R

تمارين حول : الطاقة الحرارية والانتقال الحراري .

تمرين 1

يحتوي مسعر ، نعتبره معزولا حراريا على كمية من ماء بارد كتلتها $m_1 = 300g$ ، ودرجة حرارتها $\theta_1 = 20°C$.
نضيف إليها كمية من ماء ساخن كتلتها $m_2 = 400g$ ودرجة حرارتها $\theta_2 = 61°C$. وبعد ذلك نلاحظ أن درجة حرارة الخليط تستقر عند $\theta = 42°C$.

1 ـ أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للمجموعة { المسعر ، الماء البارد} . واستنتج الطاقة الحرارية Q_1 المكتسبة من طرف الماء البارد

2 ـ أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للماء الساخن واستنتج الطاقة الحرارية Q_2 التي فقدها الماء الساخن .

3 ـ بتطبيق المبدأ الأول للتيرموديناميك أحسب الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف المسعر .

4 ـ أستنتج السعة الحرارية للمسعر . نعطي الحرارة الكتلية للماء $C_e = 4180J.kg^{-1}K^{-1}$ و الكتلة الحجمية للماء :

تمرين 2

يحتوي مسعر سعته الحرارية $\mu_C = 190JK^{-1}$ ، على كمية من الماء كتلتها $m_1 = 200g$ ودرجة حرارته $\theta_1 = 20°C$ ، توجد المجموعة في توازن حراري .

ندخل في المسعر قطعة من النحاس ، كتلتها $m_2 = 50g$ ودرجة حرارتها $\theta_2 = 70°C$.

بعد قليل تستقر درجة الحرارة داخل المسعر عند القيمة $\theta = 20,9°C$.

أحسب الحرارة الكتلية للنحاس . نعطي : الحرارة الكتلية للماء $C_e = 4180J.kg^{-1}K^{-1}$

تمرين 3

ندخل كمية من الماء كتلتها $m_1 = 200g$ ودرجة حرارتها $\theta_1 = 15°C$ إلى مبرد درجة حرارته $\theta_2 = -5°C$.

أحسب كمية الحرارة التي فقدتها هذه الكمية من الماء خلال تحولها إلى قطعة جليد .

نعطي : الحرارة الكتلية للماء $C_e = 4180J.kg^{-1}K^{-1}$ و $L_{fus} = 335kJ.kg^{-1}$ الحرارة الكامنة لانصهار الجليد .

تمرين 4

1 ـ ينصهر الرصاص ، تحت الضغط الجوي الاعتيادي عند درجة الحرارة $327°C$. ما هي كمية الحرارة اللازمة لانصهار $50kg$ من الرصاص عند نفس درجة الحرارة ؟

2 ـ أحسب كتلة الجليد المأخوذ عند درجة الحرارة $0°C$ والذي يمكن انصهاره بنفس كمية الحرارة ,

نعطي : الحرارة الكامنة لانصهار الجليد : $L_{fus} = 335kJ.kg^{-1}$ و الحرارة الكامنة لانصهار الرصاص : $L_{fPb} = 23kJ.kg^{-1}$

تمرين 5

نأخذ قطعة من جليد ، كتلتها $m = 50g$ ، عند درجة الحرارة $\theta_1 = -20°C$. ونزودها بكمية من الحرارة $Q = 5,45kJ$.

1 ـ أحسب كتلة الماء السائل الذي ظهر .

2 ـ ما هي كمية الحرارة اللازمة للحصول على ماء عند درجة الحرارة $\theta_2 = 20°C$ ؟

نعطي الحرارة الكتلية للجليد : $C_g = 2,10kJ.kg^{-1}K^{-1}$ الحرارة الكتلية للماء : $C_e = 4,18kJ.kg^{-1}K^{-1}$ الحرارة الكامنة لانصهار الجليد : $L_{fus} = 335kJ.kg^{-1}$

الأجوبة : $m' = 10g$ و $Q = 23,0kJ$

تمرين 6

1 ـ ندخل في مسعر سعته الحرارية $\mu = 200J.K^{-1}$ ودرجة حرارته θ_0 ، كتلة $m_1 = 100g$ من الماء درجة حرارته $\theta_1 = 25°C$. تحت ضغط جوي عند التوازن الحراري تكون درجة حرارة المجموعة { المسعر + الماء } هي : $\theta_f = 24°C$.

1 ـ 1 بين أ، المسعر اكتسب طاقة حرارية ، تم اعط تعبيرها بدلالة μ, θ_0, θ_f .

1 ـ 2 اعط تعبير الطاقة الحرارية التي فقدتها كتلة الماء بدلالة $m_1, \theta_1, \theta_f, C_e$ (الحرارة الكتلية للماء)

1 ـ 3 استنتج قيمة θ_0 درجة حرارة المسعر البدئية .

2 ـ نعتبر قطعة من الجليد كتلتها $m_g = 80g$ ودرجة حرارته $\theta_g = -10°C$ تحت الضغط الجوي .

2 ـ 1 احسب الطاقة الحرارية الدنوية واللازمة**للانصهار الكلي** لقطعة الجليد .

2 ـ 2 ندخل في المسعر السابق الذي يحتوي على $m_2 = 200g$ من الماء عند درجة حرارة $\theta_2 = 20°C$ قطعة الجليد السابقة التي درجة حرارتها $\theta_g = -10°C$ ، تحت الضغط الجوي ، عند التوازن الحراري تستقر درجة الحرارة عند $\theta'_f = 0°C$. بين أن قطعة الجليد تنصهر جزئيا . واستنتج كتلة الجليد المتبقي عند التوازن
نعطي : الحرارة الكتلية للجليد : $C_g = 2,10kJ.kg^{-1}K^{-1}$ والحرارة الكتلية للماء : $C_e = 4,18kJ.kg^{-1}K^{-1}$
والحرارة الكامنة لانصهار الجليد $L_{fus} = 335kJ.kg^{-1}$

تمرين 7

نريد الحصول على 1ℓ من الماء درجة حرارته $\theta = 40°C$ بمزج كميتين من الماء كتلتاهما m_1 و m_2 ودرجة حرارتهما على التوالي $\theta_1 = 20°C$ و $\theta_2 = 80°C$ في إناء كظيم .
1 ـ أحسب الكتلتين m_1 و m_2 . نعطي الكتلة الحجمية للماء السائل : $\rho_{eau} = 1kg/\ell$.
2 ـ نسخن 1ℓ من الماء درجة حرارته $\theta = 40°C$ إلى أن يتبخر كليا عند درجة الحرارة $\theta_e = 100°C$. أحسب كمية الحرارة المكتسبة من طرف 1ℓ من الماء خلال هذه العملية .
3 ـ نجعل كمية بخار الماء المحصل عليه عند درجة الحرارة $\theta_e = 100°C$ تتكاثف في إناء كظيم به $m_0 = 500g$ من الحليب ، فنلاحظ ارتفاع درجة حرارة الحليب من $\theta_1 = 20°C$ إلى $\theta_2 = 80°C$. أحسب الكتلة m' للبخار المتكاثف ، علما أن الإناء اكتسب $Q_C = 1000J$
الحرارة الكتلية للماء أو الحليب : $C_e = 4,18kJ.kg^{-1}K^{-1}$ والحرارة الكامنة لتبخر الماء : $L_V = 2250.10^3 J.kg^{-1}$

تمرين 8

1 ـ نتوفر على إناء معدني يحتوي على 1ℓ من الماء عند درجة حرارة $\theta_1 = 18°C$ ولتسخين هذا الماء نضع الإناء على صفيحة كهربائية ، قدرتها $P = 1200J$. إذا كان مردود التسخين هو 65% ، احسب مدة التسخين اللازمة لجعل الماء في حالة الغليان ($100°C$ تحت الضغط الجوي)
2 ـ نوصل الغليان لمدة $5\,min$ قبل رفع الإناء من فوق الصفيحة . أحسب حجم الماء المتبقي في الإناء .
الحرارة الكتلية للماء: $C_e = 4,18kJ.kg^{-1}K^{-1}$ والحرارة الكامنة لتبخر الماء : $L_V = 2250.10^3 J.kg^{-1}$

تصحيح تمارين حول القياسات المسعرية

تمرين 1

1 ـ تعبير الطاقة الداخلية للمجموعة ﴿ المسعر ، الماء البارد ﴾ :

$\Delta U_1 = Q_1 + Q'$. Q_1 الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف الماء البارد و Q' الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف المسعر .

كمية الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف الماء البارد هي :

$$Q_1 = m_1 C_e (\theta - \theta_1) = 0,3 \times 4180 \times 22 = 27588J$$

2 ـ تغير الطاقة الداخلية للماء الساخن : $\Delta U_2 = Q_2$ ونستنتج كمية الطاقة الحرارية الممنوحة من طرف الماء الساخن :

$$Q_2 = m_2 C_e (\theta - \theta_2) = -0,4 \times 4180 \times 19 = -31867J$$

3 ـ الطاقة المكتسبة من طرف المسعر هي :

بما أن المجموعة ﴿ المسعر ، الماء ﴾ لاتبادل الطاقة مع المحيط الخارجي لأن المسعر حافظة كطيمة ونعتبر أن التبادل بالشغل كذلك منعدم وحسب المبدأ الأول للتيرموديناميك لدينا عند التوازن الحراري :

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q_1 + Q_2 + Q' = 0$$

بحيث أن Q' هي كمية الحرارة المكتسبة من طرف المسعر . $Q' = \mu_C (\theta - \theta_1)$

و $Q' = -Q_1 - Q_2 = -27588J + 31768J = 4180J$

4 ـ نستنتج السعة الحرارية للمسعر :

$$Q' = \mu_C (\theta - \theta_1) \Rightarrow \mu_C = \frac{Q'}{(\theta - \theta_1)}$$

تطبيق عددي : $\mu_C = 190J.K^{-1}$

تمرين 2

حساب الحرارة الكتلية للنحاس :

بما أن المسعر حافظة كطيمة أي ليس هناك تبادل طاقة حرارية مع المحيط الخارجي وكذلك ليس هناك تبادل الشغل مع المحيط الخارجي فإن $\Delta U = 0 \Rightarrow Q_1 + Q' + Q_2 = 0$

بحيث أن $Q_1 = m_1 C_e (\theta - \theta_1)$ الطاقة المكتسبة من طرف الماء البارد و $Q'_1 = \mu_C (\theta - \theta_2)$ الطاقة المكتسبة من طرف المسعر ولوازمه . و $Q_2 = m_2 C_{Cu} (\theta - \theta_2)$ الطاقة الممنوحة لقطعة النحاس . وحسب العلاقة السابقة نكتب :

$$m_1 C_e (\theta - \theta_1) + \mu_C (\theta - \theta_1) + m_2 C_{Cu} (\theta - \theta_2) = 0$$

$$C_{Cu} = \frac{(m_1 C_e + \mu_C)(\theta - \theta_1)}{(\theta_2 - \theta)}$$

تطبيق عددي : $C_{Cu} \simeq 376J.K^{-1}$

تمرين 3

حساب كمية الحرارة المفقودة من طرف الماء خلال تحوله إلى جليد :

خلال تحول الماء إلى جليد تغيرت طاقته الداخلية من U_i إلى U_f بحيث أن $\Delta U = Q$. نحسب الطاقة الحرارية Q :

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ بحيث أن $Q_1 = m_1 C_e (\theta_f - \theta_1)$ الطاقة الحرارية التي فقدها الماء قبل أن تتغير حالته الفيزيائية

$Q_2 = m_1 L_s$ كمية الحرارة التي فقدها الجسم خلال التجمد . و $Q_3 = m_1 C_e (\theta_2 - \theta_F)$ كمية الحرارة التي فقدتها قطعة الجليد

عندما غيرت حالتها الفيزيائية . $\Delta U = m_1 C_e (\theta_f - \theta_1) + Q_2 + m_1 L_s + m_1 C_e (\theta_2 - \theta_F) = -81,25kJ$

وبالتالي فالطاقة المفقودة من طرف كتلة الماء خلال تحولها إلى جليد هي : $Q = -81,25kJ$

تمرين 4

1. الحرارة اللازمة لانصهار $m = 50kg$ من الرصاص عند نفس درجة الحرارة $327°C$

$$Q = m.L_f$$

تطبيق عددي : $Q = 1150kJ$

2. كتلة الجليد m' المأخوذة عند درجة الحرارة $0°C$ والتي يمكن أن تنصهر بنفس كمية الحرارة السابقة :

$$Q = m'.L_f\,(g) \Rightarrow m' = \frac{Q}{L_f}$$

تطبيق عددي : $m' = 3,43kg$

تمرين 5

1 ـ حساب كتلة الماء السائل الذي ظهر :

ارتفاع درجة الحرارة لقطعة الجليد من $-20°C$ إلى $0°C$ تكتسب قطعة الجليد كمية من الحرارة بحيث :

$$Q = m_g C_g (\theta_f - \theta_g) + m'.L_f$$

m' كتلة الماء التي انصهرت خلال تغير الحالة الفيزيائية للجليد .

$$m' = \frac{Q - m_g C_g (\theta_f - \theta_g)}{L_f}$$

تطبيق عددي : $m' = 10g$

2. كمية الحرارة اللازمة للحصول على ماء عند درجة الحرارة $\theta_2 = 20°C$:

لرفع درجة حرارة قطعة الجليد من $-20°C$ إلى $\theta_2 = 20°C$ تكتسب قطعة الجليد طاقة حرارية Q بحيث أن :

$$Q = Q_1 + Q_1' + Q_2$$

Q_1 الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف قطعة الجليد قبل أن تتغير حالتها الفيزيائية أي قبل الإنصهار الكلي للجليد :

$$Q_1 = m_g C_g (\theta_f - \theta_g) = 2100J$$

الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف قطعة الجليد خلال تغير حالتها الفيزيائية

$$Q_1' = m_g L_f = 16750J$$

Q_2 الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف قطعة الجليد عندما أصبحت حالتها الفيزيائية سائلة أي الانصهار الكلي للقطعة :

$$Q_2 = m_e C_e (\theta_2 - 0°C) = 4180J$$

وبالتالي $Q = 23,03kJ$

تمرين 6

1 . 1 نبين أن المسعر اكتسب طاقة حرارية :

حسب المعطيات أن درجة الحرارة النهائية $\theta_f = 24°C$ هي محصورة بين θ_0 درجة حرارة المسعر ودرجة حرارة الماء $\theta_1 = 25°C$ أي أن $\theta_0 < \theta_f < \theta_1 \Rightarrow \theta_f - \theta_0 > 0$

والطاقة الحرارية المتبادلة مع المسعر هي $Q_2 = \mu_C (\theta_f - \theta_0) > 0$ مما يبين أن هذه الطاقة مكتسبة من طرف المسعر .

2 . 1 تعبير الطاقة الحرارية التي فقدتها كتلة الماء : $Q_1 = m_e C_e (\theta_f - \theta_1)$

3 . 1 استنتاج قيمة θ_0 حسب المبدأ الأول للتيرموديناميك أن تغير الطاقة الداخلية للمسعر هي : $\Delta U = Q + W = 0$

لأن المسعر عازل حراري والشغل الميكانيكي مهمل أي أن التبادل الطاقي مع المحيط الخارجي منعدم .

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow \mu_C (\theta_f - \theta_0) + m_e C_e (\theta_f - \theta_1) = 0$$

$$\theta_0 = \frac{m_e C_e}{\mu_C} (\theta_f - \theta_1) + \theta_f$$

تطبيق عددي : $\theta_0 = 21,9°C$

1 . 2 الطاقة الحرارية الدنوية اللازمة للانصهار الكلي للقطعة الجليد :

Q_{min} الطاقة الحرارية الدنوية لانصهار الكلي للجليد :

$$Q_{min} = m_g . L_F + m_g C_g (0°C - \theta_g) = 28480J$$

2 . 2 لنبين أن قطعة الجليد تنصهر جزئيا :

عند إدخال قطعة الجليد في المسعر السابق هنا تبادل الحرارة بين ﴿ المسعر +الماء ﴾ وقطعة الجليد ، بحيث أن ﴿ المسعر +الماء ﴾ اختفظت درجة حرارتهما أي أن المجموعة ﴿ المسعر +الماء ﴾ منحت كمية من الحرارة لقطعة الجليد

$$Q_1' = (m_2 C_e + \mu_C)(\theta_f' - \theta_2) = -20720J$$

هذه اكتسبتها قطعة الجليد . ونعلم حسب السؤال السابق أن الطاقة الحرارية الدنوية للانصهار الكلي للجليد هي $Q_{min} = 28480J$ وبالتالي أن $|Q_{min}| > |Q_1'|$ أي أن Q_1' غير كافية للحصول على انصهار كلي للجليد أي أن هناك انصهار جزئي للجليد .

حساب كتلة الجليد المنبقية :

بما أن المسعر حافظة كظيمة فالطاقة $\Delta U = 0$ أي أن $Q_1' + Q_1 = 0$

Q_1' الطاقة الممنوحة من طرف المجموعة ﴿ المسعر +الماء ﴾

Q_1 الطاقة المكتسبة من طرف قطعة الجليد

$$Q_1 = -Q_1' = 20720J$$

ونعلم أن $Q_1 = m_g C_g\left(\theta_f' - \theta_g\right) + m'L_f$ حيث أن m' كتلة الجليد التي تحولت إلى ماء سائل

$$m' = \frac{Q_1}{L_f} - \frac{m_g C_g\left(\theta_f' - \theta_g\right)}{L_f}$$

وكتلة الجليد المتبقية عند التوازن الحراري : $m = m_g - m'$

تطبيق عددي : $m' = 56,8g$ و $m = 23,2g$

تمرين 7

1 ـ حساب الكتلتين m_1 و m_2

بما أن الإناء كظيم تكون الطاقة الداخلية للمجموعة $\Delta U = 0$ أي أن $\Delta U = Q_1 + Q_2 = 0$

Q_1 الطاقة الحرارية المكتسبة من طرف الماء البارد : $Q_1 = m_1 C_1\left(\theta_f - \theta_1\right)$

Q_2 الطاقة الحرارية المفقودة من طرف الماء الساخن : $Q_2 = m_2 C_e\left(\theta_f - \theta_2\right)$

أي أن $m_1 C_e\left(\theta_f - \theta_1\right) = -m_2 C_e\left(\theta_f - \theta_2\right)$

$$m_1 = 2m_2$$

وحسب المعطيات نريد الحصول على 1ℓ من الماء أي أن $m_1 + m_2 = m$ حيث m كتلة 1ℓ من الماء وبما أن 1ℓ من الماء كتلته $1kg$ فإن

$$m_1 + m_2 = 1 \Rightarrow 3m_2 = 1$$

$$m_2 = \frac{1}{3}kg$$

$$m_1 = \frac{2}{3}kg$$

2 ـ عندما نسخن 1ℓ من الماء فدرجة حرارته ترتفع أي أن الماء اكتسب طاقة حرارية

$$Q_1 = mC_e\left(\theta_{eb} - \theta_1\right) + m.L_{ev} = 2500,8kJ$$

3 ـ حساب كتلة البخار m'

بالنسبة لكتلة البخار التي تغيرت درجة حرارتها من $100°C$ إلى $80°C$ أي أنها فقدت كمية من الحرارة $Q_1 = Q_1' + Q_1''$

Q_1' كمية الحرارة المفقودة خلال تكاثف البخار وهي : $Q_1' = m'.L_C$

Q_1'' كمية الحرارة المفقودة من طرف البخار عندما تكاثف كليا ليصبح سائلا : $Q_1'' = m'C_e\left(\theta_2 - \theta_{eb}\right)$

وبما أن $L_C = -L_V$ فإن $Q_1 = -m'.L_V + m'C_e\left(\theta_2 - \theta_{eb}\right)$

بالنسبة للحليب والإناء فقد اكتسبا كمية حرارة $Q_2 = m_0 C_e\left(\theta_2 - \theta_1\right) + Q_C$

وحسب المعادلة المسعرية :

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow -m'.L_V + m'C_e(\theta_2 - \theta_{eb}) + m_0C_e(\theta_2 - \theta_1) + Q_C = 0$$

$$m' = -\frac{m_0C_e(\theta_2 - \theta_1) + Q_C}{-L_V + C_e(\theta_2 - \theta_{eb})} = 11,2g$$

تمرين 8

الأجوبة : $V = 900m\ell$ و $\Delta t = 7mn20s$