

أمثلة محلولة

١. يتم تسخين 0.05kg من المعدن الى درجة الحرارة 200°C ثم اسقطت في إناء يحتوي على 0.4kg ماء في درجة الحرارة 20°C. اذا كانت درجة حرارة التوازن النهائية للنظام المختلط هو 22.4°C. جد السعة الحرارية لقطعة المعدن واحسب كمية الحرارة الكلية الواجب انتقالها الى الماء نتيجة تبريد قطعة المعدن؟

الحل:

الحرارة المفقودة من المعدن = الحرارة المكتسبة من قبل الماء

$$m c_x (T_i - T_f) = m_w c_w (T_f - T_i)$$

$$(0.05\text{kg})c_x(200^\circ\text{C}-22.4^\circ\text{C})=(0.4\text{kg})(4186\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})(22.4^\circ\text{C}-20^\circ\text{C})$$

$$c_x=452.5\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$Q=mc\Delta T$$

$$Q=0.05\times 452.5\times(200-22.4)$$

$$Q=4018.2\text{J}$$

٢. رجل يطلق رصاصة من الفضة كتلتها 2g بسرعة 200m/s نحو جدار. احسب التغير في درجة حرارة الرصاصة عند اصطدامها بالجدار؟

الحل:

تكتسب الرصاصة طاقة حركية تتحول الى حرارة عند اصطدامها بالجدار وبهذا يتضح ان الحرارة صورة من صور الطاقة. وان الطاقة الحركية للرصاصة

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-3} \times (200)^2 = 40\text{J}$$

$$Q=mc\Delta T$$

$$\Delta T=Q/mc = \frac{40}{2 \times 10^{-3} \times 234} = 85.47^\circ\text{C}$$

ملاحظة:

السعة الحرارية النوعية للفضة تساوي 234 J/kg. °C. تتناقص السعة الحرارية والسعة الحرارية النوعية لجميع المواد بانخفاض درجة الحرارة وتصل الى قيمة الصفر عند درجة حرارة الصفر المطلق.

٣. سخنت قطعة من النحاس كتلتها 100g الى درجة حرارة 100 °C ونقلت الى مسعر نحاسي جيد العزل كتلته 50g يحتوي على 200g من الماء عند درجة حرارة 10 °C، جد القيمة النهائية لدرجة حرارة المسعر علماً ان الحرارة النوعية للماء تساوي $4.2 \times 10^3 \text{J/kg} \cdot \text{K}$ وللمسعر وقطعة النحاس تساوي $0.4 \times 10^3 \text{J/kg} \cdot \text{K}$

الحل

$$Q=mc\Delta T$$

$$\Delta T_{\text{نحاس}}=(100-T_2)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{ماء+مسعر}}=(T_2-10)^\circ\text{C}$$

كمية الحرارة التي فقدتها قطعة النحاس

$$Q=100 \times 0.4 \times 10^3 \times (100-T_2)^\circ\text{C}$$

كمية الحرارة التي اكتسبها المسعر والماء

$$Q=50 \times 0.4 \times 10^3 \times (T_2-10)^\circ\text{C} + 200 \times 4.2 \times 10^3 \times (T_2-10)^\circ\text{C}$$

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

$$100 \times 0.4 \times 10^3 \times (100-T_2)^\circ\text{C} = 50 \times 0.4 \times 10^3 \times (T_2-10)^\circ\text{C} + 200 \times 4.2 \times 10^3 \times (T_2-10)^\circ\text{C}$$

$$T_2=14^\circ\text{C}$$

٤. ما السرعة التي يجب ان تتحرك بها طلقة درجة حرارتها 30°C وذلك ليتم اذابتها بالكامل عند اصطدامها بصفيحة فولاذ. علماً ان درجة حرارة اذابتها 430°C والحرارة النوعية لمادتها $c=0.031 \text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ والحرارة الكامنة للانصهار لمادة الطلقة $L=5.0 \text{cal/g}$.

الحل: نعتبر ان الطاقة الحركية للرصاصة E قد تحولت الى طاقة حرارية Q_1 رفعت درجة الحرارة 430°C وكذلك الى طاقة اذابة Q_2 اي ان

$$E=Q_1+Q_2$$

$$Q_1 = mc(T_2 - T_1)$$

$$Q_1=mx0.031(430-30)=12.4m \text{ cal /g}$$

$$Q_2=mL=5m \text{ cal /g}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = 12.4m + 5m = (12.4 + 5)m \text{ cal/g} = 17.4m \text{ cal/g}$$

$$v^2 = 38.4 \times 4.186 \text{J} / (1/10^{-3} \text{kg}) = 145672.8 \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$v = \sqrt{145672.8} = 381.67 \text{m/s}$$

٥. مسعر من النحاس (can) كتلته 320g يحتوي على ثلج (ice) كتلته 60g ودرجة حرارته صفر مئوية. ارسل تيار بخاري (steam) حرارته 100°C وكتلته 15g داخل المسعر. ما درجة الحرارة النهائية للمسعر ومحتوياته؟ علما ان $L_w=80\text{cal/g}$ ، $C_{\text{can}}=0.093\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ ، $L_{\text{steam}}=539\text{cal/g}$ ، $c_w=1\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$

الحل:

$$Q_{\text{ice}} + Q_{\text{can}} = Q_{\text{steam}}$$

$$Q_{\text{ice}} = m[L + c(T - 0)] = 60[80 + (T - 0)] \\ = (4800 + 60T)\text{cal}$$

$$Q_{\text{can}} = mc\Delta T = 320 \times 0.093(T - 0) = 29.76T \text{ cal}$$

$$Q_{\text{steam}} = mL + mc\Delta T$$

$$(4800 + 60T) + 29.6T = 15 \times 539 + 15(100 - T)$$

$$4800 + 60T + 29.6T = 8085 + 1500 - 15T = 9585 - 15T$$

$$104.6T = 9585 - 4800 = 4786$$

$$T = 4786 / 104.6$$

$$T = 45.76^\circ\text{C}$$

٦. غلاية كهربائية فيها عنصر تسخين قدرته 2750 W وسعة حرارية 530J/K فاذا وضع فيها 1.7 kg ماء والسعة الحرارية النوعية للماء 4200 J/kg.K، كم من الوقت يلزم لكي ترتفع درجة حرارة الغلاية والماء من 20 °C إلى 100 °C؟

الحل:

$$\Delta Q = (C + cm)\Delta T$$

$$\Delta T = T_f - T_i = 100 - 20 = 80^\circ\text{C} = (80 + 273)\text{K} = 353\text{K}$$

$$\Delta Q = (530\text{J/K} + 4200\text{J/kg}\cdot\text{K} \times 1.7\text{kg}) \times 353\text{K}$$

$$Q = 2707510\text{J}$$

معدل التجهيز حسب قيمة قدرة عنصر التسخين هو 2750 J/s.

$$t = \frac{2707510\text{J}}{2750\text{J/s}} = 984.54\text{s}$$

٧. ما مقدار الطاقة اللازمة لتحويل ماء الغلاية (1.7 kg) من ماء مغلي الى بخار في نفس الدرجة؟ اذا علمت ان الحرارة الكامنة لتبخر الماء تساوي $2.3 \times 10^6 \text{ J/kg}$ وما مقدار الفترة الزمنية لذلك؟

$$\Delta Q = mL$$

$$\Delta Q = (1.7 \text{ kg})(2.3 \times 10^6 \text{ J/kg}) = 3.9 \times 10^6 \text{ J}$$

فأذا كانت قدرة التجهيز حسب قيمة قدرة عنصر التسخين هو 2750 J/s فإن الزمن اللازم هو

$$t = \frac{3.9 \times 10^6 \text{ J}}{2750 \text{ J/s}} = 1418 \text{ s}$$

وهو زمن اطول من الزمن اللازم للوصول الى الغليان.

الحرارة والشغل:

الحرارة والشغل هما الشكلان الوحيدان للطاقة يتواجدان فقط اثناء اجتيازهما لحدود الكيان.

عندما يدخلان الشغل او الحرارة حدود الكيان ينتهي وجودهما كشغل او حرارة ويتحولان الى طاقة مخزونة كالتاقة الداخلية وغيرها.

مثال: ماء المطر فعندما يهطل المطر على البحر يتحول الى ماء إضافي في البحر ولا يسمى بعدئذ مطر فالماء ضمن البحر (ماء مخزون) يشبه الطاقة المخزونة.

ان الحرارة او الشغل تمثل ظاهرة حدودية تلاحظ عند حدود الكيان فقط، أي انها ظاهرة وقتية.

ان إعطاء الحرارة الى الكيان يتم بأكثر من طريقة مثلا: بالتسخين المباشر او الاحتكاك الميكانيكي او مرور التيار الكهربائي او التفاعل الكيمياوي وغيرها.

المكافئ الميكانيكي للحرارة: The mechanical equivalent of Heat

تعتبر الحرارة شكل من اشكال الطاقة التي يمكن تحويلها الى طاقة ميكانيكية أو بالعكس. المكافئ الميكانيكي: هو معامل تحويل ما بين الطاقة الحرارية والميكانيكية وحداته (جول/سعره J/cal). وجد العالم جول ان هناك علاقة طردية بين طاقة الوضع والارتفاع في درجة الحرارة، وان ثابت التناسب يساوي 4.186J/cal. هذا يعني ان مقدار 4.186J من الطاقة تلزم لرفع درجة حرارة واحد غرام من الماء درجة مئوية واحدة. العالم جول اوجد العلاقة بين الشغل والطاقة الحركية، حيث **J** مكافئ التحويل وحسب العلاقة الاتية:

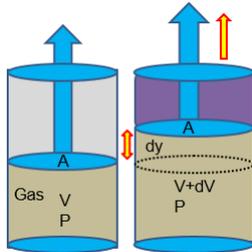
$$W = JQ$$

$$1\text{cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1\text{kcal} = 4186 \text{ J}$$

الشغل والتغير في الحجم :

ان الشغل المبذول على جسم مادي يساوي التغير في الطاقة الحركية للجسم. كما يمكن ان يكون هناك شغل لا يصاحبه تغير في الطاقة الحركية أو طاقة الوضع (الطاقة الكامنة) مثل الشغل المبذول على غاز عندما يسלט عليه ضغط أو كما في حالة الشغل المبذول بوساطة بطارية كهربائية لشحن متسعة كهربائية. لدراسة الشغل عند تغير الحجم (ثبوت الضغط) نفترض نظام كما في الشكل (اسطوانة ذات مكبس متحرك سهل الحركة دون احتكاك وبها كمية من غاز معين ومعزولة عزلاً تاماً من السطح الجانبي)، ونفرض انه في حالة الاتزان الابتدائية كان حجم الغاز V وضغطه P . فإذا اعطي الغاز كمية من الحرارة Q فانه سوف يتمدد ويدفع المكبس مسافة dy يعود بعدها الغاز الى حالة الاتزان مره اخرى. ويثبت المكبس عند هذا الوضع، وعليه يزداد الحجم بمقدار dV أي ان النظام يتمدد Expand.



اذن القوة dF المؤثرة (بوساطة الغاز) على عنصر المساحة dA (المكبس) هي

$$dF = P dA$$

بما ان المساحة dA تحركت مسافة dy فان الشغل المبذول بوساطة القوة (الغاز) هو dF

$$dF dy = P dA dy$$

$$dW = PdV$$

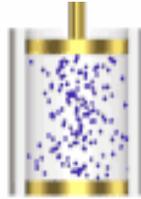
وفي حالة تحريك المكبس مسافة كبيرة فان قيمة الشغل المبذول بوساطة الغاز هي W

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P(V_2 - V_1)$$

من هذه المعادلة يمكن حساب الشغل في حالة تغير الحجم من الحالة الابتدائية V_1 الى الحالة النهائية V_2 . وبالتعويض عن وحدة الضغط مثلاً (N/m^2) ووحدة الحجم مثلاً (m^3) نجد ان الوحدة الناتجة هي وحدة طاقة أو شغل وهي (J) .

القانون الاول في الثرموداينمك: **First Law of Thermodynamics**

ينص القانون الاول للديناميكا الحرارية على ان (الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم ولكن تتحول من شكل الى اخر). اي ان الطاقة تكون دائماً محفوظة، اي لا يمكن استحداثها أو افنائها ولكن يمكن تحويلها من شكل الى اخر. فلو تصورنا ان حجماً معيناً من غاز V_1 في درجة حرارة T_1 وتحت ضغط P_1 موجود في مكبس الشكل الاسفل، فاذا قل حجم الغاز الى حجم V_2 وانخفضت درجة حرارته الى T_2 فان الضغط سيزداد الى P_2 . ان الانتقال من الحالة الاولى (V_1, T_1, P_1) الى الحالة الجديدة (V_2, T_2, P_2) يمكن ان يتم بعدة طرق منها



١. زيادة الضغط ثم خفض درجة الحرارة.
٢. خفض درجة الحرارة أولاً ثم زيادة الضغط المسلط على الغاز ثانياً.

ان عملية انجاز الشغل وسحب كمية من الحرارة سوف يغير من الطاقة الداخلية للغاز اي ان

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

تسمى المعادلة أو العلاقة السابقة بالقانون الاول للثرموداينمك. ان اشارة ΔQ تكون **موجبة** اذا اضيفت الحرارة **الى الغاز** (النظام) و**سالبة** اذا **سحبت** منه الحرارة. و**اشارة ΔW** تكون **موجبة** اذا انجز الغاز (النظام) شغلاً **اضافياً** و**سالباً** اذا انجز الشغل على الغاز (النظام) فان صافي التغيير في الطاقة الداخلية ΔU هو دائماً نفسه، **اي ان كلا من ΔQ و ΔW يتغير ولكن مجموع تغيرهما يكون ثابتاً.**

هل تعلم

ان القانون الصفري في الثرموداينمك ينص على (إذا وجد جسمين معزولين وكلاً منهما في حالة اتزان حراري مع جسم ثالث فإن ذلك يؤدي إلى أن الجسمين أيضاً في حالة اتزان حراري مع بعضهما البعض). ويعتبر هذا القانون الأساس لفكرة الثرموتر المستخدم لقياس درجات الحرارة.

