



6. Übungsblatt: Enthalpie

21. Enthalpie (Tutorial)

Ein ideales Gas ($n = 20.0 \text{ mol}$) erfährt bei konstantem Druck eine Temperaturerhöhung von $25.5 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $50.7 \text{ }^\circ\text{C}$ (die Gaskonstante beträgt $R = 8.31446 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

- (a) Bestimmen Sie $\Delta H - \Delta U$ 4.19 kJ
- (b) Das Gas verhält sich nun „real“. Der Kompressionsfaktor Z sei temperaturabhängig und betrage 0.73 bei $25.5 \text{ }^\circ\text{C}$ und 0.94 bei $50.7 \text{ }^\circ\text{C}$. Welcher Unterschied im Wert von $\Delta H - \Delta U$ ergibt sich, wenn man ein ideales oder reales Gas annimmt? 14 kJ
- (c) Berechnen Sie $\Delta H - \Delta U$, wenn 7.50 mol eines idealen Gases von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $135 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt wird. 7.2 kJ

22. Erster Hauptsatz der Thermodynamik

Während einer isochoren Zustandsänderung werden einem idealen Gas 8.0 kJ Wärme aus der Umgebung zugeführt.

- (a) Welche Arbeit wird insgesamt geleistet? $W = 0$
- (b) Wie lautet die Änderung der innere Energie ΔU ? $+ 8 \text{ kJ}$
- (c) Das gleiche Gas erhält nun 31.5 kJ elektrische Energie von außen und verliert außerdem 10.0 kJ in Form von Wärme. Wie lautet ΔU , wenn das Gas durch Expansion 1.2 kJ Volumenarbeit leistet? $+ 20.3 \text{ kJ}$
- (d) Das Gas leistet nun 5.0 kJ Volumenarbeit durch Expansion und kann mit der Umgebung keine Wärme austauschen. Bestimmen Sie die Änderung der innere Energie ΔU . $- 5.0 \text{ kJ}$

23. Wärmekapazität

Ein Heizelement mit einer Leistung von 200 W befindet sich in 5.00 kg Wasser ($M_{\text{mol}} = 18.015 \text{ g mol}^{-1}$) und wird für exakt 2 Minute eingeschaltet wodurch sich die Temperatur um $2.87 \text{ }^\circ\text{C}$ erhöht. Bestimmen Sie die molare Wärmekapazität von Wasser. Hinweis: Bei konstantem Druck beträgt die Enthalpieänderung

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad 30.17 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$$

wobei C_p die Wärmekapazität bei konstantem Druck darstellt, die im Temperaturbereich von T_1 bis T_2 als konstant anzunehmen ist.

21

21. Enthalpie (Tutorial)

Ein ideales Gas ($n = 20.0 \text{ mol}$) erfährt bei konstantem Druck eine Temperaturerhöhung von $25.5 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $50.7 \text{ }^\circ\text{C}$ (die Gaskonstante beträgt $R = 8.31446 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

- (a) Bestimmen Sie $\Delta H - \Delta U$
- (b) Das Gas verhält sich nun „real“. Der Kompressionsfaktor Z sei temperaturabhängig und betrage 0.73 bei $25.5 \text{ }^\circ\text{C}$ und 0.94 bei $50.7 \text{ }^\circ\text{C}$. Welcher Unterschied im Wert von $\Delta H - \Delta U$ ergibt sich, wenn man ein ideales oder reales Gas annimmt?
- (c) Berechnen Sie $\Delta H - \Delta U$, wenn 7.50 mol eines idealen Gases von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $135 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt wird.

$$pV = nRT$$

$$n = 20.0 \text{ mol}$$

$$p \rightarrow p_A = p_B = p$$

$$T \nearrow T_A = 25.5^\circ\text{C} = 298.65 \text{ K}$$

$$T_B = 50.7^\circ\text{C} = 323.85 \text{ K}$$

$$a) H = U + p \cdot V$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV) = \Delta U + p_B \cdot V_B - p_A \cdot V_A =$$

$$= \Delta U + p(V_B - V_A)$$

$$\Delta H - \Delta U = p \left(\frac{nRT_B}{p} - \frac{nRT_A}{p} \right) =$$

$$= nR(T_B - T_A)$$

$$= 20.0 \text{ mol} \cdot 8.31446 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2 \text{ mol K}} \cdot$$

$$(323.85 \text{ K} - 298.65 \text{ K})$$

$$= 4190.49 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = 4.19 \text{ kJ}$$

$\underbrace{\text{N}}$

$$b) p_{\text{real}} V = z \cdot nRT$$

$$z = 0.73$$

$$z_0 = 0.94$$

$$z_A = 0.73 \quad z_B = 0.94$$

$$\Delta H - \Delta U = p \left(\frac{z_B \cdot n R T_B}{p} - \frac{z_A \cdot n R T_A}{p} \right)$$

$$= n R \cdot (z_B T_B - z_A T_A) =$$

$$= 20.0 \text{ mol} \cdot 8.31446 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$

$$\left(0.94 \cdot 323.85 \text{ K} - 0.73 \cdot 298.65 \text{ K} \right)$$

$$= 14 \text{ kJ}$$

$$21c) \quad \Delta H - \Delta U = n R \cdot (T_B - T_A) =$$

$$= 7.50 \text{ mol} \cdot 8.31446 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot (135^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$= 7171.22 \text{ J} = 7.2 \text{ kJ}$$

22. Erster Hauptsatz der Thermodynamik

Während einer isochoren Zustandsänderung werden einem idealen Gas 8.0 kJ Wärme aus der Umgebung zugeführt.

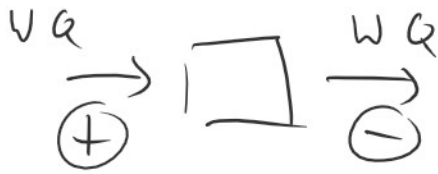
(a) Welche Arbeit wird insgesamt geleistet?

(b) Wie lautet die Änderung der inneren Energie ΔU ?

(c) Das gleiche Gas erhält nun 31.5 kJ elektrische Energie von außen und verliert außerdem 10.0 kJ in Form von Wärme. Wie lautet ΔU , wenn das Gas durch Expansion 1.2 kJ Volumenarbeit leistet?

(d) Das Gas leistet nun 5.0 kJ Volumenarbeit durch Expansion und kann mit der Umgebung keine Wärme austauschen. Bestimmen Sie die Änderung der inneren Energie ΔU .

ΔQ ΔW



$$\Delta U = W + Q$$

a) keine "nicht expansions"-Arbeit (elektr. Arbeit)
 $W = 0$

b) $\Delta U = Q = +8 \text{ kJ}$

c) $\Delta U = W_{\text{el}} - Q - W = 31.5 \text{ kJ} - 10.0 \text{ kJ} - 1.2 \text{ kJ} =$
 20.3 kJ

d) $\Delta U = W = -5.0 \text{ kJ}$

23. Wärmekapazität

Ein Heizelement mit einer Leistung von 200 W befindet sich in 5.00 kg Wasser ($M_{\text{mol}} = 18.015 \text{ g mol}^{-1}$) und wird für exakt 2 Minute eingeschaltet wodurch sich die Temperatur um 2.87°C erhöht. Bestimmen Sie die molare Wärmekapazität von Wasser. Hinweis: Bei konstantem Druck beträgt die Enthalpieänderung

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

wobei C_p die Wärmekapazität bei konstantem Druck darstellt, die im Temperaturbereich von T_1 bis T_2 als konstant anzunehmen ist.

$P = 200 \text{ W}$ $m_{\text{Wasser}} = 5.00 \text{ kg}$

$M_{\text{mol}} = 18.015 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18.015 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$

$\Delta t = 2 \text{ min} = 120 \text{ sec}$

$\Delta T = 2.87^\circ\text{C} = 2.87 \text{ K}$

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p \, dT = C_p (T_2 - T_1) = C_p \cdot \Delta T = \Delta U + p \cdot \Delta V$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{\Delta U}{\Delta T} \Rightarrow C_{p, \text{mol}} = \frac{C_p}{n} = \frac{\Delta U}{n \cdot \Delta T}$$

$$\frac{\frac{P \cdot \Delta t}{m} \cdot \Delta T}{M_{\text{mol}}} = \frac{M_{\text{mol}} \cdot P \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta T} =$$

$$\frac{18.015 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 200 \frac{\text{J}}{\text{sec}} \cdot 120 \text{ sec}}{5.00 \text{ kg} \cdot 2.87 \text{ K}} =$$

$$= 30.1296 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} = 30.1 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$$

Anmerkung flüssiges Knapp über °C

$$\rightarrow 76 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$$