# الوحدة الخامسة 5

# الطاقة الداخلية

## الكفاءات المستهدفة :

- يوظف حصيلة طاقوية كمية.
- يعرف أن طاقة الرابطة أكبر تقريبا عشرة أضعاف من طاقة التماسك.

- تستعمل السيارات البنزين كوقود لتتحرك، هل يخزن البنزين طاقة؟
- الشمس كوكب يحترق، ما هو شكل الطاقة المخزنة فيه؟

# الطاقة الداخلية

نعلم أن الطاقة الداخلية لجملة تتعلق بالبنية الداخلية للمادة على المستوى المجهري. التطرق لهذا المفهوم يتطلب معرفة بنية المادة التي تتكون من جزيئات و أيونات و ذرات. الطاقة الداخلية لجملة تتعلق بحالتها الحرارية، الفيزيائية–الكيميائية والنووية.

نتعرف في هذه الوحدة على مركبات الطاقة الداخلية التالية:

– المركبة الحرارية

– المركبة المنسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية

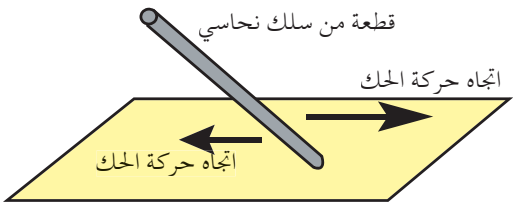
## 1 – المركبة الحرارية للطاقة الداخلية

**نشاط**

– خذ قطعة من سلك معدني ثم حكّ أحد طرفيه على سطح خشن لمدة كافية، أنظر الشكل1.

– المس (بحذر) بيدك طرف السلك قبل و بعد عملية الحك، ماذا تلاحظ؟

– هل تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الحك؟ لماذا؟




الشكل 1

– مثل الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية ونهاية الحك.

– اعط تفسيرا على المستوى المجهري لتغّيرالطاقة الداخلية للسلك.

**استنتج بإكمال الفراغات:**

يدل ..... درجة حرارة الجملة على تغير ..... ..... $\Delta E_{th}$. ارتفاع الطاقة ..... للجملة ناتج عن .... الطاقة .... المجهرية لجسيمات الجملة. يقاس هذا التغير في ..... الداخلية بقيمة ..... الحراري Q بين الجملة والوسط الخارجي.

### 1 – 1 – العوامل التي يتعلق بها التحويل الحراري

**نشاط 1**: علاقة التحويل الحراري بتغير درجة الحرارة

أ – ضع كمية من ماء بارد ( 200 g مثلا) درجة حرارته $\theta_1 = 20°C$ في وعاء و أضف له نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60°C$.

اعتبر الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا أي نهمل التحويل الحراري الذي يحدث مع الوسط الخارجي (المحيط + الوعاء).

1 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

2 – ماذا يمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن؟

3 – هل يمكنك تقدير درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة؟

4 – قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري، ماذا تلاحظ؟

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

ب – أعد التجربة بأخذ نفس كمية الماء البارد السابقة (200g و $\theta = 20°C$) ثم أضف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 80°C$.

اعتبر دائما الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا.

1 – قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة، هل لها نفس القيمة السابقة؟

2 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

3 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

4 – هل قيمة التحويل الحراري Q هي نفسها القيمة السابقة؟

5 – بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري؟

**نشاط2** : علاقة التحويل الحراري بكمية المادة (الكتلة)

– اعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة (200g و $\theta = 20°C$) وأضف لها ضعف الكمية من الماء الساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60°C$.

1 – هل يكون للجملة نفس درجة حرارة التوازن السابقة، الجزء – أ؟

2 – قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري، ماذا تلاحظ؟

3 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

4 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

5 –قارن بين قيمة التحويل الحراري Q لهذا النشاط و قيمته في النشاط1 الجزء – أ.

**نشاط3** : علاقة التحويل الحراري بنوع المادة

– اعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة (200g و $\theta = 20°C$) وأضف لها نفس الكمية لسلك من النحاس ($m_{Cu}=200g$) في درجة حرارة $\theta_2 = 60°C$ (اقترح طريقة عملية ملائمة تجعل فيها السلك في هذه الدرجة).

1 – قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة، هل لها نفس القيمة التي حصلت عليها في النشاط1 الجزء – أ؟

2 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

3 – بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري؟

**استنتج بإكمال الفراغات :**

تتعلق قيمة الطاقة المحولة Q بين كميتين من المادة بـ.....و ..... كل مادة و .....بين ..... الحرارة .....و.....

لكل مادة تفقد أو تستقبل ..... بتحويل حراري Q حيث ..... هذا التحويل ..... في الطاقة الداخلية لكل مادة : $Q = \Delta E_{th}$

## 1 – 2 – عبارة التحويل الحراري Q

تتناسب قيمة التحويل الحراري المصحوب بتغير في درجة الحرارة و غير المصحوب بتغير في الحالة الفيزيائية للمادة مع كتلة هذه الأخيرة و الفرق في درجة الحرارة بين الحالة النهائية و الحالة الابتدائية للجملة المدروسة.

تكتب عبارة هذا التحويل على الشكل التالي : $Q = mc(\theta_f - \theta_i)$ حيث :

Q : هو التحويل الحراري المقدر بالجول (J)

m : كتلة المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري (kg)

$\theta_i$ : درجة الحرارة الابتدائية و $\theta_f$ درجة الحرارة النهائية (°C)

c : معامل يعرف باسم السعة الحرارية الكتلية للمادة المدروسة وهي تتعلق بنوع المادة،

وحدة السعة الحرارية الكتلية هي الجول على الدرجة على الكيلوغرام: J/(°C kg).

C=mc : السعة الحرارية ووحدتها J/(°C).

- إذا كانت درجة الحرارة النهائية أكبر من درجة الحرارة الابتدائية ($\theta_f > \theta_i$) هذا يعني أن التحويل الحراري Q موجب و نلاحظ عندئذ ارتفاعا في المركبة الحرارية للطاقة الداخلية للجسم أي: $\Delta E_{th} = Q > 0$ يعني أن الجسم استقبل طاقة.
- إذا كانت درجة الحرارة النهائية أقل من درجة الحرارة الابتدائية ($\theta_f < \theta_i$) هذا يعني أن التحويل الحراري Q سالب و نلاحظ عندئذ انخفاضا في المركبة الحرارية للطاقة الداخلية للجسم أي: $\Delta E_{th} = Q < 0$ يعني أن الجسم فقد طاقة.
- توافق قيمة c التحويل الحراري اللازم لتغيير درجة حرارة جملة كتلتها واحد كيلوغرام (1kg) بدرجة واحدة (1C°) بدون تغيير في حالتها الفيزيائية.
- قيمة التغير في درجة الحرارة بالوحدة (°C) سلسيوس Celsius تساوي نفس القيمة بالوحدة (K) كلفن Kelvin

**إضافة:**

تُعرّف السعة الحرارية لجسم يحتوي على عدة مكونات على أنها مجموع السعات الحرارية لمختلف مكونات الجسم.

نعتبر مثلا جسما يحتوي على N مادة كتلة كل منها $m_i$ و سعتها الحرارية الكتلية $c_i$ (أي لها سعة حرارية $C_i = m_i c_i$) تكتب عبارة سعته الحرارية كما يلي:

$$C = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + ..... = \sum_{i=1}^{i=N} m_i c_i = \sum_{i=1}^{i=N} C_i$$

| قيم السعة الحرارية الكتلية لبعض المواد | | |
|---|---|---|
| **الحالة** | المادة | c J/(kg .K) |
| **الصلبة** | الألمنيوم (Al) | 890 |
| | النحاس (Cu) | 380 |
| | الجليد | 2090 |
| | الخشب | 1700 |
| **السائلة** | الماء | 4185 |
| **الغازية** | الأكسيجين ($O_2$) | 0.94 |

**نشاط:** الإحساسات المدركة عند لمس الأجسام

– خذ قطعتين واحدة من خشب و الأخرى من معدن (حديد، ألمنيوم...) و ضعهما على طاولة لمدة كافية حتى تصبح لهما درجة حرارة الغرفة.

– المس القطعتين بيديك. ماذا تلاحظ؟

– ما هي القطعة التي أحسست أنها أبرد من الأخرى؟

– ابحث في المراجع و شبكة الانترنت عن تفسير لهذه الظاهرة.

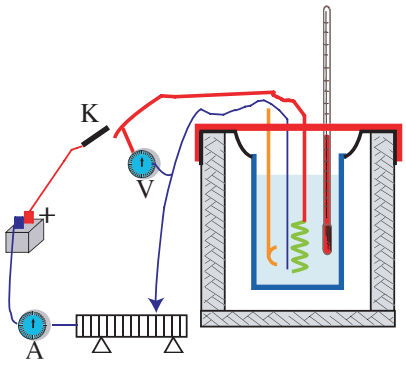
# الطاقة الداخلية

## 1 – 3 – فعل جول

فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرفق مرور تيار كهربائي في ناقل.

**نشاط :** التحقق من قانون جول

حقق التركيب المبين على الشكل 2 المكون من مسعر حراري و لواحقه، معدلة كهربائية، آمبرمتر و فولط متر ومقاومة لتسخين الماء.




الشكل 2

– ضع كمية من ماء كتلتها m = 300g في المسعر و قس درجة الحرارة الابتدائية.

– أغلق القاطعة و قس الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بعشر درجات مئوية (10°C).

– قس في نفس الوقت شدة التيار المار في المقاومة وفرق الكمون بين طرفيها.

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

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

| I(A) | t(s) | $I^2t$ ($A^2s$) |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

أ – اكتب عبارة الطاقة المكتسبة من الماء.

ب – اكتب عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة.

ج – باعتبار المسعر معزولا حراريا وأن المقاومة تحول كل الطاقة الكهربائية التي تستقبلها، اكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

د – هل نتائج التجربة تحقق قانون جول؟

**استنتج بإكمال الفراغات :**

عندما يعبر ..... مقاومة ..... هذه الأخيرة طاقة ..... وتحولها كاملة إلى ..... ..... على شكل تحويل ..... تدعى الظاهرة التي تصحب مرور ..... في ناقل أو مقاومة ..... ..... .

**ملاحظة**

يعتبر فعل جول :

- مفيدا إذا كان الهدف هو الاستفادة من ذلك التحويل الحراري الناتج عنه، ذلك ما يحدث في المسخّن الكهربائي، المكواة، .....
- غير مفيد في الحالة التي تكون رفع درجة الحرارة غير مرغوب فيها، حالة دارة كهربائية مثلا أو حالة خطوط التوصيل الكهربائي التي تنقل الكهرباء من مركز التوليد إلى المستهلك.....

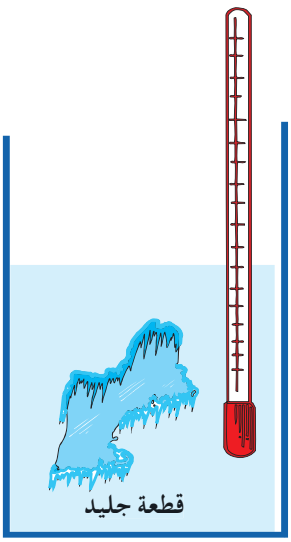
## 2 – مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية للجملة

تتكون المادة في كل حالاتها، على المستوى المجهري، من ذرات وجزيئات. تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين هذه الجسيمات. نميز نوعين من التأثير: تأثير بين الجزيئات ينتج عنه طاقة التماسك وتأثير بين الذرات المكونة للجزيئات ينتج عنه طاقة الرابطة الكيميائية.

# الطاقة الداخلية

## 2 – 1 – طاقة التماسك

**نشاط1 :**




خذ قطعة من جليد و ضعها داخل وعاء معدني فيه كمية من ماء بارد درجة حرارته تقارب 0 °C (الشكل3). راقب لمدة كافية، باستعمال محرار، درجة حرارة الجملة (كمية الماء، قطعة الجليد والوعاء)

1 – هل الجملة معزولة حراريا؟

2 – قس باستعمال ميقاتية مدة ذوبان الجليد.

3 – هل درجة حرارة الجملة تغيرت مدة ذوبان الجليد؟

4 – هل الجملة اكتسبت طاقة من الوسط الخارجي مدة ذوبان الجليد؟

5 – إذا كان الجواب نعم، ما هو أثر الطاقة المكتسبة على الجملة؟

**استنتج بإكمال الفراغات :**

تمتص قطعة الجليد ..... ..... من الوسط الخارجي حتى ..... من قطعة جليدية عند درجة حرارة ... إلى ماء سائل عند ..... درجة الحرارة.

**نشاط2 :**

أعد التجربة السابقة بأخذ ضعف كتلة الجليد السابقة.

قس مدة ذوبان الجليد.

قارن هذه المدة مع مدة ذوبان قطعة الجليد في تجربة النشاط1.ماذا تستنتج؟

في رأيك هل قيمة التحويل الحراري في هذا النشاط أكبر من قيمة التحويل في النشاط1؟ لماذا؟

**نشاط3 :**

اعد التجربة السابقة بأخذ كتل مختلفة للجليد (4m, 3m ....) و قس في كل مرة مدة ذوبان الجليد.

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

**استنتج بإكمال الفراغات :**

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

## 2 – 1 – عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة

يتطلب تغيير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلته m، عند درجة حرارة ثابتة، تحويلا حراريا Q عبارتـــــه :

$$Q = mL$$

يدعى المعامل L السعة الكتلية لتغير حالة الجسم النقي وهو يتعلق بنوع المادة وتحولات الحالة (انظر البطاقة التقنية) :

Q : التحويل الحراري بالجول (J)

m : كتلة الجسم بالكيلوغرام (kg)

L : السعة الكتلية لتغير الحالة (J/kg)

يكون التحول (تغير الحالة) ماصا للحرارة إذا اكتسب الجسم النقي طاقة حرارية من الوسط الخارجي (مثل عملية ذوبان الجليد).

يكون التحول (تغير الحالة) ناشرا للحرارة إذا فقد الجسم النقي طاقة حرارية نحو الوسط الخارجي (مثل عملية تجمد الماء).

## 2 – 1 – 2 – التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول فيزيائي :

تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها أي بطاقة التماسك. و تغيير الحالة الفيزيائية ما هو إلا تغير شدة طاقة التماسك.

تمثل **طاقة التماسك** المرافقة لتغير الحالة الفيزيائية لمادة الطاقة اللازمة لتلاشي أو تكوين الروابط التي تتماسك بها جزيئات المادة.

## 2 – 2 – طاقة الرابطة الكيميائي

**نشاط1** : تعيين طاقة الرابطة الكيميائية لوقود قداحة

■ الشكل 4

– ضع كتلة M = 50 g من ماء في علبة من الألمنيوم.

– خذ قداحة تحتوي على كمية من وقود (مادة البيتان $C_4H_{10}$) و علم المستوى الابتدائي $n_i$ للوقود الموجود داخلها. استعمل هذه القداحة لتسخين الكمية السابقة من الماء (الشكل4) .

– استعمل محرارا لقياس درجة الحرارة الابتدائية $\theta_i$ للماء قبل التسخين و درجة الحرارة النهائية $\theta_f$ بعد التسخين (خذ مدة التسخين حوالي دقيقة).

– عين على القداحة المستوى النهائي $n_f$ للوقود.

– قدر كمية الوقود المستهلكة لتسخين الماء (يمكنك معايرة خزان القداحة).

– لماذا تستعمل وعاء من الألمنيوم؟

– مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (ماء) بين بداية التسخين و نهايته.

– احسب الطاقة المكتسبة من الماء علما أن السعة الكتلية للماء تساوي $c_e = 4.185$ (J/g.K)

– استنتج الطاقة $E_l$ التي تتحرر عن احتراق كتلة m=1g من الوقود علما أن الكتلة الحجمية لوقود القداحة $\rho=0.58$ g/cm$^3$.

– 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. لماذا؟

**استنتج بإكمال الفراغات :**

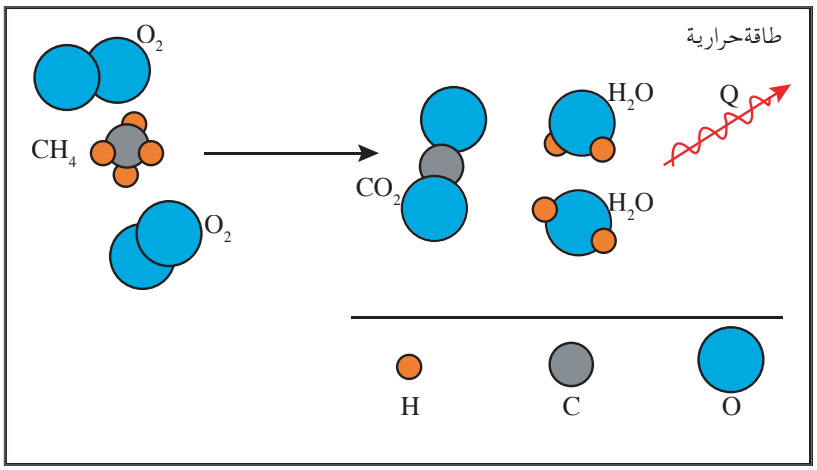
يمثل..... الحراري .....لاحتراق الوقود (البيتان $C_4H_{10}$) الطاقة اللازمة لتغيير .....الكيميائية، نتيجة التفاعل بين .....، حيث تُقطع روابط و تتكون أخرى. يعبّر هذا التحويل عن طاقة الرابطة الكيميائية $E_l$.

# الطاقة الداخلية

**2 – 2 – 1 – التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول كيميائي :**

تتغير الروابط الكيميائية، نتيجة التفاعل بين الذرات حيث تُقطع روابط و تتكون أخرى مما يُحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة. تدعى هذه الطاقة، طاقة الرابطة الكيميائية. وتساوي قيمتها قيمة التحويل الحراري الذي يحدث.

يمثل الشكل5 التغيرات الميكروسكوبية التي ترافق تحرير الطاقة عند احتراق غاز الميتان $CH_4$ (غاز الميتان هو المكون الأساسي للغاز الطبيعي).




■ الشكل 5

- إذا تزايد مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ماصا للحرارة.
- إذا تناقص مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ناشرا للحرارة.

**2 – 2 – 2 – تطبيق :** تعيين طاقة التماسك و مقارنتها مع طاقة الرابطة الكيميائية

■ الشكل 6

ضع كمية من الماء كتلتها 20g في علبة من مادة الألمنيوم وسخنها حتى درجة حرارة الغليان ثم قم بوزن هذه الكمية و بعدها مباشرة اشعل القداحة و ضعها تحت العلبة (الشكل 6). انتظر دقيقة أو دقيقتين حتى تتبخر كمية من الماء. أعد وزن الماء المتبقي في العلبة.

1 – حدد كتلة الماء المتبخر.

2 – اقترح طريقة لقياس كتلة الوقود المحترق من القداحة.

3 – أنجز الحصيلة الطاقوية.

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

5 – استنتج الطاقة الحرارية التي تكتسبها كتلة m = 1g من الماء لكي تتبخر : Lv (للماء).

6 – قارن بين هذه القيمة و قيمة طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة $E_l$. ماذا تستنتج؟

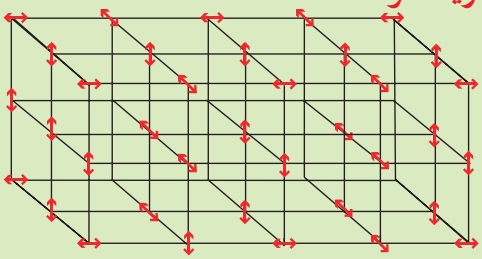
**استنتج بإكمال الفراغات :**

تبين نتائج النشاطات السابقة أن الطاقة الكامنة المخزنة في المادة اللازمة .....مجموعة من .....في الجزيئات تفوق بـ.....أضعاف تقريبا الطاقة اللازمة..... مجموعة من الجزيئات.

## تغيرات الحالة و التحويلات الحرارية الموافقة

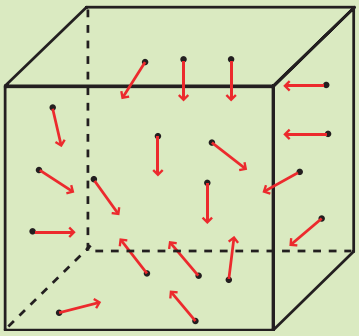
### 1 – تغيرات الحالة الفيزيائية

تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها (الشكلين7 و8) ونميز ثلاث حالات :



الشكل 7

- **الحالة الصلبة** هي الحالة التي تتوزع فيها جزيئات المادة على شبكة بلورية حيث تكون شديدة الارتباط فيما بينها . تؤمن هذه الروابط تماسك البنية البلورية للمادة .

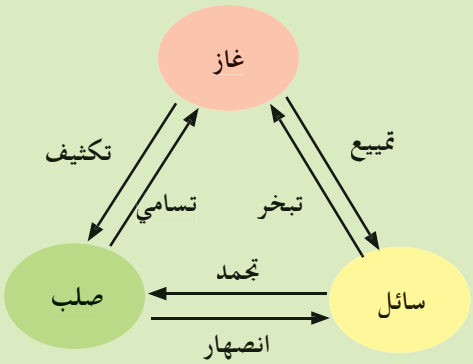


الشكل 8

- **الحالة السائلة** وهي الحالة التي تكون فيها جزيئات المادة ضعيفة الارتباط فيما بينها حيث يكون التأثير بين جزيئات المادة ضعيف الشدة.
- **الحالة الغازية** هي الحالة التي تكون فيها شدة التأثير المتبادل بين جزيئات المادة مهملة.

### 2 – التحويلات الحرارية لتغير الحالة الفيزيائية للمادة

يمثل الشكل 9 مختلف تحولات الحالة الفيزياء للمادة.




يحدث تحويل حراري كلما تغيرت حالة مادة، نذكر من هذه التغيرات :

**الانصهار** (fusion) :

الانصهار هو تغير حالة الجسم من صلب إلى سائل و هو تحول ماص للحرارة.

نرمز للسعة الكتلية للانصهار بالرمز $L_f$.

يحسب التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لانصهار كتلة m من مادة في حالتها الصلبة بالعبارة التالية :

$$Q_f = mL_f$$

**التجمد** (solidification) :

التجمد هو تغير حالة الجسم من سائل إلى صلب و هو تحول ناشر للحرارة. التحويل الحراري $Q_s$ المفقود من مادة كتلتها m خلال عملية التجمد هو نفسه التحويل الذي تكتسبه المادة في عملية الذوبان أي :

$$Q_s = -Q_f = -mL_f$$

الإشارة ناقص تدل على أن المادة فقدت طاقة حرارية.

**التبخر** (vaporisation) :

التبخر هو تغير حالة الجسم من سائل إلى غاز و هو تحول ماص للحرارة.

نرمز للسعة الكتلية للتبخر بالرمز Lv.

يحسب التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لتبخير كتلة m من مادة في حالتها السائلة بالعبارة التاليـــة :

$$Q_v = mL_v$$

**التمييع** (liquéfaction) :

التمييع هو تغير حالة الجسم من غاز إلى سائل و هو تحول ناشر للحرارة. التحويل الحراري $Q_l$ المفقود من مادة كتلتها m خلال عملية التمييع هو نفسه التحويل الذي تكتسبه نفس المادة في عملية التبخير أي :

$$Q_l = -Q_v = -mL_v$$

| بعض السعات الحرارية الكتلية | | السعة الكتلية للتبخر تحت الضّغط الجوي | | | السعة الكتلية للانصهار تحت الضّغط الجوي | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سائل | c (J/kg.°C) | المادّة | $L_v$ (kJ/kg) | درجة التبخر (°C) | المادّة | $L_f$ (kJ/kg) | درجة الانصهار (°C) |
| الماء | 4180 | الماء | 2261 | 100 | الماء ( جليد ) | 335 | 0 |
| اللايتانول | 2420 | | | | الألمنيوم | 404 | 660 |
| صلب | c (J/kg.°C) | | | | الحديد | 270 | 1535 |
| الحديد | 450 | | | | | | |
| النحاس | 384 | | | | | | |
| الالمنيوم | 904 | | | | | | |
| | | | | | | | |

## قياسات حرارية

**الأهداف :** استعمال طريقة المزج لتحقيق تحويلات حرارية داخل جملة معزولة
إنجاز حصيلة تحويلات حرارية
استنتاج قيم بعض المقادير الحرارية

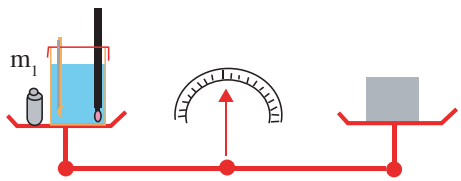
**نقسم هذا العمل إلى ثلاثة أجزاء :**
تحديد في الجزء الأول السعة الحرارية لمسعر حراري و يستنتج المكافئ المائي للمسعر
تحديد في الجزء الثاني السعة الحرارية الكتلية لقطعة معدنية
استنتاج في الجزء الثالث السعة الكتلية لانصهار الجليد

**الأدوات المستعملة :**
مسعر حراري و لواحقه، ميزان، قطعة معدنية، قطع جليدية.

**الجزء الأول :**
– ضع كمية من ماء بارد كتلتها m داخل المسعر و انتظر تحقيق التوازن الحراري ثم قس درجة حرارة الجملة Ti.
– ضع المجموع ( المسعر + الماء ) على كفة الميزان و وازنه بكتلة $m_1$ وبوضع على الكفة الأخرى كتلة عيارية (الشكل1).
– سخن كمية من الماء في إناء ثم قس درجة حرارته Tc مباشرة قبل تفريغ جزء منه في المسعر.
– خلط كميتي الماء حتى تتوازن الجملة ثم قس درجة الحرارة النهائية للجملة Tf.
– وازن الميزان بكتلة $m_2$ (الشكل2) ثم عين كتلة الماء الساخن المفرغ داخل المسعر بالعلاقة : $M = m_1 - m_2$.
**السؤال :** حدد قيمة السعة الحرارية للمسعر و استنتج مكافئه المائي.

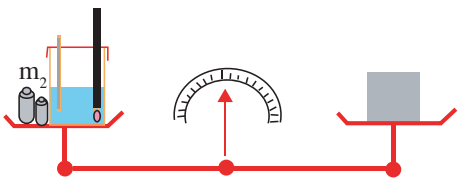
### تعريف

– **المكافئ المائي للمسعر** هو كمية الماء التي تمتص نفس التحويل الحراري الذي يمتصه المسعر. ننمذج حينئذ المسعر الحقيقي بمسعر مثالي (لا يمتص الحرارة) زائدا كمية من ماء (المكافئ المائي للمسعر).



■ الشكل 1

**الجزء الثاني :**
– اقترح طريقة عملية دقيقة تقيس بها الكتلة m لقطعة معدنية.
– علق هذه القطعة داخل إناء يوجد فيه ماء نقي في حالة غليان الشكل3. نقبل أن بعد دقائق يصبح للقطعة المعدنية نفس درجة حرارة الماء، قس درجة الحرارة $T_m$.
– خلال هذه الفترة، خذ كمية من ماء بارد كتلتها M و ضعها في المسعر وانتظر التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة $T_i$ للماء و المسعر.
– اخرج القطعة المعدنية بسرعة من الإناء و ضعها داخل المسعر وحرك حتى يحدث التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة النهائية $T_f$.
**السؤال :** عين السعة الكتلية للقطعة المعدنية.



■ الشكل 2

عمل تجريبي

**الجزء الثالث** : السعة الكتلية لانصهار الجليد

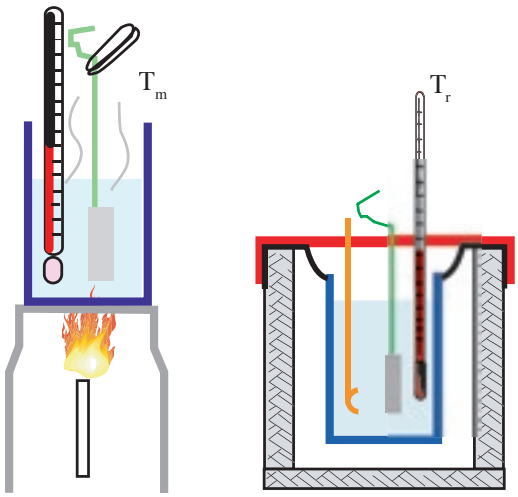
– ضع قطع جليدية في وعاء به ماء نقي و انتظر التوازن الحراري. تحقق باستعمال محرار أن درجة حرارة التوازن (ماء + جليد) هو فعلا 0°C.

– خلال هذه الفترة ضع كمية من ماء كتلتها m في المسعر وانتظر التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة الابتدائية $T_i$ للماء و المسعر.

– ضع المجموع (المسعر + الماء) على كفة الميزان و وازنه بكتلة $m_1$ وبوضع على الكفة الأخرى كتلة عيارية الشكل1.

– خذ من الإناء قطع جليدية (قطعة أو قطعتين حسب الحجم) و امسحها بسرعة، بمنديل ورقي مثلا، وضعها في المسعر. راقب في المحرار انخفاض درجة الحرارة الناتج عن ذوبان القطع الجليدية.

– انتظر التوازن الحراري و قس درجة الحرارة النهائية $T_f$ للجملة.



الشكل 3

– وازن الميزان بكتلة $m_2$ الشكل2 ثم عين كتلة القطع الجليدية المفرغة داخل المسعر بالعلاقة : $M = m_1 - m_2$.

**السؤال** : حدد قيمة السعة الكتلية لانصهار الجليد $L_f$.

**الحل** :

لحساب التحويلات الحرارية في مثل هذه المسائل نقترح إتباع الخطوات التالية :

1 – نحدد في البداية الجملة المدروسة

2 – نعرف الحالة الابتدائية و الحالة النهائية

3 – نحدد التحولات الحرارية التي حدثت باستعمال العلاقات المناسبة :

أ – تغيير درجة الحرارة بدون تغيير الحالة : $Q_{i\to f} = mc\,(T_f - T_i)$

ب – تغيير الحالة عند درجة حرارة ثابتة: $Q_{i\to f} = mL_{1\to 2}$

4 – ننجز الحصيلة الطاقوية للجملة (يستحسن استعمال القيم الجبرية للتحويلات الحرارية Q المفقودة أو المكتسبة).

**الجزء الأول** :

1 – الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء الساخن + الماء البارد

2 – تحديد الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

**الحالة الابتدائية** :

– المسعر درجة حرارته $T_i$

– الماء البارد كتلته m ودرجة حرارته $T_i$ .

– الماء الساخن كتلته M ودرجة حرارته $T_2$

**الحالة النهائية** :

المسعر درجة حرارته $T_f$

– الماء البارد كتلته m ودرجة حرارته $T_f$

– الماء الساخن كتلته M ودرجة حرارته $T_f$

عمل منزلي

**3 – تحديد التحويلات الحرارية :**

**المسعر** : استقبل تحويلا حراريا $Q_1$ من الماء الساخن وارتفعت درجة حرارته من $T_i$ إلى $T_f$ : $Q_1=C\,(T_f-T_i)$ حيث C السعة الحرارية للمسعر.

الماء البارد : استقبل تحويلا حراريا $Q_2$ من الماء الساخن وارتفعت درجة حرارته من Ti إلى $T_f$ : $Q_2=mc(T_f-T_i)$ حيث c هي السعة الكتلية للماء.

الماء الساخن : فقد تحويلا حراريا $Q_3$ وانخفضت درجة حرارته من $T_c$ إلى $T_f$ : $Q_3=Mc(T_f-T_c)$ (قيمتها سالبة)

**4 – الحصيلة الحرارية للجملة :**

الجملة المدروسة هذه عبارة عن جملة معزولة لأنها لا تبادل الطاقة مع الوسط الخارجي ومنه نستنتج أن مجموع التحويلات الحرارية التي حصلت في الجملة معدوم، أي : $Q_1+Q_2+Q_3=0$ ومن ثمة نستنتج عبارة السعة الحرارية للمسعر : $C = -\dfrac{mc\,(T_f - T_i) + Mc\,(T_f - T_c)}{(T_f - T_i)}$

ثم نحسب قيمتها علما أن السعة الكتلية للماء : $c = 4.185\ J.kg^{-1}.K^{-1}$.

المكافئ المائي للمسعر μ هو كتلة الماء التي تستقبل نفس التحويل الحراري الذي استقبله المسعر، أي : $C=\mu c$ أي : $\mu =-\dfrac{m\,(T_f - T_i) + M\,(T_f - T_c)}{(T_f - T_i)}$

**الجزء الثاني :**

**1 – الجملة المدروسة هي** : المسعر + الماء + القطعة المعدنية

**2 – تحديد الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :**

**الحالة الابتدائية :**

– المسعر درجة حرارته $T_i$

– الماء كتلته M ودرجة حرارته $T_i$

– القطعة المعدنية كتلتها m و درجة حرارتها $T_m$

**الحالة النهائية :**

– المسعر درجة حرارته $T_f$

– الماء كتلته M ودرجة حرارته $T_f$

– القطعة المعدنية كتلتها m و درجة حرارتها $T_f$

**تحديد التحويلات الحرارية :**

**المسعر** : استقبل تحويلا حراريا $Q_1$ من القطعة المعدنية وارتفعت درجة حرارته من $T_i$ إلى $T_f$ : $Q_1=C\,(T_f-T_i)$.

**الماء** : استقبل تحويلا حراريا $Q_2$ من القطعة المعدنية وارتفعت درجة حرارته من $T_i$ إلى $T_f$ : $Q_2=Mc(T_f-T_i)$.

**القطعة المعدنية** : فقدت تحويلا حراريا $Q_3$ وانخفضت درجة حرارتها من $T_m$ إلى $T_f$ : $Q_3=mc_m(T_f-T_m)$ حيث $c_m$ هي السعة الكتلية للقطعة المعدنية.

عمل جزئي

**4 – الحصيلة الطاقوية للجملة :**

الجملة معزولة : $Q_1+Q_2+Q_3=0$ ومن ثمة نستنتج عبارة السعة الكتلية للقطعة المعدنية :

$c_m = -\frac{(T_f - T_i) \cdot (Mc + C)}{m.(T_m - T_f)}$ ثم نحسب قيمتها علما أن قيمة السعة الحرارية للمسعر قد حددت في الجزء الأول.

**الجزء الثالث :**

1 – الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء + القطع الجليدية

2 – تحديد الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

**الحالة الابتدائية :**

– المسعر درجة حرارته $T_i$

– الماء كتلته m ودرجة حرارته $T_i$

– القطع الجليدية كتلتها M و درجة حرارتها 0°C

**الحالة النهائية :**

– المسعر درجة حرارته $T_f$

– الماء كتلته m ودرجة حرارته $T_f$

– القطع الجليدية التي تحولت إلى كمية من ماء درجة حرارته $T_f$

– **تحديد التحويلات الحرارية :**

**المسعر** : فقد تحويلا حراريا $Q_1$ وانخفضت درجة حرارته من $T_i$ إلى $T_f$ : $Q_1 = C\,(T_f - T_i)$ .

**الماء** : فقد تحويلا حراريا $Q_2$ وانخفضت درجة حرارته من $T_i$ إلى $T_f$ : $Q_2 = mc(T_f - T_i)$.

**القطع الجليدية** : استقبلت تحويلا حراريا على مرحلتين : المرحلة الأولى تحولت حالتها عند درجة حرارة ثابتة 0°C من حالة صلبة إلى حالة سائلة حيث استقبلت تحويل حراري $Q' = ML_f$، المرحلة الثانية استقبلت تحويل حراري Q" و ارتفعت درجت حرارتها من 0°C إلى $T_f$ : $Q" = Mc(T_f - 0)$

**4 – الحصيلة الحرارية للجملة :**

الجملة معزولة : $Q_1 + Q_2 + Q' + Q" = 0$ نستنتج عبارة السعة الكتلية لانصهار الجليد :

$L_f = -\frac{(T_f - T_i) \cdot (mc + C) + McT_f}{M}$ ثم نحسب قيمته. يمكن مقارنة القيمة التي تتحصل عليها مع القيمة الجاري العمل بها : $L_f = 335\ kJ.kg^{-1}$

عمل تجريبي

# أحتفظ بالأهم

## الطاقة الداخلية

تتعلق الطاقة الداخلية لجملة بالبنية الداخلية للمادة على المستوى المجهري وبحالتها الحرارية، الفيزيائية – الكيميائية والنووية. ونميز منها مركبتين

### 1 – المركبة الحرارية للطاقة الداخلية

تتعلق قيمة الطاقة المحولة بين كميتين من المادة بكتلة و نوع كل مادة و الفرق بين درجتي الحرارة النهائية و الابتدائية لكل مادة تفقد أو تستقبل التحويل الحراري .

- **عبارة التحويل الحراري :** $Q = mc(\theta_f - \theta_i)$

Q التحويل الحراري (J)

m كتلة المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري (kg)

$\theta_i$ درجة الحرارة الابتدائية و $\theta_f$ درجة الحرارة النهائية (°C)

c السعة الحرارية الكتلية للمادة J/(°C kg).

$C = mc$ السعة الحرارية ووحدتها J/(°C).

- **فعل جول**

فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرفق مرور تيار كهربائي في ناقل.

يستقبل الناقل طاقة بتحويل كهربائي We ويحولها إلى الوسط الخارجي بتحويل حراري Q حيث :

$We = Q = RI^2\Delta t$

### 2 – مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية–الكيميائية للجملة

- **طاقة التماسك**

تمثل طاقة التماسك المرفقة لتغير الحالة الفيزيائية لمادة الطاقة اللازمة لتلاشي أو تكوين الروابط التي تتماسك بها جزيئات المادة.

- **عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة**

يتطلب تغيير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلته m، عند درجة حرارة ثابتة، تحويلا حراريا Q عبارته : $Q = mL$

Q : التحويل الحراري بالجول (J)

m : كتلة الجسم بالكيلوغرام (kg)

L : السعة الكتلية لتغير الحالة (J/kg)

أحتفظ بالأهم

# أحتفظ بالأهم

تكتب العبارة في حالة :

– الانصهار : $Q_f = mL_f$ حيث : $L_f$ يمثل السعة الكتلية للانصهار

– التجمد : $Q_s = -Q_f = -mL_f$ (الإشارة ناقص تدل على أن المادة فقدت طاقة حرارية).

– التبخر : $Q_v = mL_v$ حيث : Lv هو السعة الكتلية للتبخر

– التمييع : $Q_l = -Q_v = -mL_v$

- **طاقة الرابطة الكيميائي**

عندما يحدث تفاعل كيميائي تُقطع روابط و تتكون أخرى مما يُحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة، تدعى هذه الطاقة، طاقة الرابطة الكيميائية وتساوي قيمتها قيمة التحويل الحراري الذي يحدث.

- تكون التحولات ماصة للحرارة إذا اكتسب الجسم طاقة حرارية من الوسط الخارجي
- تكون التحولات ناشرة للحرارة إذا فقد الجسم طاقة حرارية وقدمها للوسط الخارجي

أحتفظ بالأهم

**تمرين محلول :**

## تعيين مردود مسخن ماء

لتحديد مردود مسخن ماء يشتغل بغاز المدينة نقوم بالتجربة التالية :

– نقيس، باستعمال محرار، درجة حرارة ماء الحنفية (الذي لا يمر عبر المسخن) : $T_i=15°C$.

– نقيس درجة حرارة الماء الساخن (بعد أن يمر عبر المسخن) : $T_f = 65°C$

– نقيس، باستعمال ميقاتية، مدة ملئ قدر سعته 10 لترات ($V=10l$) : 5دقيقة ($t=5min$).

– نقيس، بالقراءة على عداد الغاز، حجم الغاز المستعمل لتسخين الماء حتى يمتلئ القدر :120 لتر ($Vg=120l$).

– نعلم من المراجع أن : السعة الكتلية للماء $c_e = 4185\ J/(kg.K)$ و القدرة الحرارية لغاز المدينة $c=2.5\ 10^7 J/m^3$.

1 – احسب قيمة التحويل الحراري المحولة إلى الماء ثم استنتج الاستطاعة المحولة.

2 – احسب قيمة التحويل الحراري الناتج من احتراق الغاز.

3 – قارن بين قيمتي التحويلين ثم مثل الحصيلة الطاقوية للجملتين ( الماء ) و ( غاز المدينة+أكسجين ) خلال عملية تسخين كمية الماء.

4 – انطلاقا من نتائج السؤال السابق، عرِّف ثم احسب مردود مسخن الماء.

5 – نقدر من فاتورة الكهرباء و الغاز التسعيرة المتوسطة لاستهلاك الطاقة التالية :

– سعر واحد كيلوات ساعي (1 kwh) من طاقة الكهرباء يساوي 3 دج

– سعر (1 thermie) ما يعادل مليون حريرة (1Mcal) أي $4.18\ 10^6 J$ من طاقة الغاز يساوي 0.3 دج.

1 – احسب كلفة تسخين 100 لتر من الماء باستعمال هذا المسخن بالغاز.

2 – احسب كلفة تسخين 100 لتر من الماء باستعمال مسخن كهربائي له نفس استطاعة تحويل مسخن الماء السابق واعتبار مردوده يساوي الواحد (أي تُحول كل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية). ماذا تستنتج؟

**الحل**

1 – لتفادي الأخطاء يجب دائما تعيين الجملة المدروسة : نعتبر الماء هو الجملة.

التحول الذي حدث : تغيير درجة حرارة الماء بدون تغيير حالته الفيزيائية. اكتسب تحويل حراري : $Q_1 = mc_e(T_f-T_i)$ يرفع هذا التحويل الطاقة الحركية الميكروسكوبية لجزيئات الماء. تعرّف استطاعة التحويل على أنها النسبة بين التحويل الحراري على الزمن الذي أُنجز فيه أي : $P = Q/t$

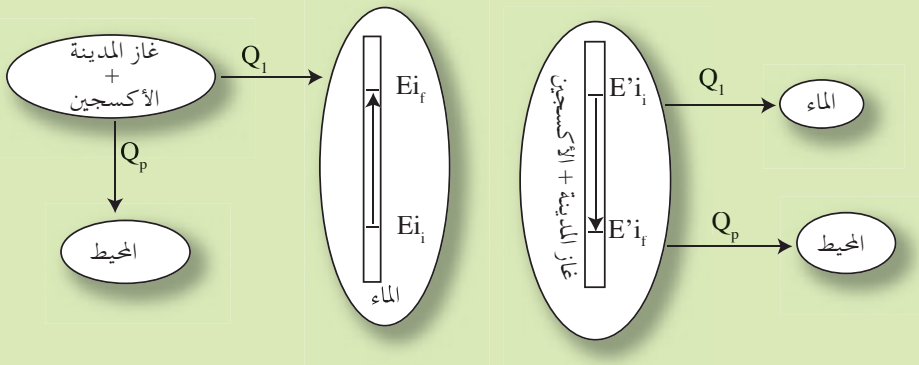
تطبيق عددي : $Q_1 = 10\ 4185\ (65-15) = 2{,}09\ 10^6 J$

$P = 2.09\ 10^6/(300) = 6975W$

2 – الجملة المعتبرة هي (غاز المدينة + الأكسجين) يولد احتراقه لتحويل الحراري

$Q_2 = c.V_g = 2.5\ 10^7\ 120\ 10^{-3} = 3\ 10^6\ J$ أثناء عملية الاحتراق ينقص مخزون الطاقة الكيميائية للجملة مما ينتج التحويل الطاقي $Q_2$.

3 – نلاحظ أن $Q_2 > Q_1$ هذا يعني ان الطاقة المحررة أثناء احتراق الوقود لا تسخن الماء فحسب بل يضيع جزء منها في تسخين المحيط. الطاقة $Q_p$ الضائعة هي : $Q_p = Q_2-Q_1 = 310^6-2.0910^6$ و منه :




$Qp=907500\ J$. يمثل الشكلان الموالیان الحصيلة الطاقوية للماء و الوقود خلال عملية تسخين كمية الماء.

4 – من السؤال السابق نلاحظ أن الطاقة المحررة من احتراق الوقود لم تستعمل كلها لتسخين الماء و لكن ضاع جزء في تسخين المحيط. نعرّف المردود على أنه النسبة بين الطاقة المفيدة (التي استعملت لتسخين الماء) على الطاقة المقدمة من احتراق الغاز :

$$\rho = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{2092500}{3000000} \quad \text{و منه} \quad \rho = 0.698 \cong 70\%$$

5 –

أ – وجدنا أن تسخين 10 لتر من الماء يتطلب طاقة قدرها $Q_2 = 3\ MJ$ نستنتج أن تسخين 100 لتر من الماء يتطلب احتراق ما قيمته $Q = 30\ MJ$ من الوقود. نستنتج الكلفة $s_1$ اللازمة لتسخين 100 لتر من الماء بالغاز :

$$s_1 = 0.3\ \frac{Q}{4.18.10^6} \quad \text{أي :} \quad s_1 = 2.15\ DA$$

ب – استطاعة المسخن الكهربائي الذي له نفس استطاعة تحويل مسخن الماء بالغاز السابق أي : $P = 6975W$

وإذا اعتبرنا مردوده يساوي الواحد هذا يعني أن كل الطاقة المفيدة هي نفسها الطاقة الكهربائية المقدمة.

نعلم أن الطاقة اللازمة لتسخين 10 لتر من الماء هي : $Q_1$ إذا مدة الطاقة اللازمة لتسخين 100 لتر هي $Q' = 10Q_1$ أي : $Q' = 20925000\ J$ نستنتج الكلفة $s_2$ اللازمة لتسخين 100 لتر من الماء بالكهرباء :

$$s_2 = 3\ \frac{Q'}{3.6.10^6} \quad \text{أي :} \quad s_2 = 17.44\ DA.$$

**نلاحظ الفرق الكبير في الكلفة و فائدة استعمال الغاز لطهي و تسخين الماء في المنازل عوض استعمال الكهرباء.**

# تمارين... تمارين..

**1** عرّف الجملة المعزولة.

**2** اذكر نص مبدأ انحفاظ الطاقة.

**3** اذكر مركبات الطاقة الداخلية.

**4** إذا بقيت درجة حرارة جملة ثابتة خلال الزمن، هل تعتبر هذه الجملة حتما معزولة؟ علّل.

**5** إذا بقيت طاقة جملة ثابتة خلال الزمن، هل تعتبر هذه الجملة حتما معزولة؟ علّل.

**6** اذكر تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة الثلاثة الماصة للحرارة وعرّف السعة الحرارية الكتلية لكل تحويل.

**7** اذكر تحويلات حالة المادة الثلاثة الناشرة للحرارة وعرّف السعة الحرارية الكتلية لكل تحويل.

**8** عرّف استطاعة تحويل حراري ثم احسب الاستطاعة الحرارية المحولة إلى الوسط الخارجي لنصف لتر ماء تنخفض درجة حرارته من 80°C إلى 20°C خلال 20 دقيقة.

**9** احسب قيمة التحويل الحراري الذي تحوله مقاومة مسخّنة استطاعتها 500W للوسط الخارجي إذا بقيت مشتغلة لمدة ساعة.

**10** يحدث تبادل طاقوي بين جملة و الوسط الخارجي بين اللحظتين $t_1=0$ و $t_2 = 10s$ بتحويل :

– ميكانيكي قدره $W_{1-2} = 6500\ J$

– وتحويل حراري قدره $Q_{1-2} = -2500\ J$ حيث الإشارة ناقص (-) تشير إلى أن الجملة قدمت للوسط الخارجي طاقة.

1 – هل الجملة معزولة؟

2 – مثل الحصيلة الطاقوية للجملة بين اللحظتين $t_1$ و $t_2$.

3 – احسب استطاعة التحويل الميكانيكي.

**11** يحتوي مسعر حراري على كمية من ماء عند درجة حرارة الغرفة، نضيف له قطعة نحاسية درجة حرارتها 80°C.

1 – هل الجملة (المسعر+ الماء+ القطعة) في حالة توازن حراري؟ ناقش

2 – في أي جهة يحدث التحويل الحراري؟

**12** اختر الجواب الصحيح

1 – عند مزج مادتين، درجة حرارتهما مختلفة، يحدث التوازن الحراري عند تساوى :

– درجة حرارة المادتين

– سعة حرارة المادتين

– درجة حرارة وسعة حرارة المادتين

2 – يحدث التبادل الحراري بين مادتين معزولتين عن الوسط الخارجي إذا كان التحويل الحراري المكتسب :

أ ) أقل من التحويل المفقود ب ) أكبر من التحويل المفقود

ج ) يساوي الصفر د ) يساوي التحويل المفقود.

تمارين... تمارين...

3 – لا يتعلق التحويل الحراري المكتسب أو المفقود :

أ ) بالتغير في درجة الحرارة.  ب ) بكتلة المادة.

ج ) بالكثافة الحجمية للمادة  د ) بالسعة الحرارية الكتلية للمادة.

**13** نريد تسخين قطعة من نحاس كتلتها 2kg و درجة حرارتها 10°C إلى 200°C عن طريق تحويل حراري.
السعة الحرارية الكتلية للنحاس c = 390 J/(kg.K)

1 – احسب قيمة هذا التحويل الحراري. ما شكل الطاقة المتغيرة في هذا التحويل؟

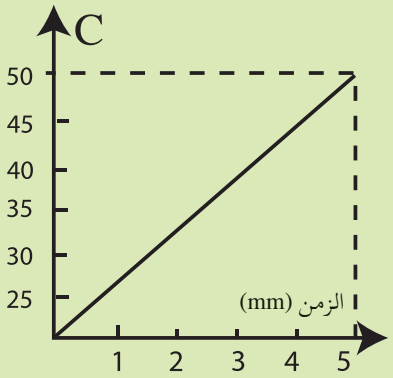
2 – عين استطاعة التحويل علما أنه يستغرق 3 دقائق و 5 ثوان.

**14** يحتوي قدر من ألمنيوم كتلته m = 250 g على لترين من الماء عند درجة حرارة 80°C. بعد مدة ربع ساعة انخفضت درجة حرارة الجملة (القدر + الماء) و أصبحت 30°C.

1 – إذا علمت أن الكتلة الحجمية للماء تساوي 1 g/cm³ و السعة الحرارية الكتلية للماء $c_e$ = 4185 J/(kg.K) احسب السعة الحرارية الكتلية للألمنيوم.

2 – ما هي استطاعة التحويل؟

**15** يحتوي قدر من ألمنيوم كتلته m = 450 g على لتر واحد من الماء وواحد كيلوغرام من الخضر التي نعتبر سعتها الكتلية المتوسطة تساوي ثلثي السعة الكتلية للماء و ربع كيلوغرام من الزيت سعتها الكتلية نصف السعة الكتلية للماء. درجة الحرارة الابتدائية للجملة هي 20°C




1 – عين السعة الحرارية C للجملة (القدر + الماء + الخضر + الزيت).

2 – إذا استقبلت هذه الجملة طاقة بتحويل حراري قدره 270 kJ، أحسب درجة الحرارة النهائية للجملة.

**16** يبين الشكل التالي تغيرات درجة الحرارة مع الزمن عند تسخين لتر واحد من الماء بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 420 W
احسب السعة الحرارية الكتلية للماء.

**17** نترك، لمدة طويلة، قطعة من جليد كتلتها 75g ودرجة حرارتها -15°C داخل إناء في درجة حرارة الغرفة (20°C).

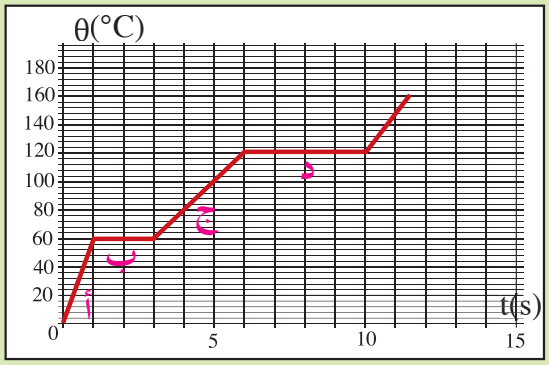
1 – صف التحولات المتتالية التي تطرأ على القطعة الجليدية، وما هي حالتها النهائية.

2 – احسب قيمة التحويل الحراري الذي امتصته القطعة الجليدية، علما أن السعة الكتلية للجليد $c_g$=2090 J/(kg.K)، السعة الكتلية للماء $c_e$ = 4185 J/(kg.K) والسعة الكتلية لانصهار الجليد $L_f$ = 330 J/g، درجة حرارة انصهار الجليد هي : 0°C

**18** ما قيمة التحويل الحراري اللازم لرفع درجة حرارة قطعة من جليد كتلتها 20g و درجة حرارتها -6°C إلى ماء في درجة حرارة 30°C؟

**19** نعلم أن إضافة قطعة جليد عند درجة حرارة 0°C إلى مشروب في درجة حرارة الغرفة أكثر فعالية في تبريد المشروب من إضافة كتلة مساوية من ماء عند نفس درجة حرارة (0°C)، بين ذلك في حالة كأس من ماء حجمه 25 cm³ في درجة حرارة 30°C و قطعة جليدية كتلتها 10 g.

## 20




يبين الشكل التالي تغيرات درجة الحرارة مع الزمن عند تسخين واحد كيلوغرام من مادة في حالتها الصلبة بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 400 W إلى أن يتم تحويلها إلى بخار.

– ما هي حالة هذه المادة في الفترات أ، ب، ج، د؟

– ما هي درجة حرارة انصهار المادة؟ و ما هي درجة غليانها؟

– احسب السعة الكتلية للمادة في الحالة الصلبة و في الحالة السائلة.

– احسب السعة الكتلية لانصهار المادة و السعة الكتلية التبخر.

– فسر ماذا يحدث للمادة في الفترتين ب و د.

## 21

نضع قطعة من نحاس كتلتها m = 300 g و درجة حرارتها $T_{cu}$ = -25°C داخل مسعر حراري مكافئه المائي μ = 125 g يحتوي على كتلة M = 500g من ماء درجة حرارته 15°C

– عين الحالة النهائية للجملة علما أن السعة الكتلية للجليد $c_g$ = 2090 J/(kg.K)،

السعة الكتلية للماء $c_e$ = 4185 J/(kg.K) ، السعة الكتلية للنحاس $c_{cu}$ = 390 J/(kg.K) والسعة الكتلية لانصهار الجليد $L_f$ = 330 J/g ودرجة حرارة انصهار الجليد 0°C.

## 22 مسخن ماء بالغاز

نستعمل مسخن ماء بالغاز الطبيعي لرفع درجة حرارة الماء من 10°C إلى 60°C بمعدل جريان D = 0.1 *l*/s 1

– احسب التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء خلال دقيقة واحدة

2 – يستقبل الماء 80% فقط من الطاقة الناتجة عن احتراق الغاز، احسب التحويل الحراري الذي يولده احتراق الغاز، خلال دقيقة واحدة.

3 – في الظروف العادية لتشغيل المسخن، يولد احتراق واحد متر مكعب ($1m^3$) من الغاز طاقة حرارية قدرها : Q=2.5 $10^7$ J. احسب معدل سرعة جريان الغاز المستهلك d ثم اعط النتيجة بوحدة اللتر على الثانية (*l*/s).

## 23 مسخن ماء بالشمس

يحول الإشعاع الشمسي، على مستوى سطح الأرض، استطاعة متوسطة قدرها $P=1000\ W/m^2$

(1000W لكل متر مربع من سطح الأرض العمودي على أشعة الشمس).

يستقبل لاقط شمسي أبعاده مستطيلة (20m x 10m) كمية من ماء في درجة حرارة $T_1$=15°C

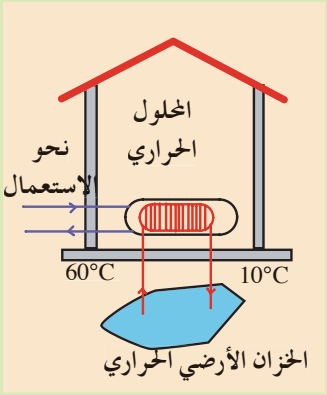
بمعدل جريان D = 0.8 kg/s.

1 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء قبل و بعد الخروج من المسخن

2 – عين درجة الحرارة التي يخرج بها الماء من المسخن، في النظام الدائم، بافتراض مردود اللاقط ρ = 87%.

## 24 الطاقة الحرارية الأرضية

في بعض المناطق تستعمل في المساكن المياه الساخنة المستمدة من باطن الأرض (عمقها حوالي 1500 متر) لتدفئة البيوت. تؤخذ هذه المياه عند درجة حرارة $T_1 = 60°C$ بمعدل جريان $D = 200m^3/h$ ثم تمر عبر محول حراري حيث تفقد جزءا من طاقتها و تنخفض درجة حرارتها إلى $10°C$ و يعاد إرجاعها إلى الأرض (الشكل).

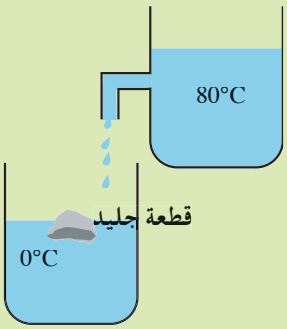



1 – عين الطاقة الممتصة في المحول خلال سنة، السعة الكتلية للمـــاء $c_e = 4185$ J/(kgK) و كثافته الحجميـــة $\rho_e = 1000kg/m^3$.

2 – ما هي كتلة البترول التي تكافئ طاقة احتراقه الطاقة الممتصة في المحول لمدة سنة؟ أعط النتيجة بالطن (1tonne = 1000kg)، علما أن واحد طن من البترول يحرر عند احتراقه طاقة حرارية قدرها $Q = 4210^9$ J (1tep=42GJ).

3 – ما هو حجم البترول الذي اقتصدناه في هذه العملية؟ علما أن الكتلة الحجمية للبترول تساوي: $\rho_p = 800kg/m3$.

## 25 قياس السعة الكتلية لانصهار الجليد و السعة الحرارية الجزيئية لغاز




يحتوي مسعر حراري من مادة النحاس كتلته $m = 500g$ على كتلة $m' = 500g$ من الجليد درجة حرارتـــــه $T_1 = -20°C$. نقطر على هذا المسعر قطرات من ماء ساخن درجة حرارته $T = 80°C$ بمعدل جريان $d = 50g/mn$. تحولت القطعة الجليدية إلى كمية من ماء سائل عند درجة حرارة $T_2 = 0°C$ خلال مدة قدرها $\theta = 11mn30s$.

1 – احسب السعة الكتلية لانصهار الجليد $L_f$ علما أن السعة الكتلية للنحاس تساوي $c' = 0.1cal/gK$ والسعة الكتلية للجليد $c = 0.5\ cal/gK$ و السعة الكتلية للماء $c_e = 1cal/gK$.

2 – نواصل التجربة، ما هي المدة الزمنية $\theta'$ اللازمة حتى تصل درجة حرارة المسعر $T_3 = 20°C$. ما هي حينئذ الكتلة الكلية للماء الموجود داخل المسعر.

3 – عند هذه اللحظة نُدخل في المسعر قطعة من ألمنيوم كتلتها $m_1 = 500g$ و درجة حرارتها $T'_1 = 100°C$، في نفس الوقت نوقف تدفق الماء الساخن. نقيس درجة الحرارة التوازن الحراري $T'_2 = 25.2°C$. احسب السعة الكتلية $c_{Al}$ للالمنيوم.

4 – ندخل نفس قطعة الألمنيوم درجة حرارتها $T'_1 = 100°C$ في نطاق معزول حراريا حجمه $V = 20l$. يحمل هذا النطاق غازا مثاليا في الشروط العادية للضغط و درجة الحرارة. نقيس درجة حرارة التوازن فنجد $T'_3 = 95.9°C$. احسب السعة الحرارية الجزيئية C عند ثبوت الحجم لهذا الغاز.

نعلم أن حجم مول واحد لغاز مثالي في الشروط العادية للضغط و درجة الحرارة هو $22.4l$.

**الجواب:**

أ – $L_f = \frac{c_e d\theta}{m}(T - T_2) - \frac{cm + c'm'}{m}(T_2 - T_1) = 80cal/g = 335J/g$

ب – $\theta' = \frac{c_e(m+d\theta) + c'm'}{c_e d}\frac{(T_3 - T_2)}{(T - T_3)} = 7min30s$ $\quad M = m + d(\theta + \theta') = 1450g$

ج – $c_{AL} = \frac{mc_0 + c_0 d(\theta + \theta') + c'm'}{m_1}\frac{T'_2 - T_3}{T'_1 - T'_2} = 0.208\left(\frac{cal}{gK}\right)$

د – $C = m_1 c_{Al} \cdot \frac{22.4}{V} \cdot \frac{T'_1 - T'_3}{T'_3 - T_2} = 4.97\left(\frac{cal}{K}\right) = 20.8\ (J/K)$