

Water verwarmen met methaan

De verbrandingswarmte van methaan is $-890 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Men verbrandt $5,0 \text{ dm}^3$ methaan volledig.

- 1 Bereken de verandering van temperatuur (ΔT) van $0,50 \text{ L}$ water, als alle vrijkomende warmte hieraan ten goede zou komen. (antwoord: $96 \text{ }^\circ\text{C}$)

Kaarsvet

De verbrandingswarmte van kaarsvet is $-11\,362 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Men wil 750 mL water $20 \text{ }^\circ\text{C}$ in temperatuur laten stijgen.

- 2 Bereken hoeveel gram kaarsvet ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH(s)}$) men moet verbranden om dit te bewerkstelligen. Ga er hierbij van uit dat er geen warmteverlies optreedt aan de omgeving ($\eta = 100\%$). (antwoord: $1,6 \text{ gram}$)

Verwarmen

- 3 Hoeveel m^3 Gronings aardgas van 273 K is nodig om 250 L water van $25 \text{ }^\circ\text{C}$ aan de kook te brengen? Gebruik o.a. Binastabel 28. (antwoord: $2,4 \text{ m}^3$)
- 4 Hoeveel m^3 Gronings aardgas van 273 K is nodig om 250 L zuivere alcohol van $25 \text{ }^\circ\text{C}$ aan de kook te brengen? (antwoord: $0,80 \text{ m}^3$)

Van ijs naar stoom

- 5 Hoeveel energie (in J) is nodig om 20 g ijs van $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ over te voeren in stoom van $100 \text{ }^\circ\text{C}$? Laat significantie buiten beschouwing. (antwoord: 60680 J)

Kaars verbranden, water verwarmen

Aernoud gebruikt een kaars om 100 mL water van 10 °C te verwarmen. Zijn kaars heeft een diameter van 2,0 cm is gemaakt van stearinezuur ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$, $\rho = 0,94 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Bij het verwarmen van het water gaat er veel warmte verloren. Er is sprake van een rendement van slechts 30%. Nadat de kaars 0,50 cm is afgebrand, meet Aernoud de temperatuur van het water.

- 6 Bereken de reactiewarmte voor de verbranding van stearinezuur in $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ stearinezuur. Maak bij je berekening gebruik van:
 - Molecuulformule van stearinezuur is $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
 - Vormingswarmte van stearinezuur is $-9,48 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$
 - De kaars wordt volledig verbrand
 - Ga er van uit dat er gasvormig water ontstaat.
 - Gebruik Binastabel 57
- 7 Bereken de eindtemperatuur van het water. Maak bij je berekening gebruik van:
 - Je antwoord op vraag 1
 - Dichtheid van stearinezuur: $\rho = 0,94 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Uitwerkingen

- 1 Methaan: $V = 5,0 \text{ dm}^3$

$$\rho = 0,72 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 0,72 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$m = \rho \cdot V = 5,0 \cdot 0,72 = 3,6 \text{ g}$$

$$M = 16,042 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3,6}{16,042} = 0,224 \text{ mol}$$

Verbrandingswarmte = $-890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (negatief betekent dat het vrijkomt, exotherm)

$$Q = 890 \cdot 10^3 \cdot 0,224 = 199\,726 \text{ J}$$

Deze warmte wordt gebruikt om water te verwarmen:

Water: $m = 0,998 \cdot 500 \text{ g} = 499 \text{ g} = 0,499 \text{ kg}$ ($\rho = 0,998 \text{ g/mL}$)

$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$199\,726 = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,499 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{199726}{4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,499} = \underline{\underline{96 \text{ } ^\circ\text{C}}}$$

- 2 Water: $m = 0,998 \cdot 750 = 748,5 \text{ g} = 0,7485 \text{ kg}$ ($\rho = 0,998 \text{ g/mL}$)

$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta T = 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 20 \text{ K}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,7485 \cdot 20 = 62\,575 \text{ J}$$

Kaarsvet: Verbrandingswarmte = $-11\,362 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n = \frac{Q}{\text{Verbr. warmte}} = \frac{62575}{11362 \cdot 10^3} = 0,0055 \text{ mol}$$

$$M = 284,468 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = n \cdot M = 0,0055 \cdot 284,468 = \underline{\underline{1,6 \text{ g}}}$$

- 3 Water: $m = 0,998 \cdot 250 \text{ kg} = 249,5 \text{ kg}$ ($\rho = 0,998 \text{ kg/L}$)
 $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $\Delta T = 75 \text{ }^\circ\text{C} = 75 \text{ K}$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 249,5 \cdot 75 = 7,8 \cdot 10^7 \text{ J}$$

Aardgas: Verbr.warmte = $32 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$ (zie tabel 28B)

$$V = \frac{Q}{\text{Verbr.warmte}} = \frac{7,8 \cdot 10^7}{32 \cdot 10^6} = \underline{\underline{2,4 \text{ m}^3}}$$

- 4 In het geval van alcohol veranderen er *drie* dingen:

Dichtheid: $\rho = 0,80 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Soortelijke warmte: $c = 2,43 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Kookpunt: $T_k = 351 \text{ K} = 78 \text{ }^\circ\text{C}$

Alcohol: $V = 250 \text{ L}$

$$\rho = 0,80 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 0,80 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$m = \rho \cdot V = 250 \cdot 0,80 = 200 \text{ kg}$$

$$c = 2,43 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta T = 78 - 25 = 53 \text{ }^\circ\text{C} = 53 \text{ K}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = 2,43 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 53 = 2,6 \cdot 10^7 \text{ J}$$

Aardgas: Verbr.warmte = $32 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$ (zie tabel 28A)

$$V = \frac{Q}{\text{Verbr.warmte}} = \frac{2,6 \cdot 10^7}{32 \cdot 10^6} = \underline{\underline{0,80 \text{ m}^3}}$$

5 Er zijn vier trajecten die elk energie kosten.

- A ijs van $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ → ijs van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temp-stijging)
 B ijs van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ → water van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (faseovergang: smelten)
 C water van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ → water van $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temp-stijging)
 D water van $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ → stoom van $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (faseovergang: verdampen)

$$m_{\text{ijs}} = 20\text{ g} = 0,020\text{ kg}$$

$$c_{\text{ijs}} = 2,2 \cdot 10^3\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta T = 10\text{ }^{\circ}\text{C} = 10\text{ K}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 2,2 \cdot 10^3 \cdot 0,020 \cdot 10 = 440\text{ J}$$

$$\text{Smeltwarmte}_{\text{water}} = 334 \cdot 10^3\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q = 334 \cdot 10^3 \cdot 0,020 = 6\,680\text{ J}$$

$$m_{\text{water}} = 20\text{ g} = 0,020\text{ kg}$$

$$c_{\text{water}} = 4,18 \cdot 10^3\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

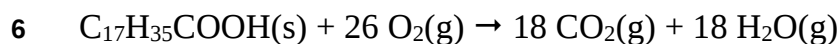
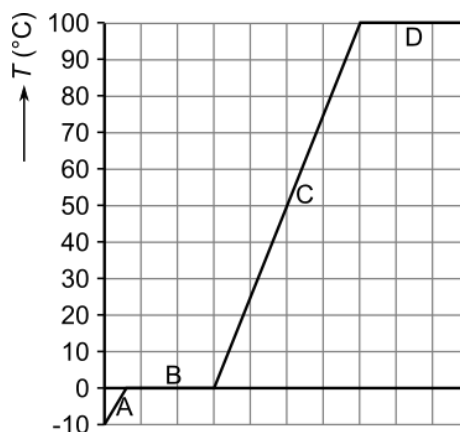
$$\Delta T = 100\text{ }^{\circ}\text{C} = 100\text{ K}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,020 \cdot 100 = 8\,360\text{ J}$$

$$\text{Verdampingswarmte}_{\text{water}} = 2,26 \cdot 10^6\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q = 2,26 \cdot 10^6 \cdot 0,020 = 45\,200\text{ J}$$

$$Q_{\text{tot}} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D = 440 + 6\,680 + 8\,360 + 45\,200 = 60\,680\text{ J}$$



Beginstoffen ontleden:

$$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}: 1 \cdot +9,48 \cdot 10^5 = +9,48 \cdot 10^5\text{ J}$$

$$\text{O}_2: = 0\text{ J}$$

Producten vormen:

$$\text{CO}_2: 18 \cdot -3,935 \cdot 10^5 = -70,83 \cdot 10^5\text{ J}$$

$$\text{H}_2\text{O}(\text{g}): 18 \cdot -2,42 \cdot 10^5 = \underline{-43,6 \cdot 10^5\text{ J}}$$

$$\Delta E = -105,0 \cdot 10^5\text{ J}$$

Dus per mol stearinezuur: $\Delta E = \frac{-105 \cdot 10^5}{1} = \underline{\underline{-105 \cdot 10^5\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}}$

7 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$:

$$d = 2,0 \text{ cm}$$

$$r = \frac{d}{2} = 1,0 \text{ cm}$$

$$h = 0,50 \text{ cm}$$

$$V = \pi r^2 \cdot h = \pi \cdot (1,0)^2 \cdot 0,50 = 1,57 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 0,94 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^3 = 0,94 \text{ g} \cdot \text{cm}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 0,94 \cdot 1,57 = 1,48 \text{ g}$$

$$M = 284,468 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1,48}{284,468} = 0,0052 \text{ mol}$$

Warmte:

$$E = -105 \cdot 10^5 \cdot 0,0052 = 5,5 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Water:

$$V = 100 \text{ mL}$$

$$\rho = 0,998 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 0,998 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$$

$$m = \rho \cdot V = 0,998 \cdot 100 = 99,8 \text{ g} = 0,0998 \text{ kg}$$

$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$Q = \eta \cdot E = \frac{30}{100} \cdot 5,5 \cdot 10^4 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\Delta T = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{1,6 \cdot 10^4}{4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,0998} = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_e = T_b + \Delta T = 10 + 39 = \underline{\underline{49 \text{ }^\circ\text{C}}}$$