دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الدرس السابع

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4-3 الحرارة الكامنة
Latent Heat

تعلمنا في الأجزاء السابقة التحولات التي تحدث في مادة ما عند تغير حالتها. ونعرف بشكل كيفي كيفية وصف عمليتي الانصهار والبخر باستخدام النموذج الجزيئي، وسنتعلم في هذا الجزء كيفية وصف تلك العمليات بشكل كمي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتربوية - كيمبيل

الحرارة الكامنة للإنصهار

إذا وضعت مكعبًا صغيرًا من الثلج، ومكعبًا ثلجيًّا كبيرًا على منضدة مكشوفة، ستلاحظ أن المكعب الكبير يستغرق وقتًا أطول لينصهر من المكعب الصغير (شكل 4 – 18)، وذلك لأن المكعب الكبير لديه حرارة انصهار كامنة أكبر بكثير مقارنة بمكعب الثلج الصغير.

مكعب صغير من الثلج مكعب كبير من الثلج

شكل 4 – 18 لدى مكعب الثلج الكبير حرارة انصهار كامنة كبيرة، ويستغرق وقتًا أطول لينصهر

إن الحرارة الكامنة للإنصهار L_f لجسم صلب هي الحرارة المطلوبة لتغييره من الحالة الصلبة إلى السائلة أوالعكس دون أي تغير في درجة الحرارة.

إن وحدة قياس حرارة الانصهار الكامنة L_f هي الجول (J).

وبالطبع كلما كانت كتلة الجسم الصلب أكبر كلما احتاجت حرارة أكثر لصهرها، أي كلما كانت حرارتها الكامنة أكبر.

ومن المفيد معرفة ماهية حرارة الانصهار الكامنة لكتلة 1 kg. وتستخدم الحرارة الكامنة النوعية للانصهار للإشارة إلى الحرارة الكامنة للانصهار لكل وحدة كتلة أو 1 kg من الكتلة.

الحرارة الكامنة النوعية لانصهار مادة صلبة هي الحرارة المطلوبة لتحويل 1 kg منها من الحالة الصلبة إلى السائلة أو العكس، دون أي تغير في درجة الحرارة.

إن وحدة قياس حرارة الانصهار الكامنة النوعية ℓ_f هي الجول لكل كيلو جرام ($J\ kg^{-1}$).

ومن التعريفين السابقين، يكون لدينا:

$$L_f = \ell_f \times m$$

حيث: L_f تساوي الحرارة الكامنة للانصهار،

ℓ_f تساوي الحرارة الكامنة النوعية للانصهار.

m تساوي كتلة الجسم الصلب.

مثال محلول 4 – 1

قطعة مثلجات كتلتها 150 g. فإذا كانت الحرارة الكامنة النوعية لانصهار الثلج هي $340\ 000\ J\ kg^{-1}$، أو $340\ kJ\ kg^{-1}$، أوجد الحرارة المطلوبة لصهر المثلجات.

الحل:

المعطيات: الكتلة، $m = 150\ g = 0.150 kg$

الحرارة الكامنة النوعية، $\ell_f = 340000\ J\ kg^{-1}$

ومن المعادلة، $L_f = \ell_f \times m$

$$= 340\ 000 \times 0.150$$
$$= 51\ 000\ J$$
$$= 51\ kJ$$

∴ المطلوب لصهر المثلجات كمية من الحرارة قدرها 51 kJ.

مثال محلول 4 – 2

غُمر تمامًا سخان ينتج حرارة بمعدل ثابت 1000 W في مكعب من الثلج كتلته 3 kg عند درجة حرارة 0°C. استغرق المكعب 1020 s لينصهر تمامًا. احسب قيمة الحرارة الكامنة النوعية لانصهار الثلج. ما الفرض الذي استعملته في عمليتك الحسابية؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الحـــــل :

المعطيات : قدرة السخان، $P = 1000\ W$

الزمن المستغرق، $t = 1020\ s$

الكتلة، $m = 3\ kg$

الحرارة التي يمدها السخان، $Q = Pt$

$= 1000 \times 1020$

$= 1020000\ J$

الحرارة الكامنة لمكعب الثلج ذي الكتلة 3 kg، $L_f = Q$

$= 1020000\ J$

الفرض : يمد السخان ذو القدرة 1000 W الحرارة الكامنة لانصهار الثلج لمدة 1020 s ولا تفقد حرارة إلى الأجسام المحيطة .

وعليه، فإن الحرارة الكامنة النوعية لانصهار الثلج ℓ_f هي

$$\ell_f = \frac{L_f}{m}$$

$$= \frac{1020000}{3}$$

$$= 340000\ J\ kg^{-1}$$

∴ الحرارة الكامنة النوعية لانصهار الثلج هي $340\ J\ kg^{-1}$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

حرارة البخر الكامنة

يمكننا تعريف الحرارة الكامنة والحرارة الكامنة النوعية للبخر بطريقة مماثلة.

حرارة البخر الكامنة L_v لمادة ما، هي كمية الطاقة الحرارية المطلوبة لتحويلها من حالة السيولة إلى حالة البخر أو العكس دون تغير في درجة الحرارة.

وحدة قياس حرارة البخر الكامنة L_v هي الجول (J).

حرارة البخر الكامنة النوعية ℓ_v لمادة ما هي كمية الطاقة الحرارية المطلوبة لتحويل 1 kg منها من حالة السيولة إلى حالة البخر أو العكس دون تغير في درجة الحرارة.

ووحدة قياس حرارة البخر الكامنة النوعية ℓ_v هي الجول لكل كيلو جرام ($J\ kg^{-1}$).

لاحظ تعريف حرارة البخر الكامنة على أنها كمية الحرارة المطلوبة لتحويل أية مادة من سائل إلى بخار، ولكن إذا تكثفت المادة من بخار إلى سائل، تنبعث في هذه الحالة كمية حرارة مكافئة للحرارة الكامنة للبخر. ويكون لدينا من التعريفات المعادلة التالية:

$$L_v = \ell_v \times m$$

حيث L_v تساوي الحرارة الكامنة للبخر،

ℓ_v تساوي الحرارة الكامنة النوعية للبخر،

m تساوي كتلة السائل.

وبالمثل عند تجمد مادة من الحالة السائلة، فإن الحرارة المنبعثة تكون الحرارة الكامنة للانصهار.

مثال محلول 4 – 3

وُجه لفترة قصيرة نفاث من بخار الماء عند 100°C نحو كتلة ضخمة من الثلج عند 0°C. فتكثف بعض البخار ليكون ماءً وانصهر بعض الثلج. وكون البخار المتكثف 0.40 kg ماء عند 0°C. احسب:

(1) كمية الحرارة المنبعثة من كتلة البخار هذه عند تحولها إلى ماء عند 100°C.

(2) كمية الحرارة المنبعثة من الماء وهو يبرد لدرجة حرارة الثلج.

(ضع في اعتبارك أن الحرارة الكامنة النوعية لبخر الماء تساوي $2200\ kJ\ kg^{-1}$، وأن الحرارة النوعية للماء تساوي $4.2\ kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$).

الحـــل:

(1) الحرارة المنبعثة مساوية للحرارة الكامنة لكتلة 0.40 kg ثلج.

أي، $L_v = m\ell_v$

$= 0.40 \times 2200$

$= 880\ kJ$

(2) يبرد بخار الماء من 100°C إلى 0°C، أي

$\Delta T = 100 - 0$

$= 100\ K$

وعليه فإن الحرارة المنبعثة، $Q = mc\Delta T$

$= 0.40 \times 4.2 \times 100$

$= 168\ kJ$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4-4 البخر
Evaporation

الغليان والبخر

إذا نظفت أرضية الغرفة بالماء، ستلاحظ أن السطح المبلل يجف بعد فترة. ونقول أن الطبقة الرقيقة للماء على السطح قد تعرضت لعملية بخر. فالبخر هو تحول حالة سائل إلى بخاره عند أي درجة حرارة. إنه يختلف عن الغليان رغم أن العمليتين تشملان تحول حالة سائل إلى بخاره. ويعطينا جدول 4 – 3 ملخصًا للفروق بين الغليان والبخر.

جدول 4 – 3 الفرق بين الغليان والبخر

الغليان	البخر
1– يحدث عند درجة حرارة محددة.	1– يحدث عند أي درجة حرارة.
2– عملية سريعة.	2– عملية بطيئة.
3– يحدث داخل السائل.	3– يحدث فقط على سطح السائل.
4– تتكون الفقاعات في السائل.	4– لا تتكون الفقاعات في السائل.
5– تبقى درجة الحرارة ثابتة أثناء الغليان.	5– قد تتغير درجة الحرارة.
6– يتم إمداد الحرارة من مصدر للطاقة.	6– يتم إمداد الحرارة من الأجسام المحيطة.

البخر عملية تبريد.

يسبب البخر تبريدًا

قد تشعر بالبرودة عند الخروج من حمام السباحة إلى الهواء الطلق في يوم مشمس جاف، (وخاصة إذا كانت الرياح تهب). لماذا؟ السبب هو تبخر الماء الموجود على جسمك.

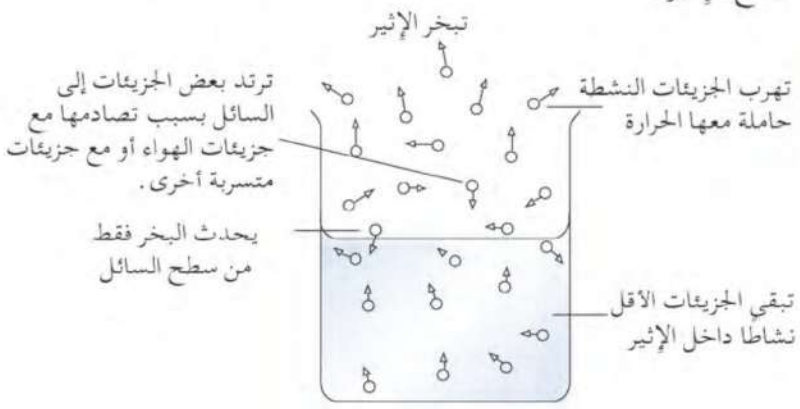
ويتطلب البخر حرارة، ويكون في هذا المثال مصدر الحرارة هو جسمك، ولأن جسمك يفقد حرارة عند تبخر الماء ستشعر بالبرودة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

إن نتائج التجربة 4 – 5 نتائج شـيقة. فيمكن بعد بعض الوقت رؤية الكأس ملتصقًا بالكتلة الخشبية نتيجة تكون طبقة رقيقة من الثلج عند قاعـه. ويوضح ذلك أنه أثناء تبخـر الإثير، يحدث تبريد فيه مما يخفض درجـة حرارته إلى تحت $0^{\circ}C$ بكثير. ولكي يحدث ذلك، تنتقل الحرارة من الطبقة الرقيقة للماء خلال قاع الكأس إلى الإثير لأن درجة حرارة الماء أعلـى من درجة حرارة الإثيـر. وتهبط في النهاية درجة حـرارة الماء إلى $0^{\circ}C$، ويحدث التجمد.

ويمكن بسـهولة تفسـير التبريد عن طريق البخر باسـتخدام النموذج الجزيئي الحركي للمادة. ويبين شـكل 4 – 22 كيفية حدوث البخر عند سطح الإثير.

يرجع تبخر أي سائل إلى جزيئات عند السطح طاقتها أكبر من متوسط الطاقة الحركية المنبعثة من بقية السائل.



شكل 4 -21 عملية البخر

وتكون جزيئات الإثير السائل عند أي درجة حرارة في حركة عشوائية مستمرة بسـرعات مختلفة. ويمتص السائل الحرارة من الأجسام المحيطة، ويزيـد نفخ الهـواء فيه مـن معدل امتصـاص الحرارة. ولهذا تكتسـب جزيئات الإثير طاقة، وتتحرك أسرع.

وتكون جزيئات الإثير الأكثر نشـاطًا عند السطح قادرة على التغلب على قوى الجذب لأسفل من قبل جزيئات الإثير الأخرى، ومن ثم الانطلاق للغلاف الجوي. قد تنجذب الجزيئات الهاربة ببطء إلى السائل، وتكون المحصلة النهائية تركها لسائل ذي جزيئات أقل نشاطا خلفها.

إن السـائل ذا الجزيئات الأبطأ هو سـائل أبرد لأن درجة حرارة السائل تتناسب طرديًا مع متوسط الطاقة الحركية للجزيئات. ويفسر ذلك هبوط درجة حرارة الإثير أثناء حدوث البخر.

وتشمل بعض التأثيرات والاستخدامات اليومية للبخر:

1 – تأثيرًا تبريديًا على الجلد عند اسـتخدام عطر متطاير، أو عند تبخر العرق.

2 – تجفيف الملابس المبتلة أو المياه على أرصفة الطريق في الهواء الطلق.

3 – وضـع قطعـة من الإسـفنج مبللة بالمـاء على جبهة شـخص مصاب بحمى لخفض حرارة جسـده أثناء تبخر الماء. ويمكن بهذه الطريقة خفض درجة حرارة المريض.

4 – وبالإضافة لعملية التكثيف، يستخدم البخر في عملية تبريد الثلاجة المنزلية، والتي سنصفها بالتفصيل فيما بعد.

شكل 4 -22 مسح جبهة مريض يعاني من حمى شديدة بإسفنجة مبتلة بالماء

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

العوامل التي تؤثر على معدل البخر

1 – درجة الحرارة

رغم حدوث البخر عند أية درجة حرارة، إلا إن رفع درجة حرارة السائل تزيد من معدل البخر. فالسائل الأدفأ يعني نشاط عدد أكبر من الجزيئات في الطبقة السطحية بشكل كاف ليهرب. ومن ثم فإن تسخين أي سائل سيزيد من معدل البخر.

2 – رطوبة الهواء المحيط

عند قول أن الهواء رطب، نعني وجود كثير من بخار الماء فيه. ويتناقص معدل البخر مع زيادة الرطوبة، فلا تجف الملابس الرطبة بسهولة إذا كان الهواء المحيط رطبًا، وتستغرق أرضيات المنزل وقتًا أطول لتجف في اليوم الممطر. والعكس صحيح كذلك، أي يزيد معدل البخر مع نقص الرطوبة. فإذا نمت على سبيل المثال في حجرة مكيفة حيث رطوبة الهواء منخفضة جدًا، ستشعر بأن حلقك وجلدك جافان للغاية.

3 – مساحة سطح السائل

يزيد معدل البخر مع زيادة المساحة السطحية المعرضة من السائل، وذلك لأن البخر يحدث فقط من سطحه. وتعني مساحة سطحية أكبر إمكانية تسرب جزيئات أكثر من السطح. وهذا سبب تعليق الملابس المبتلة بنشرها بطريقة تعرض أقصى مساحة سطح ممكنة منها.

4 – حركة الهواء فوق سطح السائل

إذا كنت مبتلًا بالعرق، وتقف تحت مروحة سقف تعمل بأقصى سرعة ستجد أن تبخر عرقك سريع جدًا، فأنت تبرد أسرع في الهواء المتحرك مقارنة بالهواء الساكن. وينطبق ذلك أيضًا على تجفيف الشعر المبلل باستخدام مجفف الشعر، وذلك لأن الهواء المتحرك يزيل جزيئات السائل بمجرد هروبها من السطح، مما يزيد من معدل البخر.

5 – الضغط

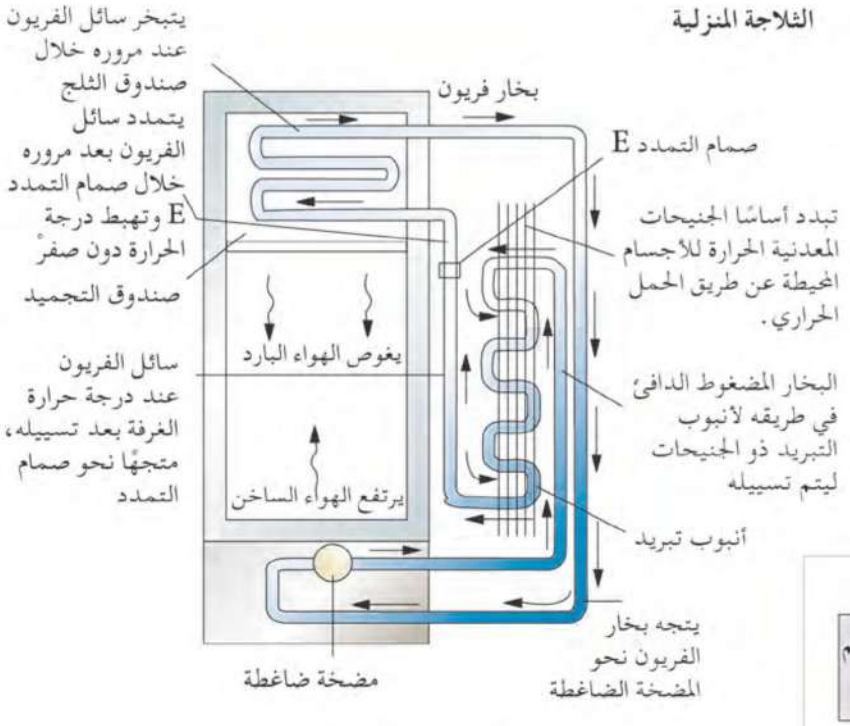
انخفاض الضغط الجوي يزيد من معدل البخر. تجف على سبيل المثال الملابس المبتلة أسرع عند قمة الجبل أو عند الارتفاعات الشاهقة حيث يكون الضغط الجوي أدنى من مستوى البحر.

شكل 4 -23 تجفيف الشعر المبتل بمجفف الشعر

6 – طبيعة السائل

إذا رجعت إلى جدول 4 – 2 عن درجات غليان بعض المواد، ستلاحظ أن الإثير له درجة غليان أدنى مقارنة بالكحول أو الماء. فكلما كانت درجة غليان السائل أدنى، كلما كان معدل البخر أعلى. وهذا سبب تبخر الإثير أسرع بكثير من الماء تحت نفس الشروط الفيزيائية. الزئبق من الناحية الأخرى، بالكاد يتبخر عند درجة حرارة الغرفة بسبب درجة غليانه المرتفعة 357°C.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 4 -24 رسم تخطيطي للثلاجة المنزلية

يبين مخطط الانسياب في شكل 4 -25 كيفية عمل الثلاجة المنزلية بتطبيق عمليتي التكثيف والبخر. يستخدم سائل الفريون، وهو سائل شديد التطاير يغلي عند حوالي $-30^{\circ}C$. ويبدأ مخطط الانسياب من النقطة التي يبدأ فيها تشغيل المضخة الضاغطة.

ويستخدم تيرموستات (منظم لدرجات الحرارة) قابل للضبط داخل الثلاجة ليتحكم في درجة حرارة الهواء داخلها.

تضغط المضخة الضاغطة بخار الفريون الداخل إليها، ثم تضخه نحو أنابيب التبريد الموجودة خارج الثلاجة.

يتكثف البخار المنضغط الدافئ إلى فريون سائل، وتنتقل الحرارة من البخار إلى الأجسام المحيطة خارج الثلاجة عن طريق الحمل الحراري عبر الجنيحات المعدنية.

يتمدد الآن الفريون السائل عند درجة حرارة الغرفة، ويدخل الأنبوب الذي يحيط بصندوق التجميد بعد المرور خلال صمام التمدد E. ويخفض ذلك من درجة حرارة الفريون السائل حتى دون $0^{\circ}C$.

ولأن درجة حرارة الهواء في صندوق التجميد أعلى بكثير من درجة حرارة الفريون السائل فإن الفريون السائل يتبخر. ويسبب ذلك حدوث تبريد في الهواء المحيط بصندوق التجميد أثناء نزع الحرارة من الهواء داخله.

ولأن الهواء المبرد في صندوق التجميد أكثر كثافة، فإنه يتحرك نحو قاع الثلاجة، في حين يرتفع الهواء الدافئ من القاع تجاه صندوق التجميد لكي يبرد.

يتجه الآن بخار الفريون المتبخر بعد مروره خلال الأنبوب في صندوق التجميد نحو المضخة الضاغطة.

شكل 4 -25 مخطط انسياب العمليات في الثلاجة المنزلية

أسئلة التقويم الذاتي

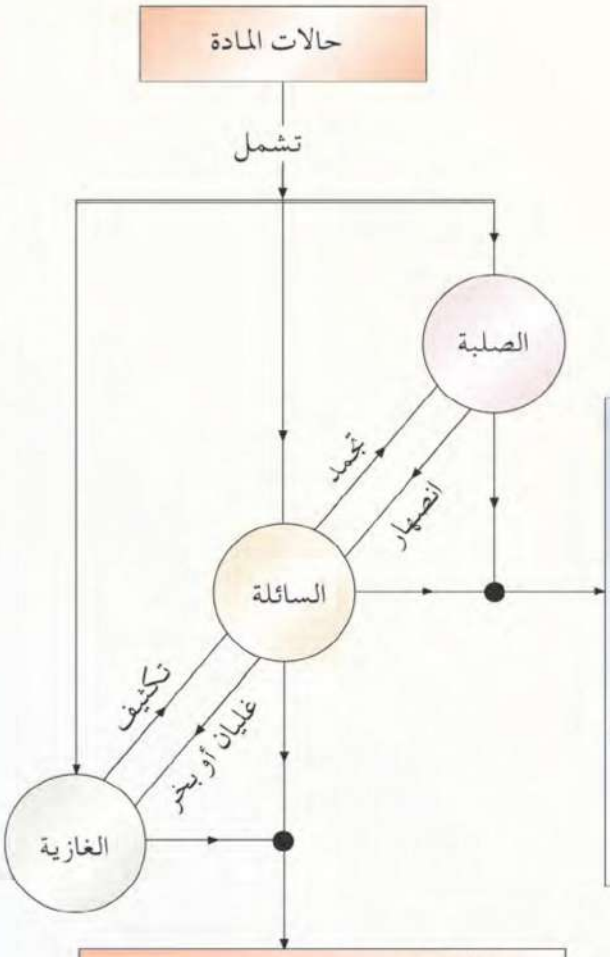
(أ) اذكر الفروق بين الغليان والبخر.

(ب) لماذا ينتج تأثير تبريدي عند وضع طبقة من العطر على الجلد؟

(جـ) لماذا يزيد معدل تبخر سائل مع درجة الحرارة؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم



درجة الانصهار
- تقل بالضغط المتزايد

درجة التجمد
- تقل بوجود شوائب

الحرارة الكامنة للانصهار L_f والحرارة الكامنة النوعية للانصهار ℓ_f.
- $L_f = m\ell_f$، حيث :

L_f تساوي الحرارة الكامنة للانصهار (J)
m تساوي الكتلة (kg)
ℓ_f تساوي الحرارة الكامنة النوعية للانصهار ($J\ kg^{-1}$)

درجة الغليان
- تزيد بوجود شوائب
- تنخفض بخفض الضغط
- ترتفع بزيادة الضغط

الحرارة الكامنة للبخر L_v والحرارة الكامنة النوعية للبخر ℓ_v.
- $L_v = m\ell_v$، حيث

L_v تساوي الحرارة الكامنة للبخر (J)
m تساوي الكتلة (kg)
ℓ_v تساوي الحرارة الكامنة النوعية للبخر ($J\ kg^{-1}$)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا