراً لقياس درجة الحرارة الابتدائية θ_i للماء قبل دققية) ... (بعد إجراء القياسات المطلوبة نجد : $\Delta\theta = 15^{\circ}\text{C}$. عين على القادحة المستوى النهائي θ_f للوقود .

- قدر كمية الوقود المستهلكة لتسخين الماء (بعد معايرة خزان القادحة نجد كتلة الوقود $(\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2)$: $m = 150 \text{ mg}$. لماذا نستعمل وعاء من الألمنيوم ؟ ... (التسخين الحرارة من القادحة إلى الماء وإنقاص الضياع غير المفيد نحو المحيط) .

- مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (ماء) بين بداية التسخين (θ_i) و نهايته (θ_f) (لاحظ النموذج المرفق)



- أحسب الطاقة المكتسبة من طرف الماء علماً أن الحرارة الكتليلية للماء : $c_e = 4,185 \text{ J/g} \cdot \text{K}$ بالتعريف لدينا :

$$Q = 40 \times 4,185 \times 15 = 2500 \text{ J} \quad \leftarrow \Delta\theta = 15^{\circ}\text{C}, m = 40 \text{ g} \quad | Q = mc_e \cdot \Delta\theta$$

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

بإهمال الضياع في الطاقة إلى المحيط Q_p فإن: $E_L \approx Q \approx 2500 \text{ J}$

أكبر دوماً من الطاقة المحولة للماء Q حيث: - بعد معايرة خزان القداحة لدينا حجم الوقود المستهلك هو: $V \approx 0,26 \text{ cm}^3$
بالتالي:

كتلة الوقود المستهلك هي: $m = \rho \cdot V = 0,58 \times 0,26 \approx 0,15 \text{ g} \approx 150 \text{ mg}$ و الطاقة المتحررة عن احتراق هذه الكمية

من الوقود هي عملياً: $E_L \approx Q \approx 2500 \text{ J}$ وبالتالي:

$$E_L = \frac{1 \times 2500}{0,15} = 16600 \text{ J} \quad \left\{ \begin{array}{l} 2500 \text{ J} \\ E_L \\ \hline \end{array} \right. \begin{array}{l} \xleftarrow{\text{حرر}} \\ \xleftarrow{\text{---}} \\ \xleftarrow{\text{---}} \end{array} \begin{array}{l} m = 0,15 \text{ g} \\ m = 1 \text{ g} \\ \hline m = 1 \text{ g} \end{array}$$

: طاقة الرابطة المتحررة عن احتراق الوقود هي: $E_L \approx 16600 \text{ J/g}$.

- 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 التجاري $E_L \approx 16600 \text{ J/g}$ لكن القيمة المضبوطة لهذه الطاقة أكبر من القيمة المقاومة هذه أي: $E_L > 16600 \text{ J}$ نظراً لأخطاء القياس من جهة وكذا للضياع المحول للمحيط من جهة ثانية والأهم من ذلك كله يعود لكون "طاقة الرابطة هي الطاقة اللازمة لتغيير الحالة الكيميائية للمادة بسبب التفاعل بين الذرات وتحطيم وتشكيل الروابط وهي أكبر دوماً من طاقة التماسك اللازمة لتغيير الحالة الفيزيائية للمادة" و بعبارة أخرى :

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

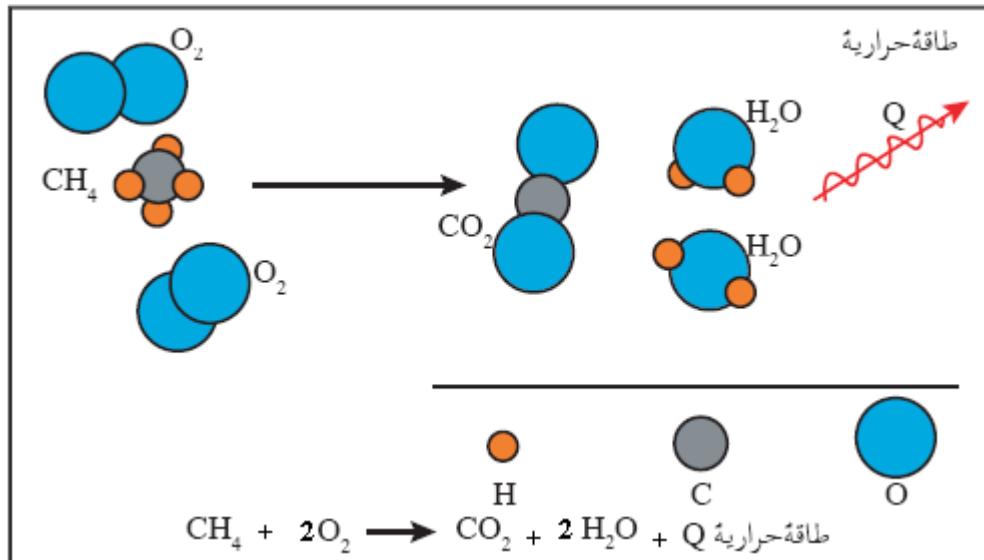
- طاقة الرابطة E_L هي الطاقة المحررة من الوقود وهي : ط. الحالة الكيميائية (ط. تلاشي و تكوين الروابط بين الذرات) .

... دوماً : ط. الرابطة أكبر بكثير من ط. التماسك $Q >>$

٢-٠٢) التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول كيميائي:

تتغير الروابط الكيميائية نتيجة التفاعل بين الذرات حيث تتكسر روابط وتشكل روابط أخرى مما يحدث تغييراً في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة ، تدعى هذه الطاقة ، طاقة الرابطة الكيميائية ، وقيمتها تعادل قيمة التحويل الحراري الذي يحدث .

الشكل المرفق أدناه يمثل التغيرات الميكروسكوبية التي ترافق تحرير الطاقة عند احتراق غاز الميثان CH_4 .



• إذا تزايد مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ماصاً للحرارة .

• إذا تناقص مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ناشراً للحرارة .

٢-٠٢ - ب) تطبيق: (رتبة التحولات: تعين ط. التماسك و مقارنتها مع ط. الرابطة الكيميائية)

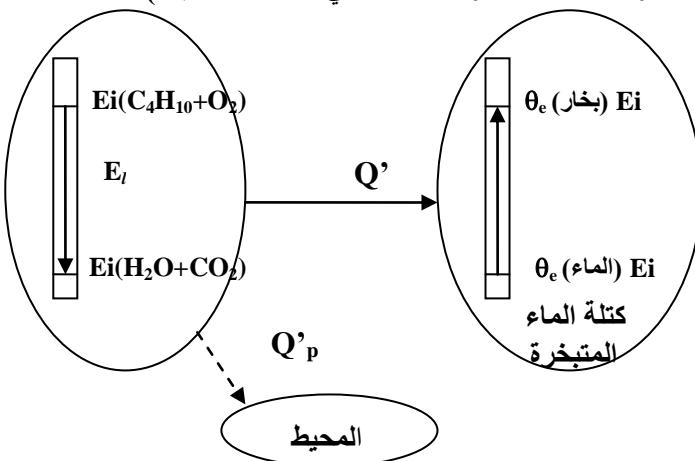
ضع كمية من الماء كتلتها $g = 20$ في علبة من الألمنيوم و سخنها حتى درجة الغليان ثم قم بوزن هذه الكمية و بعدها مباشرة أشعل القداحة و ضعها تحت العلبة . انتظر دقيقة أو دقيقةين حتى تتبخر كمية من الماء ، ثم أعد وزن الماء المتبقى في العلبة .

- (١) حدد كتلة الماء المتبخّر تقريباً $m = 2,0 \text{ g}$.

- (٢) اقترح طريقة لقياس كتلة الوقود المحترق من القداحة لقياس كتلة الوقود المحترقة نقترح أحد قداحتين متماثلتين واحدة مملوئة و الأخرى فارغة ، ثم نقوم بوزنها و تعين الكتلة الكلية لوقود في القداحة المملوئة ، بعدها تُدرج هذه القداحة بتدرجات متساوية (١٠ تد مثلاً) ثم إيجاد كتلة الوقود المموافقة لكل تدريجة و بعد إجراء التجربة نحدد كمية الوقود المحترق من

قياس الفرق بين مستوى الوقود قبل وبعد الاحتراق أي تحديد عدد تدريجات الوقود المختفي (المتفاعل) وحساب كتلته فنجدها مثلاً في تجربتنا هذه $200 \text{ mg} = 0,2 \text{ g} = 0,2 \text{ m}^3$.

- (٣) أنجز الحصيلة الطاقوية (لاحظ الحصيلة الطاقوية أدناه أو الحصيلة الطاقوية المعطاة في الصفحة السابقة).



- (٤) هل يمكنك تقدير ، باستعمال نتائج النشاط السابق ، الطاقة الحرارية التي اكتسبتها كمية الماء المتبقية.

لدينا من النشاط السابق 1 g

من الوقود يحرر J 16600 و لدينا في هذا النشاط كمية الماء المتاخر g = 2,0 m = 2,0 g ويحترق لأجل ذلك كتلة من الوقود قدرها m' = 0,2 g فتكون الطاقة المتحررة حينئذ : $J = 16600 \times 0,2 = 3320 \text{ J}$

باهمال $Q'p$ المحولة للمحيط .

- (٥) استنتج الطاقة الحرارية التي تكتسبها كتلة m = 1 g من الماء لكي تتبخر . Lv للماء .

لما سبق يتضح أن : $L_v = 1660 \text{ J/g}$

هي الحرارة التي تكتسبها كتلة من الماء قدرها g 1 لكي تتبخر وتعرف هذه الحرارة بـ " السعة الكتليلية للتبخير " L_v .

- (٦) قارن بين هذه القيمة و قيمة طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة E_L . ماذا تستنتج ؟ لدينا مما سبق :

- طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة : $E_L = 16600 \text{ J/g}$.

- السعة الكتليلية للتبخير : $L_v = 1660 \text{ J/g}$ وهي نفسها طاقة التمسك Q لنفس كمية الماء المتاخرة .

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

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

• **نتيجة** : استنتاج بإكمال الفراغات :
تبين نتائج النشاطات السابقة أن الطاقة الكامنة المخزنة في المادة اللازمة (لتماسك) مجموعة من (الذرات) في الجزيئات تفوق بـ (عشرة) أضعاف تقريباً الطاقة اللازمة (لتماسك) مجموعة من الجزيئات .

• **قياسات حرارية " أ . طبيقية "**

• **تطبيق** : **التمرين المحلول** (ص : 107 - كتاب التلميذ) .

تعين مردود مسخن ماء منزلي

لتحديد مردود مسخن ماء يشتعل بغاز المدينة تقوم بالتجربة التالية :

- نقيس ، باستعمال محوار ، درجة حرارة ماء الحنفية (قبل أن يمر عبر المسخن) : $T_i = 15^\circ\text{C}$.

- نقيس درجة حرارة الماء الساخن (بعد أن يمر عبر المسخن) : $T_f = 65^\circ\text{C}$.

- نقيس ، باستعمال ميقاتية ، مدة ملأ قدر سعته L = 10 min : $V = 10 \text{ L}$.

- نقيس ، بالقراءة على عداد الغاز ، حجم الغاز المستعمل لتسخين الماء حتى يمتلئ القراءة : $V_g = 120 \text{ L}$.

. نعلم من المراجع أن : الحرارة الكتليلية للماء $c_e = 4185 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{K}$ و السعة الحرارية لغاز المدينة $c_g = 2,5 \times 10^7 \text{ J/m}^3$.

- (١) أحسب قيمة التحويل الحراري المحول إلى الماء ، ثم استنتاج الاستطاعة المحولة .

- (٢) أحسب قيمة التحويل الحراري الناتج عن احتراق الغاز .

- (٣) قارن بين قيمتي التحويلين ، ثم مثل الحصيلة الطاقوية للجملتين : (الماء) و (غاز المدينة + ثاني الأكسجين) خلال عملية تسخين كمية الماء .

- (٤) انطلاقاً من نتائج السؤال السابق ، عرّف ثم أحسب مردود مسخن الماء .

- (٥) نقدر من فاتورة الكهرباء و الغاز التسعيرة المتوسطة التالية لاستهلاك الطاقة :

· سعر 1 kWh من طاقة الكهرباء يساوي 3 دج .

· سعر $J = 4,18 \times 10^6 \text{ J} = 1 \text{ th} = 1 \text{ M cal}$ يساوي 0,3 دج .

- (٦) أحسب كلفة تسخين L 100 من الماء باستعمال هذا المحسن بالغاز .

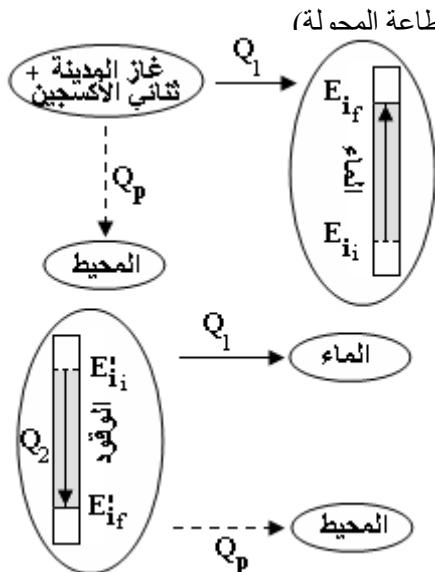
- (٧) أحسب كلفة تسخين L 100 من الماء باستعمال مسخن كهربائي له نفس استطاعة التحويل لمسخن الماء الغازي السابق و اعتبار مردوده يساوي الواحد (100%) أي : تحول فيه كل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية . ماذا تستنتج ؟

• **الحل** :

- (١) باعتبار الجملة المدرورة هي (الماء) فإن :

الجملة تتلقي من الوسط الخارجي (سخان الماء) تحويلاً حرارياً Q_1 يرفع من الطاقة الحرارية الميكروسكوبية لجزيئات الجملة فتتغير درجة حرارة الماء دون تغير حالته الفيزيائية حيث :

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



- ذلك بالتعريف : $W = 2,1 \times 10^6 / 300 = 7000 \text{ W} = 7000 \text{ } \text{J} / \text{s}$... (الاستطاعة الم Mechane)
- (٢°) نعتبر الآن الجملة المدرستة هي وقود سخان الماء
غاز المدينة + ثاني الأكسجين و الذي يحرر عند احتراقه التحويل الحراري :
- $$Q_1 = 3 \times 10^6 \text{ J} = 3 \times 10^6 \times 120 \times 10^{-3} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$
- (٣°) نلاحظ أن : $Q_2 > Q_1$ وبالتالي : الطاقة المحررة باحتراق الوقود لا تُسخّن الماء فحسب بل يضيع جزء منها نحو المحيط ، هذا الجزء الضائع من الطاقة (غير المفيدة) يقدر بـ :
- $$Q_p = Q_2 - Q_1 = 3,6 \times 10^6 - 3 \times 10^6 = 0,6 \times 10^6 \text{ J}$$
- بالنالي الحصيلة الطاقوية للماء و الوقود خلال عملية تسخين الماء هي : (أنظر النموذجين المرفقين جانبها).
- (٤°) نعرف مردود سخان الماء بأنه : النسبة بين الطاقة المفيدة Q_1 و الطاقة الكلية المحررة من احتراق الوقود Q_2 أي : $\eta = Q_1 / Q_2$
- بالنالي : $\eta = 70 \% = 70 / 100 = 0,7$
- (٥°) بما أن تسخين L من الماء يتطلب تحويل حراري $Q_2 = 3 \text{ MJ}$ حرارية محررة من احتراق الوقود قدرها 30 MJ وبكلفة قدرها : $s_1 = (0,3 \times 30 \times 10^9) / (4,18 \times 10^9) = 2,15 \text{ D.A}$
- (ب) لدينا بالنسبة للمسخن الكهربائي : $P = 7000 \text{ W}$ وكذا : $\eta = 100 \% = 1$
- بالنالي : $Q_2 = Q_1 = 21 \text{ MJ}$ هي الطاقة الحرارية التي يقدمها السخان الكهربائي لتسخين $L = 100$ و بكلفة $s_2 = (3 \times 21 \times 10^9) / (3,6 \times 10^9) = 17,5 \text{ D.A}$

حلول بعض التمارين

• التمرين 1

نسمى جملة كل جسم أو جزء منه أو مجموعة أجسام نختارها قصد دراستها. لهذه الجملة حدود حقيقة 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 قدمتها لها".

الطاقة الإبتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة - الطاقة المقدمة = 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 ميكروسكوبيّة ناتجة عن حركة الجسيمات المكونة للجملة و هي عادة حركة عشوائية.
 - طاقة كامنة ميكروسكوبيّة 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 لذرّات الجملة.
- الطاقة الكامنة المرونيّة الناتجة عن التشوه الذي يحدث للأجسام الصلبة.
- طاقة داخلية فيزيائية تتعلق بالحالة الفيزيائية للجملة.
 - طاقة داخلية كيميائية ناتجة عن التفاعل الكيميائي.

• التمرين 4

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

• التمرين 5

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

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

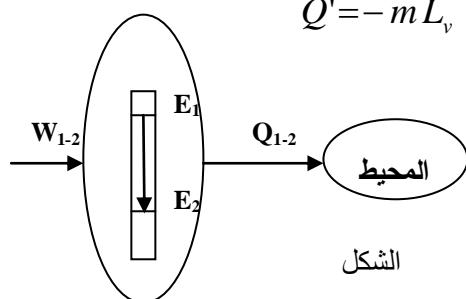
• التمرين 7

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

• التمرين 8

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

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



• التمرين 9

$$Q = P \cdot t = 500 * 3600 = 1,8 MJ$$

• التمرين 10

- 1- الجملة غير معزولة لأنها تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي.
- 2- التمثيل المبين على الشكل

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

• 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- بالكتافة الحجمية للمادة

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

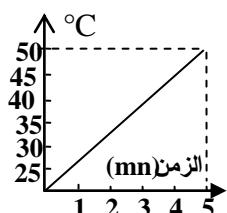
• التمرين 13

$$C = m_{Al}c_{Al} + Mc_e + mc + m_hc_h \quad \text{ت.ع.} :$$

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

$Q = C\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{C} = \frac{270000}{7899} \approx 34$ -

$$\theta_f = 20 + \Delta\theta = 54^\circ C$$



• التمرين 14

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

• التمرين 15

1- تبدأ درجة حرارة القطعة الجلدية ترتفع ، باكتساب تحويل حراري من الوسط الخارجي حتى تصبح درجة حرارة القطعة الجلدية 0 وعندها تتحول حالتها من صلب إلى سائل عن 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 الجلدية:

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

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

• التمرين 18

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

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

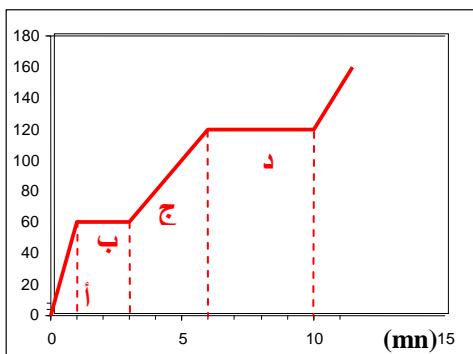
• التمرين 19

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

$$\theta_f = \frac{m\theta_i + m'\theta}{m + m'}$$

- في حالة القطعة الجلدية عند نفس درجة الحرارة $(\theta_f - \theta_i)$:

$$\theta_f = \frac{m\theta_i + m'\theta}{m + m'} - \frac{L_f}{c_e}$$



• 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 :

$$\theta = 60^{\circ}\text{C}$$

أما درجة غليانها في التحول الذي يحدث في الفترة د أي: $\theta = 120^{\circ}\text{C}$:

$$c = \frac{P\Delta t}{m\Delta\theta} = \frac{400 * 60}{60} = 400 \left(\frac{J}{kg^{\circ}\text{C}} \right)$$

$$c = \frac{P\Delta t}{m\Delta\theta} = \frac{400 * 3 * 60}{60} = 1200 \left(\frac{J}{kg^{\circ}\text{C}} \right)$$

$$mL_f = P\Delta t \Rightarrow L_f = \frac{P\Delta t}{m} = \frac{400 * 2 * 60}{1} = 4800 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

$$mL_v = P\Delta t \Rightarrow L_v = \frac{P\Delta t}{m} = \frac{400 * 4 * 60}{1} = 9600 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

• التمرين 21

تعيين الحالة النهائية للجملة:

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

$$Q_I = (M + \mu)c_e(\theta - \theta_f) = 0.625 * 4185 * 15 = 39.234 \text{ kJ}$$

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

$$Q_2 = m_{Cu} c_{Cu} (\theta_f - \theta_i) = 0.3 * 390 * 15 = 1.755 \text{ kJ}$$

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

• التمرين 22

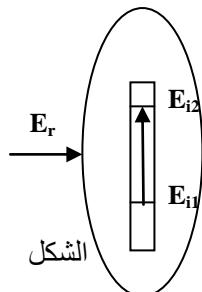
1 - التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء خلال دقيقة واحدة:

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

2 - التحويل الحراري الذي يولده احتراق الغاز خلال دقيقة واحدة:

$$Q_g = 1.2 * Q \approx 1.5 \text{ MJ}$$

3 - معدل جريان الغاز المستهلك:



• التمرين 23

1 - الحصيلة الطقوسية ممثلة الشكل التالي:

2 - درجة الحرارة التي يخرج بها الماء الساخن:

طاقة الإشعاع الشمسي:

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

$$Q = \rho * E_r = 0.87 * 200 = 174 \text{ kJ}$$

درجة الحرارة:

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

• التمرين 24

1 - الطاقة الممتصة في المحول خلال سنة:

$$Q = D * \rho_e * 365 * 24 * c_e * (T_f - T_i) = 200 * 1000 * 365 * 24 * 4185 * 50 = 36710^{12} \text{ J}$$

$$M = \frac{Q}{tep} = \frac{367000}{42} = 8738 \text{ tonnes}$$

$$v = \frac{M}{\rho_p} = \frac{8738 * 1000}{800} = 10923 \text{ m}^3$$

• التمرين 25

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

$$Q_2 = m L_f \quad Q_1 = (mc + m'c')(T_2 - T_1)$$

و تكون قطرات الماء قد فقدت التحويل Q_3 : $Q_1 + Q_2 = Q_3$ و من مبدأ حفاظ الطاقة فإن:

ثم نستنتج عبارة L_f .

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

$$Q_2' = c_e d \theta' (T_3 - T_2) \quad Q_1' = \{c_e(m + d\theta) + c'm'\}(T_3 - T_2)$$

و من مبدأ حفاظ الطاقة فإن: $Q_1' = Q_2'$ ثم نستنتج عبارة θ' .

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

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 حفاظ الطاقة فإن التحويل الممتص من الغاز المثالي هو نفسه المفقود من قطعة الألمنيوم:

$$M = m + d(\theta + \theta') \quad M = m_1 c_{Al} (T'_1 - T'_3) = C \frac{v}{22.4} (T'_3 - T_2)$$

و C_2 سعته الحرارية الكتالية.