

حسب الطبعة الجديدة 2010 - 2011

- 1 - الجملة المعزولة هي الجملة التي لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي .
- 2 - مبدأ انحفاظ الطاقة : الطاقة لا تضيع ، بل تتحول من جملة إلى جملة بشكلها أو بشكل آخر بوسائل مختلفة .
- 3 - مركبات الطاقة الداخلية : ارجع للدرس بسرعة !
- 4 - لا ، لأن الجملة عندما تتغير حالتها الفيزيائية تتبادل الطاقة بدون أن تتغير درجة حرارتها ، فمثلا قطعة من الجليد عند انصهارها يجب ان تكتسب طاقة من جملة أخرى من أجل إهدار طاقة تغيير الحالة وتحافظ على الدرجة 0°C طيلة الانصهار .
- 5 - ليس بالضرورة أن تكون معزولة ، لأنه يمكن أن تتبادل الطاقة بحيث تكون الطاقة المفقودة تساوي الطاقة المكتسبة في كل لحظة .
- 6 - يجب أن يكون هذا السؤال كما يلي : اذكر تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة الماصة للحرارة ، ثم عرّف السعة الكتلية لكل تحويل حراري أثناء هذه التغيرات .
التحويلات الطاقوية لتغيير الحالة الفيزيائية للمادة التي تمتص الحرارة هي :
- الانصهار : أي الانتقال من صلب إلى سائل
- التبخر : أي الانتقال من سائل إلى بخار
- التسامي : أي الانتقال من صلب مباشرة إلى بخار
• السعة الكتلية للانصهار (L_f) هي كمية الحرارة اللازمة لاصهر 1 kg من مادة في درجة حرارة ثابتة .
• السعة الكتلية للتبخر (L_v) هي كمية الحرارة اللازمة لجعل 1 kg من مادة ينتقل من سائل إلى بخار في درجة حرارة ثابتة .
• السعة الكتلية للتسامي (L_v) هي المجموع : $L_f + L_v$
- 7 - يجب أن يكون هذا السؤال كما يلي : اذكر تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة النّاشرة للحرارة ، ثم عرّف السعة الكتلية لكل تحويل حراري أثناء هذه التغيرات .
التحويلات الطاقوية لتغيير الحالة الفيزيائية للمادة التي تنتشر خلالها الحرارة هي :
- التميع : أي الانتقال من بخار إلى سائل
- التجمّد : أي الانتقال من سائل إلى صلب
- التكتيف : أي الانتقال مباشرة من بخار إلى صلب
• السعة الكتلية للتميع (L_l) هي كمية الحرارة اللازمة لجعل 1 kg من مادة ينتقل من بخار إلى سائل في درجة حرارة ثابتة .
• السعة الكتلية للتجمّد (L_s) هي كمية الحرارة اللازمة لجعل 1 kg من مادة ينتقل من سائل إلى صلب في درجة حرارة ثابتة .
• السعة الكتلية للتكتيف هي المجموع : $L_l + L_s$

$$L_f = -L_s$$

$$L_v = -L_l$$

- 8

استطاعة التحويل الحراري هي كمية الحرارة المتبادلة خلال وحدة الزمن .
كمية الحرارة التي يفقدها نصف لتر من الماء (أي 0,5 kg) هي :

$$Q = mc \left(\left| \theta_f - \theta_i \right| \right) = 0,5 \times 4187 \times 60 = 125610 \text{ J}$$

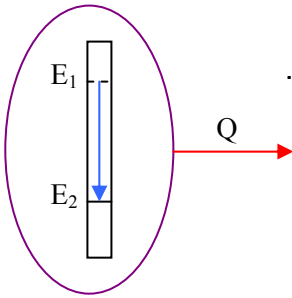
$$P = \frac{Q}{t} = \frac{125610}{20 \times 60} = 104,7 \text{ W}$$
 استطاعة التحويل هي

9 - قيمة التحويل الحراري هي : $Q = P t = 500 \times 3600 = 18 \times 10^5 \text{ J}$

- 10

1 - استقبلت الجملة طاقة من الوسط الخارجي وقدمت له في نفس الوقت طاقة على شكل حرارة ، ونلاحظ أن الطاقة المستقبلة أكبر من الطاقة المقدّمة ، وبالتالي الجملة غير معزولة طاقيًا .

2 - الحصيلة الطاقيّة : مثلنا الحصيلة الطاقيّة في حالة تقديم الجملة للطاقة الحرارية للوسط الخارجي .



$$3 - \text{استطاعة التحويل الميكانيكي} : P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{6500}{10} = 650 \text{ W}$$

- 11

1 - درجة حرارة الغرفة نعتبرها معتدلة ، أي حوالي 25°C .

عندما نضيف القطعة النحاسية (80°C) فإن الجملة (المسعر + الماء) تأخذ كمية من الحرارة من القطعة النحاسية ، وبعد مدّة يحدث التوازن الحراري ، أي أن كل أجزاء الجملة (المسعر + الماء + القطعة النحاسية) تصبح في نفس درجة الحرارة .

2 - يحدث التحويل الحراري من القطعة النحاسية نحو المسعر والماء .

12 - اختيار الجواب الصحيح :

1 - عند مزج مادتين ، درجة حرارتهما مختلفتان ، يحدث التوازن الحراري عند تساوي

- درجة حرارة المادتين (صحيح)

- سعة حرارة المادتين (خطأ) السعة الحرارية خاصة بكمية معينة من مادة معينة .

- درجة حرارة المادتين والسعة الحرارية الكتلية لهما (خطأ)

2 - يحدث التبادل الحراري بين مادتين معزولتين عن الوسط الخارجي بحيث يكون التحويل الحراري المكتسب :

(د) يساوي التحويل الحراري المفقود (صحيح)

3 - (لا يوجد شيء في الفيزياء يسمّى الكثافة الحجمية ، لكن توجد الكتلة الحجمية وتوجد الكثافة) لا يتعلق التحويل الحراري

المكتسب أو المفقود بالكتلة الحجمية . مثلا كمية مضغوطة من غاز ونفس الكمية غير مضغوطة من نفس الغاز تكتسبان نفس التحويل الحراري إذا تغيرت درجتهم بنفس القيمة رغم أن لهما كتلتان حجميتان مختلفتان . أما الكثافة فهي ثابتة في كلتا الحالتين .

- 13

$$1 - \text{قيمة التحويل الحراري} : Q = mc (\theta_f - \theta_i) = 2 \times 390 \times (200 - 10) = 148200 \text{ J}$$

الطاقة التي تتغير في هذا التحويل هي الطاقة الداخلية لقطعة النحاس .

$$2 - P = \frac{W}{t} = \frac{148200}{185} \approx 800 \text{ W}$$

نص التمرين خطأ في الكتاب (طبعة 2007 - 2008 و 2008 - 2009) . صُحِّح التمرين في الطبعة 2010 - 2011 من الأحسن إعطاء درجة حرارة الماء $40,8^{\circ}\text{C}$ وليس 40°C من أجل أن تتوافق مع السعة الحرارية الكتلية للألمنيوم .
نص التمرين في الطبعة الجديدة (2010 - 2011)

نضع في قدر من الألمنيوم كتلته $m = 250\text{ g}$ ودرجة حرارته 10°C ، 100 g من الماء درجة حرارته $40,8^{\circ}\text{C}$. بعد مدّة زمنية أصبحت درجة حرارة الجملة (القدر + الماء) 30°C . إذا علمت أن الكتلة الحجمية للماء تساوي 1 g/cm^3 (رغم أننا لا نحتاج لهذا الرقم . كنا سنحتاج له لو أعطونا حجم الماء بدل كتلته) . والسعة الحرارية الكتلية للماء $c_e = 4185\text{ J.kg}^{-1}.K^{-1}$. احسب السعة الحرارية الكتلية للألمنيوم .

الحل :

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_e c_e (\theta_f - \theta_i) + m_{Al} c_{Al} (\theta_f - \theta_i) = 0 \quad , \quad \text{ومنه :}$$

$$c_{Al} = \frac{-m_e c_e (\theta_f - \theta_{ie})}{m_{Al} (\theta_f - \theta_{iAl})} = \frac{-0,1 \times 4185 (30 - 40,8)}{0,25 \times (30 - 10)} \approx 904\text{ J.kg}^{-1}.K^{-1}$$

1 - نكتب قانون التحويل الحراري لهذه الجملة مع الوسط الخارجي بالشكل :

$$C_e (\theta_f - \theta_i) + C_{Al} (\theta_f - \theta_i) + C_L (\theta_f - \theta_i) + C_h (\theta_f - \theta_i) + Q = 0 \quad \text{حيث :}$$

C_e : السعة الحرارية للماء

C_{Al} : السعة الحرارية للألمنيوم

C_L : السعة الحرارية للخضر

C_h : السعة الحرارية للزيت

$$(1) \quad (\theta_f - \theta_i)(C_e + C_{Al} + C_L + C_h) = Q$$

وبالتالي السعة الحرارية للجملة هي :

$$C = (C_e + C_{Al} + C_L + C_h) = m_e c_e + m_{Al} c_{Al} + m_L c_L + m_h c_h \quad \text{حيث : } c \text{ : السعة الحرارية الكتلية .}$$

$$C = 1 \times 4187 + 0,45 \times 904 + 1 \times \frac{2}{3} \times 4187 + 0,25 \times \frac{1}{2} \times 4187 = 7905\text{ J.K}^{-1}$$

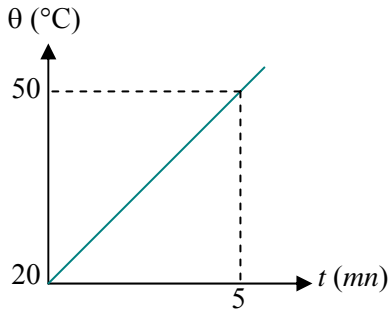
2 - باستخدام العلاقة (1) :

$$\theta_f = \frac{Q}{C} + \theta_i = \frac{27 \times 10^4}{7905} + 20 \approx 54^{\circ}\text{C} \quad \text{، نستنتج} \quad (\theta_f - \theta_i)C = Q$$

العلاقة بين درجة الحرارة والزمن : **غيرنا رمز درجة الحرارة الذي أعتمده التمرين من C إلى θ لأن هناك مقدار آخر رمزه c .**

$$(1) \quad Q = m_e c_e (\theta_f - \theta_i) = P t \quad \text{أي} \quad \text{نستنتج من هذه العلاقة :}$$

$$b = \theta_i = 20^\circ\text{C} \quad , \quad a = \frac{P}{m_e c_e} \quad \text{حيث} \quad , \quad y = a t + b \quad \text{من الشكل} \quad , \quad \theta = \frac{P}{m_e c_e} t + \theta_i$$



$$\theta = \frac{420}{1 \times c} t + 20 \quad \text{وبالتعويض :}$$

$$a = \frac{50 - 20}{5 \times 60} = 0,1 \quad \text{من البيان نحسب الميل :}$$

$$\text{ميل المستقيم هو } \frac{420}{c} \quad . \quad \text{باستعمال الميل المحسوب سابقا نكتب}$$

$$c = 4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad \text{ومنه} \quad , \quad \frac{420}{c} = 0,1$$

- 17

تمرين غير دقيق !

من الأحسن أن نقول : نرفع درجة حرارة قطعة من الجليد وهي في الدرجة 15°C - إلى 20°C . ما هي التحولات المتتالية التي تطرأ على قطعة الجليد ؟

أما عندما نقول : نترك قطعة من الجليد في إناء درجة حرارته 20°C ، هذا لا يضمن لنا أن تبقى درجة حرارة الإناء 20°C ، لأن الجليد يمتص حرارة الوسط الموجود فيه ، وبالتالي تؤول درجة حرارة الجليد والوسط الموجود فيه إلى درجة أخرى (الدرجة النهائية) . ما دام السؤال الأول يطلب التحولات المتتالية التي تطرأ على قطعة الجليد ، إذن المقصود في التمرين هو مرور درجة الحرارة من القيمة 15°C - إلى القيمة 20°C ، وليس الوصول لدرجة حرارة التوازن بين الجليد والغرفة .

1 - التحولات التي تطرأ على القطعة الجليدية :

- ارتفاع درجة حرارة القطعة الجليدية من 15°C - إلى الصفر (بدون انصهارها) .
- انصهار القطعة الجليدية في درجة حرارة ثابتة (0°C) .
- ارتفاع درجة حرارة الماء من الصفر إلى 20°C .

$$2 - \text{التحويل الحراري الذي امتصته القطعة الجليدية : } Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = m_g c_g (\theta_f - \theta_i) + L_f m_g + m_e c_e (\theta_f - \theta_i)$$

حيث : $m_g = m_e$ ، طبعا كتلة القطعة الجليدية هي نفسها كتلة الماء الذي تعطيه عندما تنصهر .

$$Q = 0,075 \times 2090 (0 - (-15)) + 330 \times 10^3 \times 0,075 + 0,075 \times 4185 (20 - 0)$$

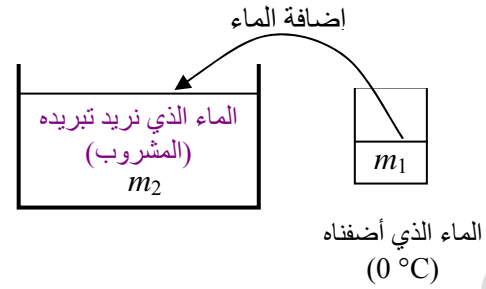
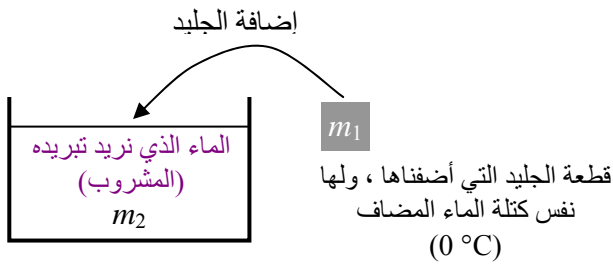
$$Q = 33,4 \text{ kJ}$$

- 18

$$Q = m_g c_g (\theta_f - \theta_i) + L_f m_g + m_e c_e (\theta_f - \theta_i) \quad \text{هو التحويل الحراري اللازم}$$

$$Q = 0,020 \times 2090 (0 - (-6)) + 3,3 \times 10^5 \times 0,020 + 0,020 \times 4185 \times (30 - 0)$$

$$Q = 9362 \text{ J}$$



- عندما نضيف الماء البارد (0 °C) : $Q_1 + Q_2 = 0$

حيث : m_1 كتلة المشروب و θ_i درجة حرارته الابتدائية .
 $m_1 c_e (\theta_f - \theta_i) + m_2 c_e (\theta_f - 0) = 0$

$$(1) \quad \theta_f = \frac{m_1 \theta_i}{m_1 + m_2} \quad \text{ومنه :}$$

- عندما نضيف قطعة الجليد : لدينا حالتان .

الحالة الأولى :

إذا لم تنصهر القطعة الجليدية كلها ، أي أن كمية الحرارة التي قدّمها المشروب للقطعة لم تكن كافية لصرها ، وفي هذه الحالة تصبح الجملة (جليد غير منصهر + المشروب + الجليد المنصهر) في درجة الحرارة 0 °C .

ملاحظة : نفس النتيجة لو انصهر الجليد كلياً بالضبط ، معناه أن كمية الحرارة التي قدّمها المشروب تساوي بالضبط كمية الحرارة

$$. Q = L_f m_g$$

الحالة الثانية :

كمية الحرارة التي يقدّمها المشروب أكبر من كمية الحرارة اللازمة لانصهار القطعة الجليدية .

في هذه الحالة تكون لدينا علاقة التبادل الحراري كما يلي : $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ ، حيث :

Q_1 : كمية الحرارة التي يفقدها المشروب .

$Q_2 + Q_3$: هما كمية الحرارة اللازمة لصر الجليد وكمية الحرارة التي ترفع درجة حرارة الماء المنصهر من الدرجة صفر إلى

الدرجة النهائية للمزيج .

$$m_1 c_e (\theta_f - \theta_i) + L_f m_2 + m_2 c_e (\theta_f - 0) = 0 \quad \text{، ومنه :} \quad \theta_f = \frac{m_1 \theta_i}{m_1 + m_2} - \frac{L_f}{c_e} \times \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

وتكون هذه الدرجة بالطبع

أقل من الدرجة θ_f في العلاقة (1) .

بالنسبة للمعطيات الواردة في التمرين : حجم الماء 25 cm^3 ، أي كتلته $m_1 = 25 \text{ g}$ وكتلة القطعة الجليدية $m_2 = 10 \text{ g}$.

نحسب كمية الحرارة اللازمة لصر القطعة الجليدية : $Q = L_f m_2 = 3,3 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3} = 3300 \text{ J}$.

سؤال :

هل بإمكان الكتلة m_1 من الماء أن توفر هذه الكمية من الحرارة للقطعة الجليدية ؟ نحسبها .

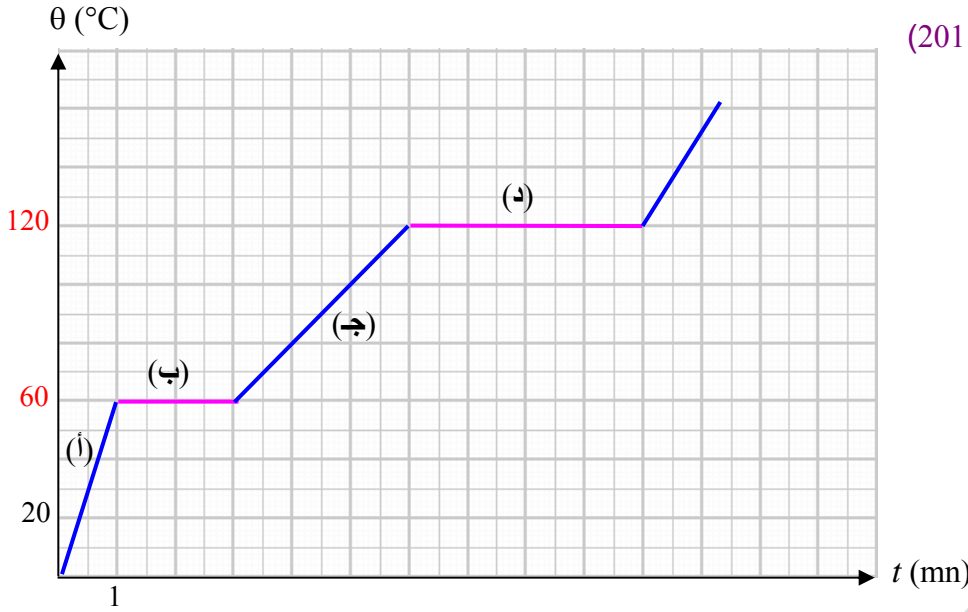
$$Q' = m_1 c_e (\theta_f - \theta_i) = |0,025 \times 4187 (0 - 30)| \approx 3140 \text{ J}$$

الجواب :

لا يمكن ذلك لأن $3140 \text{ J} < 3300 \text{ J}$

معنى هذا أن قطعة الجليد لا تنصهر كلها . وبالتالي تصبح درجة حرارة الجملة (ماء + جليد غير منصهر) $\theta_f = 0^\circ \text{C}$

1 - ملاحظة : حتى يكون التمرين أقرب إلى الواقع نأخذ على محور الزمن الوحدة (mn) وليس (s).



(لقد صحّحوا هذه الوحدة في الطبعة 2010 - 2011)

حالات المادة :

(أ) : صلبة

(ب) : التحوّل إلى سائلة

(ج) : سائلة

(د) : التحوّل إلى بخار

- 2

- درجة حرارة انصهار المادة هي 60 °C ،

- درجة غليان المادة هي 120 °C .

وذلك من البيان .

- 3

• السعة الحرارية الكتلية في الحالة الصلبة : (وليس السعة الكتلية)

$$c_s = \frac{P t}{m (\theta_f - \theta_i)} = \frac{400 \times 1 \times 60}{1 \times (60 - 0)} = 400 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad \text{ومنّه ، } Q = P t = m c_s (\theta_f - \theta_i)$$

• السعة الحرارية الكتلية في الحالة السائلة :

$$c_l = \frac{P t'}{m (\theta'_f - \theta'_i)} = \frac{400 \times 3 \times 60}{1 \times (120 - 60)} = 1200 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad \text{ومنّه ، } Q' = P t' = m c_l (\theta'_f - \theta'_i)$$

• السعة الكتلية لانصهار المادة :

كمية الحرارة التي حوّلت المادة من حالتها الصلبة لحالتها السائلة هي : $P (t_3 - t_1) = L_f m$ ، ومنّه :

$$L_f = \frac{P (t_3 - t_1)}{m} = \frac{400 \times 2 \times 60}{1} = 48 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$$

• السعة الكتلية لتبخّر المادة :

كمية الحرارة التي حوّلت المادة من حالتها السائلة إلى بخار هي : $P (t_{10} - t_6) = L_v m$ ، ومنّه :

$$L_v = \frac{P (t_{10} - t_6)}{m} = \frac{400 \times 4 \times 60}{1} = 96 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$$

- في الفترة الزمنية (ب) تتحوّل المادة من صلبة إلى سائلة في درجة حرارة ثابتة .

- في الفترة الزمنية (د) تتحوّل المادة من سائلة إلى غازية في درجة حرارة ثابتة .

نحسب كمية الحرارة التي تتخلّى عنها الجملة (المسعر + الماء) لكي تنزل درجة حرارتها من 15 °C إلى 0 °C :

$$Q_1 = \mu c_e (0 - \theta_i) + M c_e (0 - \theta_i) = 0,125 \times 4187 \times (0 - 15) + 0,5 \times 4187 \times (0 - 15) \approx - 39253 \text{ J}$$

الإشارة (-) معناها أن الجملة (المسعر + الماء) تتخلّى عن كمية الحرارة .

نحسب كمية الحرارة التي تحتاجها قطعة النحاس لكي ترتفع درجة حرارتها من $25\text{ }^\circ\text{C}$ إلى الدرجة $0\text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_2 = m_{Cu} c_{Cu} (0 - \theta'_i) = 0,3 \times 390 \times 25 = 2925 \text{ J}$$

نلاحظ أن $Q_2 < |Q_1|$ ، إذن قطعة النحاس ليس بإمكانها خفض درجة الماء والمسرر إلى الدرجة $0\text{ }^\circ\text{C}$ ، ولهذا عندما نطبق قانون

التحويل الحراري لا ندخل فيه عامل التحويل الخاص بتغيير الحالة الفيزيائية $(L_f m)$.

لكي نحسب درجة الحرارة النهائية نكتب : $Q_1 + Q_2 = 0$ ، أي :

$$\mu c_e (\theta_f - \theta_i) + M c_e (\theta_f - \theta_i) + m_{Cu} c_{Cu} (\theta_f - \theta'_i) = 0$$

$$\theta_f = 13,3\text{ }^\circ\text{C} \text{ ، ومنه } 0,125 \times 4185 (\theta_f - 15) + 0,5 \times 4185 (\theta_f - 15) + 0,3 \times 390 (\theta_f + 25) = 0$$

- 22

1 - معدل جريان الماء هو $0,1 \text{ L}$ في كل ثانية . وبالتالي حجم الماء المسخن خلال دقيقة هو $V = 0,1 \times 60 = 6 \text{ L}$ ،

وكتلته $m = 6 \text{ kg}$ ، لأن الكتلة الحجمية للماء $\rho = 1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء : $Q = m c_e (\theta_f - \theta_i) = 6 \times 4187 \times (60 - 10)$

$$Q = 1,26 \times 10^6 \text{ J}$$

2 - التحويل الحراري الذي يولده الغاز عند احتراقه خلال 1 دقيقة : $Q' = \frac{100}{80} \times Q = 1,25 \times 1,26 \times 10^6 = 1,57 \times 10^6 \text{ J}$

3 - نحسب حجم الغاز الذي يحترق في دقيقة واحدة :

لدينا 1000 L (1 m^3) من الغاز تحرر كمية من الحرارة قدرها $2,5 \times 10^7 \text{ J}$ ، ونعلم كذلك أن في دقيقة واحدة تتحرر كمية من

الحرارة قدرها $1,57 \times 10^6 \text{ J}$ ، إذن حجم الغاز الذي يوافق هذه الطاقة هو $V = \frac{1,57 \times 10^6 \times 1000}{2,5 \times 10^7} \approx 63 \text{ L}$

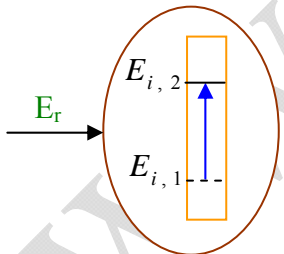
وبالتالي يكون معدل سرعة جريان الغاز $d = 63 \text{ L} / \text{mn}$ ، أي $d \approx 1 \text{ L} / \text{s}$

- 23

مساحة اللاقط هي $S = 20 \times 10 = 200 \text{ m}^2$ ، وتكون الاستطاعة الموافقة هي $P = 1000 \times 200 = 2 \times 10^5 \text{ W}$

1 - الحصيلة الطاقوية : يستقبل الماء الطاقة بواسطة الإشعاع فتزداد طاقته الداخلية :

2 - المقصود بالنظام الدائم هو الوقت الذي يلي بدء خروج الماء من اللاقط ، أي ليس في بداية عملية التسخين .



2 - مردود اللاقط 87% معناه أنه يحوّل فقط 87% من الحرارة التي يستقبلها من الشمس .

الطاقة التي يستقبلها اللاقط من الشمس على شكل كمية من الحرارة في كل ثانية هي $Q = P t = 2 \times 10^5 \times 1 = 2 \times 10^5 \text{ J}$

يحوّل اللاقط منها إلى الماء الكمية $Q' = Q \times \frac{87}{100} = 2 \times 10^5 \times 0,87 = 174 \times 10^3 \text{ J}$

حيث m هي كتلة الماء المسخن في كل ثانية ومنه : $Q' = m c_e (\theta_f - \theta_i)$

$$\theta_f = \theta_i + \frac{Q'}{m c_e} = 15 + \frac{174000}{0,8 \times 4187} = 67\text{ }^\circ\text{C}$$

- 24

1 - الطاقة الممتصة في المحوّل خلال ساعة :

لدينا : $\theta_f = 10^\circ C$, $\theta_i = T_1 = 60^\circ C$.

كتلة الماء المار في المحوّل خلال ساعة هي $M = 200$ tonnes ، لأن $1 m^3$ من الماء يكافئ كتلة قدرها $1 t$ ، لأن الكتلة الحجمية للماء هي $\rho = 1 t / m^3$.

$$Q = Mc_e (\theta_f - \theta_i) = 200 \times 10^3 \times 4187 \times (10 - 60)$$

، وهي كمية الحرارة الممتصة خلال ساعة ، أما خلال سنة تكون :

$$Q' = 4,2 \times 10^{10} \times 24 \times 365 = 3,66 \times 10^{14} J$$

$$m_P = \frac{3,66 \times 10^{14}}{42 \times 10^9} = 8700 t \quad \text{- 2 كتلة البترول هي :}$$

$$V_P = \frac{m_P}{\rho_P} = \frac{8700 \times 10^3}{800} = 10875 m^3 \quad \text{- 3 حجم البترول :}$$

- 25

1 - كمية الماء الساخن التي نزلت إلى المسعر :

في $1 mn$ نزل للمسعر $50 g$ من الماء ، أما في $11,5$ دقيقة تنزل الكمية $M = 50 \times 11,5 = 575 g$.

$$\boxed{1 \text{ calorie (cal)} = 4,187 J}$$

$$c_{Cu} = 0,1 cal / g . K = \frac{0,1 \times 4,187}{10^{-3}} = 418,7 J . kg^{-1} . K^{-1} \quad \text{السعة الحرارية الكتلية للنحاس :}$$

كان من الأحسن إعطاء السعة الحرارية الكتلية للنحاس $0,093 cal / g . K$ لكي نجدها بجوار $390 J . kg^{-1} K^{-1}$.

$$c_e = 1 cal / g . K = \frac{1 \times 4,187}{10^{-3}} = 4187 J . kg^{-1} . K^{-1} \quad \text{السعة الحرارية الكتلية للماء :}$$

$$c_g = 0,5 cal / g . K = \frac{0,5 \times 4,187}{10^{-3}} \approx 2093 J . kg^{-1} . K^{-1} \quad \text{السعة الحرارية الكتلية للجليد :}$$

ملاحظة : بإمكانك ترك السعة الحرارية الكتلية لكل مادة بالوحدة $(cal . g^{-1} . K^{-1})$ وكتلة المادة بـ g ، فتجد كمية الحرارة بالحريرة (cal) ثم حوّلها للجول (J) ، وذلك بضربها في $4,187$.

حساب السعة الكتلية لانصهار الجليد :

$$Mc_e (\theta_f - \theta_i) + m_{Cu} c_{Cu} (\theta_f - \theta'_i) + L_f m_g + m_g c_g (\theta_f - \theta'_i) = 0$$

سائل .

$$0,575 \times 4187 \times (0 - 80) + 390 \times 0,5 \times (0 - (-20)) + 0,5 L_f + 0,5 \times 2093 \times (0 + 20) = 0$$

$$-192602 + 3900 + 20930 + 0,5 L_f = 0$$

$$L_f = 3,35 \times 10^5 J . kg^{-1}$$

2 - لتكن M' كتلة الماء الساخن التي أضفناها للمسعر عندما كانت درجة حرارة هذا الأخير 0°C . وذلك من أجل رفعها إلى درجة الحرارة 20°C .

إذن نحن بصدد رفع درجة حرارة كمية من الماء كتلتها $500 + 575 = 1075\text{ g}$ من درجة الحرارة 0°C إلى الدرجة 20°C .

<p>500 g (التي كانت جليدا) + 575 g (الماء الساخن المضاف)</p>
--

المسعر في الدرجة 0°C

$$M'c_e(20-80) + m_{Cu}c_{Cu}(20-0) + m_g c_e(20-0) = 0$$

$$-4187 \times 60 \times M' + 0,5 \times 390 \times 20 + 1,075 \times 4187 \times 20 = 0$$

$$M' = 374\text{ g} \text{ ، ومنه : } -251220 \times M' + 3900 + 90020 = 0$$

في كل دقيقة يمر 50 g من الماء الساخن ، إذن المدة التي تمر فيها M' هي

$$t = \frac{374}{50} = 7,48\text{ mn} \text{ ، أي حوالي } 7\text{ mn } 30\text{ s} .$$

كتلة الماء الكلية في المسعر هي : $M = 1075 + 374 = 1449\text{ g}$

3 - يحدث التحويل الحراري من قطعة الألمنيوم للجملة (المسعر + الماء) ، حيث :

$$M c_e(25,2-20) + m_{Cu}c_{Cu}(25,2-20) + m_{Al}c_{Al}(25,2-100) = 0 \text{ ، ومنه :}$$

$$c_{Al} = \frac{31548 + 1014}{37,4} = 871\text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

4 - المقصود بثبوت الحجم في السؤال هو أن حجم الغاز يبقى ثابتا عندما نجري التجربة .

التحويل الحراري الذي يتبادله غاز مثالي هو $Q = nC(\theta_f - \theta_i)$ ، حيث n هو عدد مولات الغاز (كمية مادته) ، C السعة الحرارية المولية للغاز .

نقول الحجم المولي $V_M = 22,4\text{ L}$ في الشروط النظامية وليس في الشروط العادية !

$$n = \frac{V}{V_M} = \frac{20}{22,4} = 0,893\text{ mol}$$

$$m_{Al}c_{Al}(95,9-100) + nc(95,5-0)$$

$$0,5 \times 871 \times (-4,1) + 0,893 \times c \times 95,9 = 0$$

$$c = 20,9\text{ J.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$