# الفصل 14

الحرارة وطرق انتقالها

الشكل 1-14 (أ) التأثير البارد لليلة صافية باردة و الناتج عن انتقال الحرارة بفعل الرياح و الإشعاع إلى الفضاء الخارجي البارد.(ب) كان هناك جدل كبير حول عمر الأرض، و لكن تم الاتفاق عامة على أن كوكب الأرض يبلغ 4.5 بليون عاماً،و هنا تركز الجدال حول باطن الأرض المنصهر، فحسب فهمنا لعملية انتقال الحرارة إذا كانت الأرض تبلغ هذا العمر الزمني فمن المفترض أن يكون داخلها قد برد بعد منذ مدة طويلة.و لكن كان لاكتشاف الصخور المشعة الفضل في التعرف على مصدر الطاقة الموجودة في باطن الأرض المنصهر بالرغم من انتقال الحرارة إلى السطح الخارجي للأرض و منه إلى الفضاء الخارجي البارد.

مخطط الفصل--------------------------------------------------------------------------------------------

14-1 الحرارة

تعريف الحرارة بأنها انتقال للطاقة

14-2 تغيير درجة الحرارة والسعة الحرارية

ملاحظة انتقال الحرارة والتغيير في درجة الحرارة والكتلة

حساب درجة الحرارة النهائية بعد انتقال الحرارة بين جسمين.

3-14تغير طور المادة والحرارة الكامنة

فحص انتقال الحرارة

حساب درجة الحرارة النهائية بعد انتقال الحرارة.

14-4 طرق انتقال الحرارة

مناقشة الطرق المختلفة لانتقال الحرارة

14-5 التوصيل

حساب التوصيل الحراري

ملاحظة توصيل الحرارة أثناء التصادمات.

دراسة التوصيل الحراري للمواد الشائعة.

14-6 الحمل

مناقشة طرق انتقال الحرارة عن طريق الحمل

14-7 الإشعاع

مناقشة انتقال الحرارة بالإشعاع

تفسير قدرة المواد المختلفة.

مقدمة عن الحرارة وطرق انتقالها توجد الطاقة في عدة أشكال والحرارة واحدة من أكثر أشكال الطاقة إثارةً. فدائمًا ما تجدها مختبئة وتظهر فقط عندما تنتقل، وتنتقل ببضعة طرق مختلفة ومتميزة. عملية انتقال الحرارة تمس كل نواحي الحياة وتساعدنا في فهم كيفية عمل العالم حولنا. فهي من تنبهنا إلى سبب شعورنا بالبرد في الليالي العاصفة وكذلك تفهمنا سبب عدم برودة باطن الأرض حتى الآن.

وفي هذا الفصل سنتعرف ونكتشف عن معنى انتقال الحرارة وتأثيرها وطرق انتقالها، فهذه المواضيع أساسية و عملية و سنشير اليها، دائماً، في الفصول المقبلة.

14-1 الحرارة

في فصل الشغل، الطاقة، مصادر الطاقة، عرفنا الشغل على أنه القوة ضرب المسافة، وأن الشغل المبذول على شيء يغير من طاقته الحركية. و رأينا أيضاً في فصل **درجة الحرارة و النظرية الحركية وقوانين الغازات** أن درجة الحرارة تتناسب طردياً مع الطاقة الحركية للذرات والجزيئات. ورأينا أن النظام الحراري له طاقة داخلية محددة: فترتفع طاقته الداخلية بارتفاع درجة الحرارة. فعند الجمع بين جسمين لهما درجتا حرارة مختلفتان تنتقل الطاقة من الجسم الأسخن إلى الجسم الأبرد حتى تتساوى درجـتا حرارة الجسمين ووصول الجسمين إلى اتزان حراري. في هذه الحالة، ليس هناك شغل مبذول، لأنه لا توجد قوة أثرت لمسافة ما. ولكن انتقال الطاقة تم بسبب اختلاف درجات الحرارة وتوقف عند تساوي درجات الحرارة. وقد قادتنا هذه الملاحظة إلى التعريف التالي **للحرارة**: الحرارة هي الانتقال التلقائي للطاقة والناتج عن اختلاف في درجات الحرارة.

وكما تم الإشارة إليه في فصل **درجات الحرارة والنظرية الحركية وقوانين الغازات** فهناك دائماً خلط بين الحرارة ودرجة الحرارة. على سبيل المثال تجدنا نقول أن الحرارة غير محتملة ولكننا، في الواقع، نعنى أن درجة الحرارة مرتفعة. فالحرارة هي صورة من صور الطاقة بينما درجة الحرارة ليست كذلك. وينشأ سوء الفهم من حساسيتنا لتدفق الحرارة أكثر من درجة الحرارة.

وبالرجوع إلى حقيقة أن الحرارة شكل من أشكال الطاقة فإن وحدة قياسها هي الجول (J) . و الكالوري \*\*\*\* وحدة شائعة للطاقة والتي تُعَرّف بالطاقة اللازمة لتغيير درجة حرارة 100 جم من الماء \*\*\*\*\*\*\* 1 درجة سيلزية، وبالتحديد، من 14.5\*\*\*\*\*\*\* إلى 15.5 درجة سيلزية. ربما سبب الشيوع اعتمادها البسيط على درجة الحرارة. ولكن نجد أن أكثر الوحدات شيوعًا لقياس الحرارة هي **الكيلوكالوري** \*\*\*\*\*\*\* و هي الطاقة اللازمة لتغيير درجة حرارة كيلو من الماء \*\*\*\*\*\*\*\* "1" درجة سيلزية وحيث أن الكتلة غالبًا ما تحدد بالكيلوجرام، فإن الكيلوكالوري شائع الاستخدام. السعرات الحرارية للطعام ( غالباً ما يشار إليها بـ \*\*\*\*\*\* و أحياناً تسمي "الكالوري الكبير") تقاس بالكيلوكالورى ( 1 كيلوكالوري = 1000 كالوري)، حقيقة لا تحدد بسهولة في بيانات التعبئة.

الشكل 14-2 في الشكل (أ) المشروب الغازي و الثلج لهما درجتا حرارة مختلفة T1 و T2 و بالتالي ليس هناك اتزان حراري. في الشكل (ب) عند وضع المشروب الغازي بجانب قطعة الثلج، انتقلت الطاقة بينهما حتى وصلا إلى نفس درجة الحرارة \*\*\*\*\*\* واتزان الحراري. حدث هذا الانتقال الحراري بسبب الاختلاف في درجتي الحرارة. ولم يكن الانتقال الحراري بين المشروب الغازي وقطعة الثلج فقط، ولكن أيضًا إلى الهواء المحيط الملامس لهما وإلى السطح تحتهما؛ جميعهم لهم نفس درجة حرارة الاتزان.

المكافئ الميكانيكي للحرارة

من المحتمل تغير درجة حرارة المادة عند القيام بشغل، حيث ينقل الشغل الحرارة داخل وخارج النظام ويرسخ هذا الأمر حقيقة أن الحرارة شكل من أشكال الطاقة. وقام العالم جيمس بريسكوت جول (1818-1889) بعدة تجارب للتوصل إلى **المكافئ الميكانيكي للحرارة** الشغل اللازم لإنتاج نفس تأثير انتقال الحرارة. وبالنسبة للوحدات المستخدمة لهذين المصطلحين فإن أفضل قيمة عصرية لهذا المكافئ هي

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑1 |  |

تعتبر هذه المعادلة تحويل بين وحدتي طاقة مختلفتين.

الشكل 3-14 تصور لتجربة جول لإثبات التكافؤ بين الحرارة والشغل.

يوضح الشكل السابق أولى تجارب جول لتوضيح المكافئ الميكانيكي للحرارة. التجربة تبين أن كلاً من الشغل والحرارة قادر على إنتاج نفس التأثيرات، وساعدت، أيضًا، في تأسيس مبدأ حفظ الطاقة. تتحول طاقة الجاذبية الكامنة (PE) (الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية) إلى طاقة حركية (\*\*\*\*\*\*) ثم تتوزع عشوائياً بفعل اللزوجة والاضطراب وتؤدي إلى زيادة متوسط الطاقة لحركية للذرات والجزيئات في النظام، مسببةً زيادة في درجة الحرارة. وكانت مساهمات جول في مجال الديناميكا الحرارية كبيرة جدًا لدرجة أن أطلق اسمه على وحدة قياس الطاقة.

عند إضافة الحرارة إلى أي نظام أو عند نزعها منه فإنها تغير طاقته الداخلية وبالتالي تغير درجة حرارته. ويمكن ملاحظة زيادة درجة الحرارة أثناء الطبخ. ومع ذلك، ليس بالضرورة أن تزيد درجة الحرارة مع زيادة الحرارة. ومثال على ذلك انصهار الجليد؛ تحول المادة من طور إلى آخر. يغير الشغل المبذول على النظام أو بواسطة النظام من الطاقة الداخلية للنظام. وقد بين جول أنه يمكن زيادة درجة حرارة نظام بالتحريك. إذا حُك أحد مكعبات الثلج بسطح خشن، فإن قوة الاحتكاك هي التي تبذل الشغل. أي نظام له طاقة داخلية محددة، ولكن لا يمكن القول بأن له " محتوى حراري " محدد أو" محتوى شغل" محدد. ولكننا نستخدم عبارة " انتقال الحرارة" للتأكيد على طبيعته.

اختبر فهمك

(أ و ب) عينتان من نفس المادة في معمل. عند إضافة 10 كيلوجول \*\*\*\*\* حرارة إلى إحداهما و 10 كيلوجول \*\*\*\*\*\*\* شغل إلى الأخرى . كيف تميز العينة المضاف إليها حرارة؟

الحل

تُغير كلاً من الحرارة والشغل الطاقة الداخلية للمادة، ولكن تعتمد خصائص العينة على الطاقة الداخلية فقط، وبالتالي يستحيل أن نميز ما إذا كانت الحرارة قد أضيفت إلى العينة أ أو ب

2-14 التغيير في درجة الحرارة والسعة الحرارية

يعتبر التغير في درجة الحرارة أحد أهم التأثيرات الناتجة عن انتقال الحرارة؛ حيث يزيد التسخين من درجة الحرارة ويقلل التبريد من درجة الحرارة. ونحن نفترض عدم وجود تغير في حالة المادة وعدم بذل شغل على النظام أو بذل النظام لشغل. وقد بينت التجارب أن الحرارة المنتقلة تعتمد على ثلاثة عوامل: التغير في درجة الحرارة وكتلة النظام ونوع وحالة المادة.

الشكل 14-4 الحرارة \*\*\*\*\*\* المنتقلة التي تسبب تغير في درجة الحرارة تعتمد على التغير في درجة الحرارة و كتلة النظام و المادة وطورها. (أ) تتناسب كمية الحرارة المنتقلة طردياً مع التغير في درجة الحرارة . ولمضاعفة التغير في درجة حرارة جسم كتلته "m " فإننا نحتاج إلى مضاعفة الحرارة. (ب)تتناسب كمية الحرارة المنتقلة مع الكتلة. ولإحداث نفس التغير في درجة الحرارة في جسم له ضعف الكتلة فتحتاج إلى ضعف الحرارة. (ج) تعتمد كمية الحرارة المنتقلة على نوع المادة وطورها. فإذا احتاجت كمية من الحرارة \*\*\*\*\*\* لإحداث تغير في درجة الحرارة \*\*\*\*\*\*\* في كتلة من النحاس فسوف تستغرق 10.8 أضعاف كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة نفس الكتلة من الماء مع افتراض عدم حدوث تغير في طور أي منهما.

الاعتماد على تغيير درجة الحرارة و الكتلة من الأمور التي يمكن فهمها بسهولة و ذلك يرجع إلى حقيقة أن متوسط الطاقة الحركية للذرة أو الجزيء يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، وكذلك تتناسب الطاقة الداخلية للنظام مع درجة الحرارة المطلقة وعدد الذرات والجزيئات. طبقًا لحقيقة أن الحرارة المنتقلة تتساوي مع التغير في الطاقة الداخلية، فإن الحرارة تتناسب مع كتلة المادة والتغير في درجة الحرارة.

و تعتمد الحرارة المنتقلة- أيضاً- على نوع المادة. على سبيل المثال، الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الكحول أقل من الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء. لنفس المادة، تعتمد الحرارة المنتقلة- أيضًا- على طور المادة (غاز، صلب، سائل)

انتقال الحرارة والتغير في درجة الحرارة

العلاقة الكمّية بين الحرارة المنتقلة ودرجة الحرارة المشتملة على الثلاثة عوامل تتمثل في المعادلة التالية:

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑2 |  |

حيث أن Q رمز الحرارة المنتقلة، و m كتلة المادة، و \*\*\*\*\*\* التغير في درجة الحرارة، و c الحرارة النوعية للمادة و يعتمد على المادة وطورها. والحرارة النوعية هي الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة جسم كتلته 1 كيلوجرام \*\*\*\*\*\*\*\* درجة سيلزية. و تعتبر الحرارة النوعية c أحد الخصائص المميزة للمادة. ووحدتها في النظام SI هي \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* الجول/ (كجم. كلفن) أو \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* جول ( كيلوجرام. درجة سيلزية). تذكر أن التغيير في درجة الحرارة ∆T لها نفس الوحدة كلفن أو درجة سيليزية. إذا قيس انتقال الحرارة بالكيلوكالوري تقاس الحرارة النوعية بوحدة \*\*\*\*\*\*\* الكيلوكالوري / ( كيلوجرام. درجة سيلزية).

توجد جداول لقيم الحرارة النوعية للمواد المختلفة، حيث لا يمكن حساب الحرارة النوعية للمواد المختلفة إلا بمطالعة مثل هذه الجدول. وتعتمد الحرارة النوعية على درجة الحرارة. و الجدول 14-1 مدرج به أمثلة على الحرارة النوعية لمواد مختلفة. باستثناء الغازات، حيث يضعف اعتماد الحرارة النوعية على درجة الحرارة والحجم لمعظم المواد. ومن خلال هذا الجدول، يتضح أن الحرارة النوعية للماء خمسة أضعاف الحرارة النوعية للزجاج وعشرة أضعاف الحرارة النوعية للحديد. وهذا يعنى أن الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الحديد عشرة أضعاف الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء والحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الزجاج خمس أضعاف الحرارة اللازم لرفع درجة حرارة الماء. في الواقع، إن الماء له الحرارة النوعية الأكبر وهذا الأمر هام للحفاظ على الحياة على سطح الأرض.

مثال 14-1

حساب الحرارة المطلوبة: تسخين الماء في إناء من الألمونيوم.

عند استخدام وعاء من الالمونيوم وزنه 0.5 كيلوجرام لتسخين 0.25 لتر من الماء لرفع درجة حرارتها من \*\*\*\*\*\*\* إلى \*\*\*\*\*\*\*\* 20 درجة سيلزية ال 80 درجة سيلزية. (أ) ما مقدار الحرارة لمطلوبة؟ ما النسبة المستخدمة من الحرارة لرفع درجة حرارة (ب)الوعاء و(ج) المياه؟

طريقة الحل

يوجد الماء والوعاء عند نفس درجة الحرارة. وعند وضع الوعاء على النار ترتفع درجة الحرارة لكلاً من الماء الوعاء بنفس المقدار. وباستخدام معادلة انتقال الحرارة مع التغير في درجة الحرارة المعطى والكتلة لكل من الماء و الألومنيوم. في الجدول 1-14 اطلاع على الحرارة النوعية للماء والألمونيوم.

الحل

حيث إن الماء متصل حراريًا مع الألمونيوم، يكون للماء والوعاء نفس درجة الحرارة.

1. احسب الاختلاف في درجة الحرارة:

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑3 |  |

1. احسب كتلة الماء. لأن كثافة الماء \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* ، تكون كتلة لتر واحد من الماء \*\*\*\*\*\* ، وكتلة 0.250 لتر من الماء \*\*\*\*\*\*\*\*\*
2. احسب الحرارة المنتقلة إلى الماء. استخدام الحرارة النوعية الواردة في الجدول 14-1:

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑4 |  |

1. احسب الحرارة المنتقلة إلى الألومنيوم. استخدام الحرارة النوعية للألومنيوم الواردة في الجدول 14-1:

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑5 |  |

1. قارن نسبة الحرارة التي تنتقل إلى الوعاء مع تلك التي تنتقل إلى الماء علينا أولا أن نجد إجمالي الحرارة المنتقلة :

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑6 |  |

وبالتالي، فإن كمية الحرارة اللازمة لتسخين الوعاء كالتالي: -

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑7 |  |

و كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء:

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑8 |  |

المناقشة

في هذا المثال الحرارة المنتقلة إلى الوعاء تعد كسر صغير، مقارنة بالحرارة المنتقلة للماء، من إجمالي الحرارة المنتقلة. بالرغم من أن كتلة الوعاء تعتبر ضعف كتلة الماء، فإن الحرارة النوعية للماء تعتبر أربعة أضعاف الحرارة النوعية للألومنيوم. وبالتالي، فإنها تأخذ أكثر من ضعف الحرارة لتحقيق التغير المعطى في درجة حرارة الماء مقارنة بالوعاء المصنوع من الألمونيوم.

الشكل 14-5 الدخان المتصاعد من مكابح الشاحنة يعتبر دليل واضح على المكافئ الميكانيكي للحرارة.

مثال 2-14

حساب الزيادة في درجة الحرارة بسبب الشغل المبذول على المادة: السخونة الزائدة لفرامل شاحنة تجري اتجاه أسفل منحدر.

فرامل الشاحنة المستخدمة للتحكم في سرعتها عند التحرك اتجاه أسفل منحدر تبذل شغل وتحول طاقة الجاذبية الكامنة إلى زيادة في الطاقة الداخلية (درجة حرارة أعلى) للفرامل. وهذا التحول يمنع تحول طاقة الجاذبية الكامنة إلى طاقة حركية للشاحنة. والمشكلة هنا أن كتلة الشاحنة أكبر من كتلة المادة المصنوعة منها الفرامل والتي تقوم بامتصاص الطاقة، ويمكن أن تزيد درجة الحرارة بسرعة كبيرة متسببةً في انتقال كمية كافية من الحرارة من الفرامل إلى البيئة الخارجية.

احسب الزيادة في درجة حرارة 100 كجم من مادة الفرامل بمتوسط حرارة نوعية \*\*\*\*\*\*\* 800 جول / كجم.درجة سيلزية. اذا احتفظت الفرامل بـ 10% من طاقة شاحنة كتلتها 10000 كجم تنزل \*\*\*\*\* متر (ازاحة عمودية) بسرعة ثابتة.

طريقة الحل

في حالة عدم استخدام الفرامل ستتحول طاقة الجاذبية الكامنة إلى طاقة حركية. في حالة استخدام الفرامل تتحول طاقة الجاذبية الكامنة إلى طاقة داخلية في مادة الفرامل. فنقوم أولاً بحساب طاقة الجاذبية الكامنة (Mgh) الكلية التي تفقدها الشاحنة أثناء نزولها، ثم نحسب الزيادة في درجة الحرارة الناتجة في مادة الفرامل وحدها.

**الحل**

1. احسب التغير في طاقة الجاذبية الكامنة عند سير الشاحنة باتجاه أسفل المنحدر

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑9 |  |

1. حساب درجة الحرارة الناتجة من الحرارة المنتقلة باستخدام المعادلة \*\*\*\*\*\*\* و

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑10 |  |

حيث m كتلة المادة المصنوع منها الفرامل. ادخل قيمة\*\*\*\*\*\*\*\* و \*\*\*\*\*\*\*\* . لحساب

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑11 |  |

المناقشة

تدعم نفس الفكرة التكنولوجيا الحديثة للسيارات الهجينة (hybrid) حيث تتحول الطاقة الميكانيكية (طاقة الجاذبية الكامنة) بواسطة الفرامل إلى طاقة كهربائية (البطارية)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المادة | الحرارة لنوعية \*\*\*\*\* | |
| المواد الصلبة | \*\*\*\*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\*\*\*\* |
| الألومنيوم | 900 | 0.215 |
| الأسبستوس | 800 | 0.19 |
| الخرسانة، الجرانيت(متوسط) | 840 | 0.20 |
| النحاس | 387 | 0.0924 |
| الزجاج | 840 | 0.20 |
| الذهب | 129 | 0.0308 |
| جسم الإنسان (متوسط درجة الحرارة 37) | 3500 | 0.83 |
| الثلج (متوسط ، \*\*\*\*\*\* إلى \*\*\*\*) | 2090 | 0.50 |
| الحديد، الصلب | 452 | 0.108 |
| الرصاص | 128 | 0.0305 |
| الفضة | 235 | 0.0562 |
| الخشب | 1700 | 0.4 |
| السوائل |  |  |
| البنزين | 1740 | 0.415 |
| ايثانول | 2450 | 0.586 |
| جليسرين | 2410 | 0.576 |
| الزئبق | 139 | 0.0333 |
| الماء (15.0) | 4186 | 1.000 |

الجدول 1-14 الحرارة النوعية للمواد المختلفة.

1 القيم للمواد الصلبة والسوائل عند حجم ثابت ودرجة حرارة 25، *باستثناء ما أشير إليه بغير ذلك.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المادة | الحرارية النوعية | |
| الغازات3 |  |  |
| الهواء ( الجاف) | 721 (1015) | 0.172(0.242) |
| الأمونيا | 1670(2190) | 0.399(0.523) |
| ثاني أكسيد الكربون | 638(833) | 0.152(0.199) |
| النيتروجين | 739(1040) | 0.177(0.248) |
| الأكسجين | 651(913) | 0.156(0.218) |
| البخار (100) | 1520(2020) | 0.363(0.482) |

*الجدول 1-14 الحرارة النوعية للمواد المختلفة.*

*لاحظ* ***المثال 14-2*** *توضيح للمكافئ الميكانيكي للحرارة. وبدلاً من ذلك، يمكن زيادة الحرارة بواسطة شعلة بدلًا من انتاجها ميكانيكيًا.*

*المثال 3-14*

*حساب درجة الحرارة النهائية عند انتقال الحرارة بين جسمين: صب الماء البارد في اناء ساخن.*

*افترض أنك صببت 0.250 كجم من الماء له درجة حرارة 20 (حوالي كوب) في اناء من الألومنيوم وزنه 0.500 كجم درجة حرارته عند رفعه من على الموقد 150، افترض وضع الإناء على سطح معزول وتبخر كمية قليلة، يمكن إهمالها، من الماء. ما درجة الحرارة عند وصول كل من الماء والوعاء إلى اتزان حراري بعد فترة قصيرة؟*

*طريقة الحل*

*الوعاء موضوع على سطح معزول وبالتالي تنتقل كمية قليلة جداً من الحرارة إلى الأشياء المحيطة. وحيث أن الماء والوعاء لم يكونا في الأساس في اتزان حراري: حيث كانت درجة حرارة الوعاء أعلى من درجة حرارة الماء، فإنه عند اتصال الماء مع الوعاء تنتقل الحرارة بينهما حتى الوصول إلى اتزان حراري. ولأن الحرارة تنتقل بين الوعاء والماء بسرعة فإن كمية الماء المبخر تعتبر مهملة والحرارة التي يفقدها الوعاء تعادل الحرارة التي يكتسبها الماء. ويتوقف التبادل الحراري عند الوصول إلى اتزان حراري بين الوعاء والماء. ويمكن التعبير عن التبادل الحراري بالمعادلة \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*.*

*الحل:*

1. *نستخدم معادلة انتقال الحرارة للتعبير عن الحرارة المفقودة من وعاء الألمونيوم من حيث كتلة الوعاء والحرارة النوعية للألمونيوم ودرجة الحرارة الابتدائية والنهائية للوعاء.*

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑12 |  |

1. *عبر عن الحرارة التي تكتسبها الماء من حيث كتلة الماء والحرارة النوعية لها والحرارة الابتدائية والنهائية للماء:*

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑13 |  |

1. *لاحظ أن \*\*\*\*\* و \*\*\*\*\*\*\*\* ويجب أن يكون مجموعهما يساوي الصفر لأن الحرارة المفقودة من الوعاء الساخن يجب أن تساوي الحرارة التي يكتسبها الماء البارد.*

*2 تتطابق هذه القيم مع القيم بوحدات \*\*\*\*\*\*\*\*\* كالوري/ جم درجة سيلزية.*

*3 Cv عند حجم ثابت ودرجة حرارة 20 درجة سيلزية، إلا إذا ذكر غير ذلك، ومتوسط ضغط \*\*\*\*\*\*\*\*. القيم بين علامات قوسين هي Cp عند ضغط ثابت \*\*\*\*\*\**

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑14 |  |

1. *ضع كل الحدود الخاصة ب Tf على الجانب الأيسر و كل الحدود الأخرى على الجانب الأيمن و ذلك لإيجاد Tf*

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑15 |  |

*وعوض بالقيم العددية:*

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑16 |  |

المناقشة:

هذا نموذج لأحد المسائل المسعرية (قياس كمية الحرارة) – حيث يُوضع جسمين لهم درجات حرارة مختلفة معًا ويحدث تبادل للحرارة حتى الوصول إلى درجة حرارة مشتركة. لماذا دائمًا ما تكون الحرارة النهائية أقرب إلى من 150؟ السبب في هذا أن الحرارة النوعية للماء تكون أكبر من معظم المواد الأخرى وبالتالي تخضع لتغير بسيط في درجة الحرارة لانتقال الحرارة معين. فجسم كبير مثل بحيرة مثلاً يحتاج إلى كمية كبيرة من الحرارة لرفع درجة الحرارة بشكل ملحوظ وهذا يفسر سبب بقاء درجة حرارة البحيرة ثابتة بالرغم من التغير الكبير في درجة حرارة الجو، ولكن تتغير درجة حرارة المياه على المدى الطويل (على سبيل المثال من فصل الصيف إلى فصل الشتاء)

تجربة منزلية: التغيير في درجة حرارة اليابسة والماء

ما الذي يسخن أسرع؟ اليابسة أم الماء؟

لدراسة الاختلاف في السعة الحرارية:

* ضع كمية مناسبة من الرمل الجاف والماء لهما نفس درجة الحرارة في برطمانين. (متوسط كثافة الرمل أو التربة 1.6 كثافة الماء لذا يمكن الوصول إلى كتل متساوية تقريباً عند اضافة 50% أزيد من حجم الماء.
* سخن كلاهما باستخدام فرن أو مصباح حراري لنفس الزمن تقريبًا.
* سجل درجة الحرارة النهائية لكلًا من الكتلتين.
* سخن البرطمانين لمدة أكبر ليصلا إلى نفس درجة الحرارة.
* ابعد البرطمان عن مصدر الحرارة وقِسْ درجة الحرارة كل خمس دقائق لمدة ثلاثون دقيقة.

أي العينتين يبرد أسرع؟ هذا النشاط يوضح الظاهرة المسئولة عن **نسيم البر** **ونسيم** **البحر**.

تحقق فهمك

إذا لازم 25 كيلوجول لرفع درجة حرارة كتلة من 25 إلى \*\*\*\*\*\* ، فما الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة هذه الكتلة من 45 إلى \*\*\*\*\*\*؟

الحل

تعتمد الحرارة المنتقلة فقط على الفرق بين درجتي الحرارة (الابتدائية والنهائية). وحيث أن الفرق متساوي في الحالتين، فيلزم 25 كيلوجول في الحالة الثانية- أيضًا.

3-14 تغير الطور والحرارة الكامنة

فيما سبق، قد ذكرنا التغير في درجة الحرارة بسبب الانتقال الحراري. لا يحدث تغير في درجة الحرارة بسبب انتقال الحرارة إذا انصهار الجليد وتحول الي الماء (على سبيل المثال، خلال تغير طور المادة. على سبيل المثال قطرات الماء المتساقطة من كتلة جليدية تنصهر على سطح دافئ نتيجة حرارة الشمس. وعلى العكس، تجمد المياه في صينية جليدية نتيجة لانخفاض درجة الحرارة ما يحيط بها.

الشكل 14-6 تنتقل الحرارة من الهواء إلى الثلج متسببةً في انصهاره. (credit: Mike Brand)

نحتاج إلى طاقة حتى نصهر المواد الصلبة وذلك لكسر روابط التماسك بين جزيئات المواد الصلبة، بينما في السوائل يمكن أن تتحرك الجزيئات بسهولة، لذلك لا نحتاج لرفع درجة حرارتها. وبالمثل، نحتاج إلى الطاقة لتبخير السوائل، لأن جزيئات السائل تتفاعل مع بعضها بواسطة قوى جذب، فلا يحدث تغير في درجة الحرارة حتى يكتمل تحويل طور المادة. فنجد أن درجة حرارة كوب من الصودا عند درجة صفر درجة سيلزية تظل كما هي حتى يتم انصهار الثلج. وعلى النقيض، تتحرر الطاقة أثناء عملية التجمد والتكثيف وتكون غالبًا في شكل طاقة حرارية. ويُبذل الشغل بواسطة قوى التماسك عندما ترتبط الجزيئات معًا. حيث لابد من فقد طاقة (تبديدها) ليكون بقائهم معًا ممكنًا. الشكل 14-7.

تعتمد الطاقة المتضمنة في تحويل طور المادة على عاملين هما: عدد وشدة الروابط أو أزواج القوى. عدد الروابط يتناسب مع عدد الجزيئات وبالتالي مع كتلة العينة. وكذلك، تعتمد شدة الروابط على نوع الجزيئات. الحرارة \*\*\*\*\*\*\*\* اللازمة لتغيير طور عينة كتلتها m يعطى بـ

|  |  |
| --- | --- |
| ‏14‑17 |  |
| ‏14‑18 |  | |

حيث \*\*\*\*\* الحرارة الكامنة للانصهار Lf و \*\*\*\*\*\*\*\*\* الحرارة الكامنة للتبخير Lv ثوابت تعتمد على نوع المادة وتحدد تجريبيًا. انظر إلى الجدول 14-2

الشكل 7-14 الطاقة المطلوبة للتغلب جزئيًا على قوى التجاذب بين جزيئات المادة الصلبة لتحويلها إلى سائل. ويجب إزالة نفس الطاقة لحدوث التجمد. (ب)تُبعد الجزيئات عن بعضها البعض بمسافات كبيرة عند تحولها من سائل إلى غاز متطلبةً طاقة كبيرة للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات. يجب إزالة نفس الطاقة لحدوث التكثف. ولا يوجد تغير في درجة الحرارة حتى اكتمال تحول طور المادة.

تقاس الحرارة النوعية بوحدات \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* جول / كجم . يعتمد كلًا من Lf و Lv على المادة وخاصة على شدة القوى بين الجزيئات كما أشير من قبل. وتسمى كلًا من Lf و Lv **معاملا الطاقة الكامنة**. هما كامنان، أو مخفيان. حيث أنه عند تحول طور المادة تدخل الطاقة إلى النظام أو تغادر منه دون أن تسبب تغير في درجة حرارة النظام. وبالتالي فإن الطاقة مختفية. انظر إلى الجدول 14-2 حيث توجد قوائم مبين بها قيمة كلاً من Lf و Lvوكذلك نقطة الانصهار و الغليان.

يوضح الجدول أن كمية كبيرة جدًا من الطاقة لازمة لتغيير طور المادة. على سبيل المثال، دعنا ننظر إلى المثال التالي: ما مقدار الطاقة اللازمة لانصهار كيلوجرام من الثلج عند درجة \*\*\*\*\*\*\*\* لتحويله إلى كيلو جرام من الماء عند درجة \*\*\*\*\*\*\*\*. باستخدام قيمة الماء من الجدول 2-14.نجد أن \*\*\*\*\*\*\*\* هي الطاقة المطلوبة لانصهار كيلوجرام من الثلج. وهذا يعتبر مقدار كبير من الطاقة حيث أنها تمثل كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام من الماء من درجة \*\*\*\*\*\* إلى 79.8. في الحقيقة، نحتاج إلى طاقة أزيد من هذا لتبخير الماء، نحتاج إلى \*\*\*\*\*\*\* 2256 كيلوجول لتحويل الماء عند درجة الغليان العادية ( \*\*\*\*\*\*\* عند الضغط الجوي) إلي بخار. يوضح هذا المثال أن الطاقة اللازمة لتغيير طور المادة تعتبر كبيرة جدًا مقارنة بالطاقة اللازمة لتغيير درجة الحرارة دون تحول في طور المادة.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Lf*** | | | | ***Lv*** | | |
| **المادة** | **نقطة الانصهار** | **كيلوجول/كجم** | **كيلوكالوري/كجم** | **نقطة الغليان** | **كيلوجول/كجم** | **كيلوكالوري/كجم** |
| الهليوم | -269.7 | 5.23 | 1.25 | -268.9 | 20.9 | 4.99 |
| الهيدروجين | -259.3 | 58.6 | 14.0 | -252.9 | 452 | 108 |
| النيتروجين | -210.0 | 25.5 | 6.09 | -195.8 | 201 | 48.0 |
| الاكسجين | -218.8 | 13.8 | 3.30 | -183.0 | 213 | 50.9 |
| الايثانول | -114 | 104 | 24.9 | 78.3 | 854 | 204 |
| الامونيا | -75 |  | 108 | -33.4 | 1370 | 327 |
| الزئبق | -38.9 | 11.8 | 2.82 | 357 | 272 | 65.0 |
| الماء | 0.00 | 334 | 79.8 | 100.0 | 2256 | 539 |
| الكبريت | 119 | 38.1 | 9.10 | 444.6 | 326 | 77.9 |
| الرصاص | 327 | 24.5 | 5.85 | 1750 | 871 | 208 |
| إثمد | 631 | 165 | 39.4 | 1440 | 561 | 134 |
| المونيوم | 660 | 380 | 90 | 2450 | 11400 | 2720 |
| الضة | 961 | 88.3 | 21.1 | 2193 | 2336 | 558 |
| الذهب | 1063 | 64.5 | 15.4 | 2660 | 1578 | 377 |
| النحاس | 1083 | 134 | 32.0 | 2595 | 5069 | 1211 |
| اليورانيوم | 1133 | 84 | 20 | 3900 | 1900 | 454 |
| التنجستن | 3410 | 184 | 44 | 5900 | 4810 | 1150 |

جدول 14-2 حرارة الانصهار والتبخير

يمكن لتغيير طور المادة أن يكون له تأثير استقراري بالغ حتى على درجات الحرارة التي ليست قريبة من نقطة الانصهار أو الغليان وذلك لأن التبخر والتكثف ( تحول الغاز إلى الحالة السائلة) يحدث حتى عند درجات حرارة أقل من نقطة الغليان. على سبيل المثال، حقيقة أن درجة حرارة المناخ الرطب نادراً ما تزيد على 35.0 حيث أن معظم الحرارة المنتقلة تذهب إلى تبخير الماء في الهواء. وبالمثل، فإن درجة الحرارة في الطقس الرطب نادرًا ما تقل عن درجة الندي وذلك لانطلاق كمية كبيرة من الحرارة عند تكثف الماء.

يمكننا فحص تأثير تغير طور المادة بشكل أدق، عن طريق اعتبار إضافة حرارة إلى عينة من الثلج عند درجة حرارة \*\*\*\*\*\* (الشكل 14-8) حيث ترتفع درجة حرارة الثلج خطيًا وتمتص الحرارة بمعدل ثابت \*\*\*\*\*\*\*\*\*. حتى الوصول إلى . وبمجرد الوصول إلى درجة الحرارة هذه، يبدأ الثلج في الانصهار حتى ينصهر بالكامل ليمتص \*\*\*\*\*\*\* من الحرارة. وتظل درجة الحرارة ثابتة عند درجة \*\*\*\*\*\*\* أثناء تحول طور المادة. وبمجرد انصهار الثلج بالكامل ترتفع درجة حرارة الماء وتمتص الحرارة بمعدل ثابت \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* . وعند الوصول إلى درجة 100 يبدأ الماء في الغليان و تظل درجة الحرارة ثابتة مرة أخرى بينما يمتص الماء \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* من الحرارة أثناء تغير طور المادة. وعندما يتحول كل السائل إلى بخار ماء، ترتفع درجة الحرارة مرة أخرى، ويمتص البخار الحرارة بمعدل \*\*\*\*\*\*\*\*\*.