

Fyrri númerið við dæmin á við 9. útgáfu bókarinnar en það seinna á við 10. útgáfu.

### Sýnidæmi 5.2, 5.1

Keiluspilari lyftir 5,4 kg keilukúlu frá gólfi í 1,6 m hæð og lætur hana síðan falla aftur niður. a) Hvernig breytist stöðuorka kúlunnar þegar henni er lyft upp af gólfinu? b) Hvað þurfti að framkvæma mikla vinnu (í J) til að lyfta kúlunni upp í þessa hæð? c) Ef engin loftmótstaða er þegar kúlan fellur niður þá verður stöðurokan í upphafi að skriðuorku í lokin. Hver er hraði kúlunnar rétt áður en hún lendir á gólfinu?

#### Lausn

a) Skilgreinum fyrst kúluna sem kerfið. Þá framkvæmir keiluspilarinn (umhverfið) vinnu á kerfi við að lyfta kúlunni upp og orka kerfisins eykst þ.e. stöðuorka kúlunnar eykst með vaxandi hæð.

b) Vinnan sem þurfti að framkvæma var eftirfarandi:

$$w = Fd = mgh = 5,4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,6 \text{ m} = 84,7 \text{ kgm}^2/\text{s}^2 = 85 \text{ J}$$

c) Öll stöðuorkan breytist í hreyfiorku. Þá gildir: Stöðuorka í upphafi = hreyfiorka í lokin =>

$$mgh = 1/2mv^2 \Rightarrow v^2 = 2gh \Rightarrow$$

$$v = (2gh)^{1/2} = (2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,6 \text{ m})^{1/2} = (31,3 \text{ m}^2/\text{s}^2)^{1/2} = 5,59 \text{ m/s} = 5,6 \text{ m/s} \text{ (20 km/klst)}$$

#### Æfingadæmi

a) Hver er skriðuorka Ar-atóms sem er á 650 m/s hraða? b) Hver er skriðuorka eins móls af Ar-atómum sem fara á sama hraða?

**Svör:** a)  $1,4 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ; b)  $8,4 \cdot 10^3 \text{ J} = 8,4 \text{ kJ}$

### Sýnidæmi 5.3, 5.2

Blöndu af vetnis- og súrefnisgasi er komið fyrir í brunaholi bullustrokks (car cylinder). Þegar borinn er neisti í blönduna brennur gasblandan og 1150 J af varma losnar til umhverfisins. Einnig ýtist bullan út þegar gasið þenst út í brunaholinu og gasið framkvæmir 480 J vinnu á andrúmsloftinu fyrir utan. Hver er orkubreytingin á kerfinu við brunann?

#### Lausn

Kerfið er gasið í brunaholinu. Við brunann tapar gasið 1150 J af varmaorku til umhverfisins og því er  $q = -1150 \text{ J}$ . Við þensluna framkvæmir umhverfið neikvæðavinnu á kerfi, eða  $w = -480 \text{ J}$ . Breytingin á orku kerfisins er því

$$\Delta E = w + q = -480 \text{ J} + (-1150 \text{ J}) = -1630 \text{ J}$$

#### Æfingadæmi:

Hver er orkubreytingin fyrir kerfi sem tekur til sín 140 J af varma en framkvæmir 85 J vinnu á umhverfi?

**Svar:** +55 J

### Sýnidæmi 5.4, 5.3

Segið til um hver formerki  $\Delta H$  eru fyrir eftirfarandi ferli sem framkvæmd eru við jafnan þrýsting. Gerið jafnframt grein fyrir hvort ferlið sér út- eða innvermið. a) Ísmoli bráðnar; b) 1 g af bútani er brennur í ofgnótt af súrefni og myndar  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{O}$ ; c) Keilukúla fellur niður 8 fet ofan í sandfötu.

#### Lausn

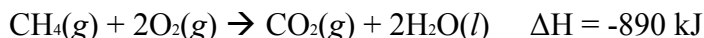
a) Til að ísinn bráðni þá þarf hann fá varma frá umhverfinu => ferlið er innvermið og  $\Delta H > 0$ .

b) Þegar bútangas (kveikjaragas) brennur þá losnar mikill varmi => hvarfið er útvermið og  $\Delta H < 0$ .

c) Stöðuorka kúlunnar breytist í skriðuorku þegar hún fellur niður úr 8 feta hæð. Þegar kúlan lendir í sandinum þá stöðvast hún og skriðuorkan breytist í varmaorku sem fer til umhverfisins. Ferlið er því útvermið og  $\Delta H < 0$ .

### Sýnidæmi 5.5, 5.4

Hversu mikill varmi myndast þegar 4,50 g af metangasi eru brennd í ofgnótt af súrefni við jafnan þrýsting samkvæmt efnahvarfinu



#### Lausn

890 kJ af varma myndast þegar 1 mól eða (12,0 g + 4•1,01 g) = 16,04 g af metani eru brennd. Þegar 4,50 g af  $\text{CH}_4$  eru brennd myndast í því  $[4,50 \text{ g}/16,04 \text{ g}] \cdot (-890 \text{ kJ}) = -250 \text{ kJ}$  af varma.

### Æfingadæmi

Vetnisperoxíð,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , getur rofnað í vatn og súrefni samkvæmt hvarfinu  $2\text{H}_2\text{O}_2(l) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$ .  $\Delta H = -196 \text{ kJ}$   
Hvert er gildi  $q$  þegar 5,00 g af  $\text{H}_2\text{O}_2(l)$  rofna við jafnan þrýsting?

**Svar:** -14,4 kJ

### Sýnidæmi 5.6, 5.5

a) Hversu mikinn varma þarf til að hita 250 g af vatni (um 1 bolli) frá  $22^\circ\text{C}$  í  $98^\circ\text{C}$ ?

b) Hver er mólvarmarýmd vatns?

#### Lausn:

a) Hitastigshækkunin er  $\Delta T = (98^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 76^\circ\text{C} = 76 \text{ K}$  og varminn sem þarf er:

$$q = (eðlisvarmi) \cdot m \cdot \Delta T = (4,18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1})(250 \text{ g})(76 \text{ K}) = 79400 \text{ J} = 79 \text{ kJ}$$

b) Það þarf 4,18 J til að hita 1 g af  $\text{H}_2\text{O}(l)$  um 1 K en mólfjöldinn í 1 g af  $\text{H}_2\text{O}$  er  $1 \text{ g}/(18,0 \text{ g/mól}) = 0,0555 \text{ mól}$

Mólvarmarýmd = varmi/[(mól efni)(hitastigbreyting)]

$$= 4,18 \text{ J}/[(0,0555 \text{ mól})(1 \text{ K})] = 75 \text{ Jmól}^{-1}\text{K}^{-1}$$

### Æfingardæmi:

a) Steinar eða grjót eru notuð sem “varmageymar” í sumum sólhituðum húsum. Reiknið hversu mikinn varma þarf til að hita grjót um  $12,0^\circ\text{C}$  ef gert er ráð fyrir að eðlisvarmi grjóts sé  $0,82 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ . b) Hver verður hitastigsbreytingin á grjótinu ef það gefur frá sér 450 kJ af varma?

**Svör:** a)  $4,9 \cdot 10^5 \text{ J}$ ; b)  $11 \text{ K} = 11^\circ\text{C}$  lækkun.

### Sýnidæmi 5.7, 5.6

Þegar nemandi blandaði saman 50 mL af 1,0 M  $\text{HCl}(aq)$  og 50 mL af  $\text{NaOH}(aq)$  í frauðplastglasvarmamæli þá hækkar hitastig lausnarinnar úr  $21,0^\circ\text{C}$  í  $27,5^\circ\text{C}$ . Reiknið hvarfvermi sýru-basa hvarfsins ef gert er ráð fyrir að í lokin sé eðlismassi lausnarinnar 1,0 g/mL og eðlisvarmi hennar sé  $4,18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Sýnið jafnframt stillta efnajöfnu fyrir hvarfið og gefið hvarfvermið fyrir hvarfið.

#### Lausn

Heildarmassi lausnarinnar í lokin er 100 mL = 100 g og hitastigshækkunin var  $6,5^\circ\text{C}$ . Hvarfvermið er því:

$$\Delta H = -q_{\text{lausn}} = -(4,18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1})(100 \text{ g})(6,5 \text{ K}) = -2710 \text{ J} = -2,7 \text{ kJ}$$

Í hvarfinu voru notuð  $(50 \text{ mL}) \cdot (1,0 \text{ M}) = 50 \text{ mmól} = 0,050 \text{ mól}$  af hvoru hvarfefni. Ef 1 mól af hvoru hvarfefni eru hvörfuð saman þá er hvarfvermið:  $\Delta H = (-2710 \text{ J})/0,050 \text{ mól} = -54200 \text{ J} = -54 \text{ kJ}$

Hvarfvermi efnahvarfsins er því:  $\text{HCl}(aq) + \text{NaOH}(aq) \rightarrow \text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   $\Delta H = -54 \text{ kJ}$

### Æfingadæmi

Þegar 50,0 mL af 0,100 M  $\text{AgNO}_3(aq)$  og 50,0 mL af 0,100 M  $\text{HCl}(aq)$  er bandað saman í varmamæli við fastan þrýsting, þá hækkar hitastig lausnarinnar úr  $22,30^\circ\text{C}$  í  $23,11^\circ\text{C}$ . Hitastigsbreytingin er vegna hvarfsins:  $\text{HCl}(aq) + \text{AgNO}_3(aq) \rightarrow \text{AgCl}(s) + \text{HNO}_3(aq)$  Hvert er hvarfvermi efnahvarfsins?

**Svar:** -68 kJ

### Sýnidæmi 5.8, 5.7

Metýlhýdrazín ( $\text{CH}_3\text{NHNH}_2$ ) er notað sem eldsneyti í eldflaugar. Efnið hvarfast við súrefni samkvæmt efnahvarfinu:  $2\text{CH}_3\text{NHNH}_2(l) + 5\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{N}_2(g) + 2\text{CO}_2(g) + 6\text{H}_2\text{O}(l)$

Þegar 4,00 g af metýlhýdrazíni voru brennd í brennsluvarmamæli þá hækkaði hitastigið úr  $25,00^\circ\text{C}$  í  $39,50^\circ\text{C}$ .

Stöðlun á mælinum gaf að varmarýmd hans væri  $7,794 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$ . Hver er brennsluvarminn fyrir 1 mól af metýlhýdrazíni?

#### Lausn

Hvarfvarmi brennslunnar var:  $q_{\text{hvarf}} = -C_{\text{cal}} \cdot T = -(7,794 \text{ kJ/}^\circ\text{C})(39,50^\circ\text{C} - 25,00^\circ\text{C}) = -113,01 \text{ kJ}$

Mól af  $\text{CH}_3\text{NHNH}_2$  brennd =  $(4,00 \text{ g})/(46,07 \text{ gmól}^{-1}) = 0,08682 \text{ mól}$

Brennsluvarmi metýlhýdrazíni eru þá

$$q_{\text{hvarf}} = (-113,01 \text{ kJ})/(0,08682 \text{ mól}) = -1301 \text{ kJ/mól CH}_6\text{N}_3 = -1,30 \cdot 10^3 \text{ kJ/mól CH}_6\text{N}_3$$

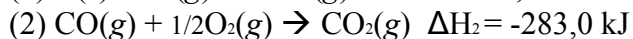
### Æfingadæmi

0,5865 g af mjólkursýru (lactic acid,  $\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_2$ ) voru brennd í brennsluvarmamæli sem hafði varmarýmdina  $4,812\text{kJ}/^\circ\text{C}$ . Við brunann hækkaði hitastigið úr  $23,10^\circ\text{C}$  í  $24,95^\circ\text{C}$ . Reiknið brennsluvarma mjólkursýru a) fyrir hvert gramm og b) fyrir hvert mól af efninu.

**Svör:** a)  $-15,2\text{ kJ/g}$ ; b)  $-1370\text{ kJ/mól}$

### Sýnidæmi 5.9, 5.8

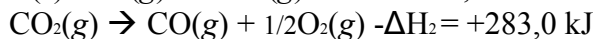
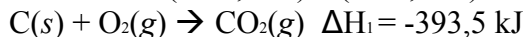
Brennsluvermi C og CO eru gefin hér á eftir:



Finnið brennsluvermið fyrir eftirfarandi hvarf: (3)  $\text{C}(s) + 1/2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}(g)$   $\Delta H_3 = ?$

#### Lausn

Hvarf (3) fæst með því að snúa hvarfi (2) við og leggja það við hvarf (1). Þá fæst jafnframt að  $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2 = (-393,5\text{ kJ}) - (-283,0\text{ kJ}) = -110,5\text{ kJ}$ , þ.e.



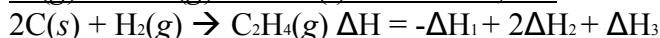
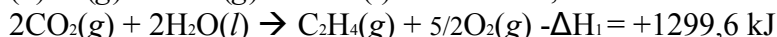
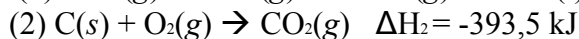
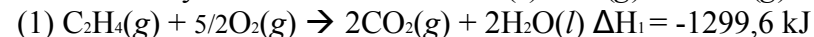
### Æfingadæmi

Grafít og demantur eru tveir fjölgervingar (allotrops) kolefnis. Brennsluvermi grafíts er  $-393,5\text{ kJ/mólC}$  en brennsluvermi demants er  $-395,4\text{ kJ/mólC}$ . Reiknið hvarfvermið fyrir eftirfarandi fjölgervingabreytingu á kolefni:  $\text{C}(\text{grafít}) \rightarrow \text{C}(\text{demantur})$   $\Delta H = ?$

**Svar:**  $+1,9\text{ kJ}$

### Sýnidæmi 5.10, 5.9

Reiknið  $\Delta H$  fyrir eftirfarandi hvarf  $2\text{C}(s) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g)$   $\Delta H = ?$  frá eftirfarandi efnahvörfum



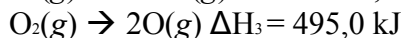
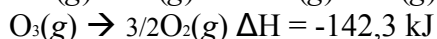
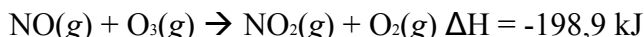
Þá er  $\Delta H = -(-1299,6\text{ kJ}) + 2(-393,5\text{ kJ}) + (-285,8\text{ kJ}) = +226,8\text{ kJ}$

### Æfingadæmi:

Reiknið  $\Delta H$  fyrir eftirfarandi hvarf



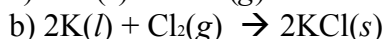
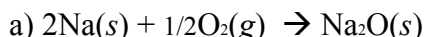
frá eftirfarandi efnahvörfum



**Svar:**  $-304,1\text{ kJ}$

### Sýnidæmi 5.11, 5.10

Hvert af eftirfarandi efnahvörfum við  $25^\circ\text{C}$  og  $1\text{ atm}$  er staðalmyndunarhvarf efnasambands?



## Lausn

a) Hvarfið er staðalmyndunarhvarf  $\text{Na}_2\text{O}(s)$ . b) Hvarfið er ekki staðalmyndunarhvarf þar sem  $\text{K}(l)$  er ekki staðalform kalíns og 2 mól af  $\text{KCl}(s)$  myndast. c) Hvarfið er ekki staðalmyndunarhvarf þar sem myndefnin eru fleiri en eitt og  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2(s)$  er ekki frumefni.

### Æfingadæmi

Sýnið staðalmyndunarhvarfið fyrir  $\text{CCl}_4$  á vökvaformi

**Svar:**  $\text{C}(s) + 2\text{Cl}_2(g) \rightarrow \text{CCl}_4(l)$ . Athugið að  $\text{C}(s)$  er hér grafit.

### Sýnidæmi 5.12, 5.11

a) Reiknið staðalbrennsluvermi 1 móls af benseni,  $\text{C}_6\text{H}_6(l)$  ef  $\text{CO}_2(g)$  og  $\text{H}_2\text{O}(l)$  eru myndefnin.

b) Berið saman brennsluvarmann fyrir 1,00 g af própáni,  $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ , við brennsluvarma 1,00 g af benseni.

### Lausn

a) Stíllt efnajafna fyrir brennsluna er:  $\text{C}_6\text{H}_6(l) + 15/2\text{O}_2(g) \rightarrow 6\text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$

Brennsluvermið er því (sjá töflu 5.3)

$$\Delta H^\circ_{\text{hvarf}} = [6\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) + 3\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_6) + 15/2\Delta H_f^\circ(\text{O}_2)]$$
$$= [6(-393,5 \text{ kJ}) + 3(-285,8 \text{ kJ})] - [+49,0 \text{ kJ} - 0 \text{ kJ}] = -3267,4 \text{ kJ}$$

b) Mólmassi  $\text{C}_6\text{H}_6$  er 78,11 g/mól. Brennsluvermi 1 móls af  $\text{C}_3\text{H}_8(g)$  er

-2219,9 kJ og mólmassi þess er 44,09 g/mól. Varminn sem myndast þegar 1,00 g af hvoru efni eru brennd er þá

$\text{C}_3\text{H}_8(g)$ :  $[(1,00 \text{ g})/(44,09 \text{ g/mól})] \cdot (-2219,9 \text{ kJ/mól}) = -50,3 \text{ kJ}$

$\text{C}_6\text{H}_6(l)$ :  $[(1,00 \text{ g})/(78,11 \text{ g/mól})] \cdot (-3267,4 \text{ kJ/mól}) = -41,8 \text{ kJ}$

### Æfingadæmi

Notið gildin í töflu 5.3 til að reikna brennsluvermi etanóls:  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(l) + 3\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$

**Svar:** -1367 kJ

### Sýnidæmi 5.13, 5.12

Staðalhvarfvermi fyrir sundrunina:  $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$  er  $\Delta H^\circ = 178,1 \text{ kJ}$

Notið  $\Delta H_f^\circ$ -gildin fyrir  $\text{CaO}(s)$  og  $\text{CO}_2(g)$  í töflu 5.3 til að reikna  $\Delta H_f^\circ$  fyrir  $\text{CaCO}_3(s)$ .

### Lausn

$$\Delta H^\circ = [\Delta H_f^\circ(\text{CaO}) + \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2)] - [\Delta H_f^\circ(\text{CaCO}_3)] \Rightarrow$$

$$178,1 \text{ kJ} = -635,5 \text{ kJ} - 393,5 \text{ kJ} - \Delta H_f^\circ(\text{CaCO}_3) \Rightarrow$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{CaCO}_3) = -1207,1 \text{ kJ/mól}$$

### Æfingadæmi

Staðalhvarfvermi fyrir hvarfið:

$\text{CuO}(s) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{Cu}(s) + \text{H}_2\text{O}(l)$  er  $\Delta H^\circ = -129,7 \text{ kJ}$ .

Notið viðkomandi gildi í töflu 5.3 til að reikna  $\Delta H_f^\circ$  fyrir  $\text{CuO}(s)$ .

**Svar:** -156,1 kJ/mól