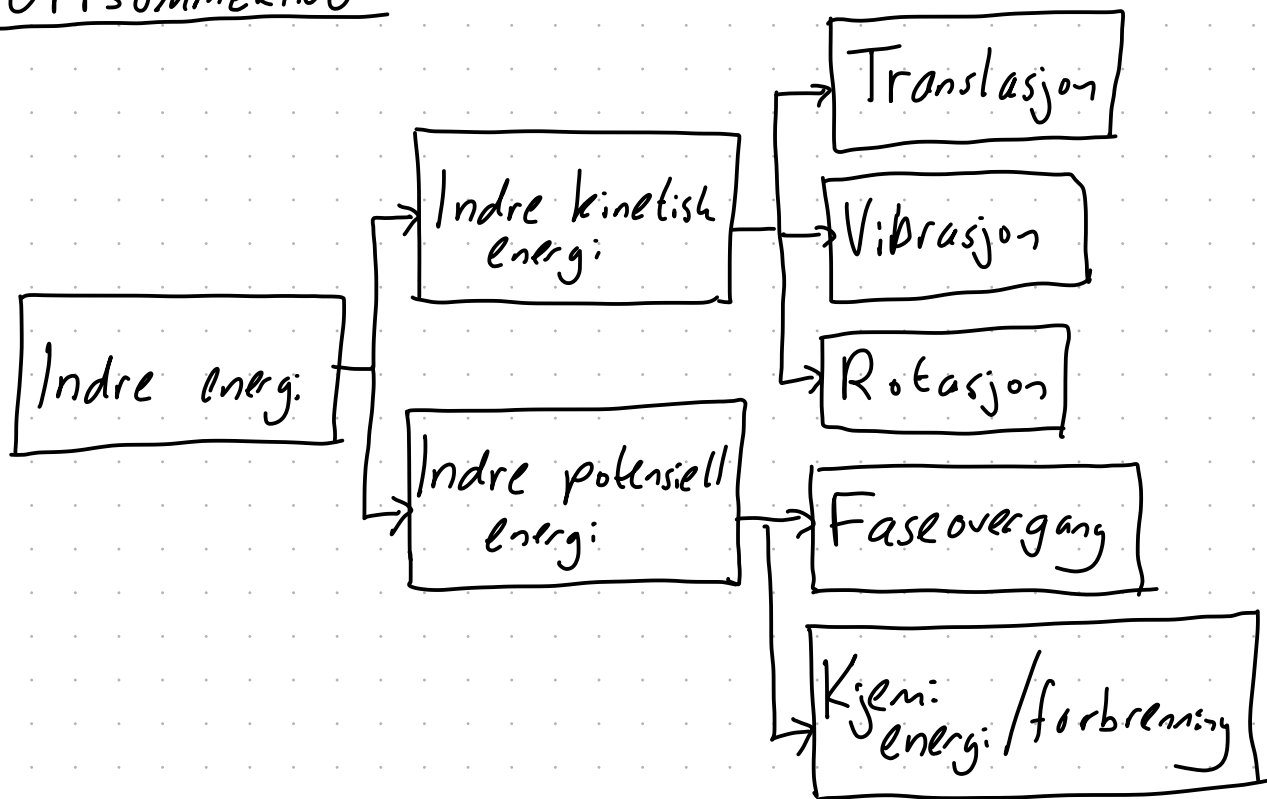


# OPPSUMMERING



## Termofysikkens 1. lov

$$\Delta U = Q + W$$

$\Delta U$ : endring i indre energi

$Q$ : varme

$W$ : arbeid

$Q > 0$ : tilført varme,  $Q < 0$ : avgitt varme til omgivelsene

$W > 0$ : gjør arbeid på systemet,  $W < 0$ : system utfører arbeid på omgivelsene

Adiabatiske prosess:  $Q = 0$   
 $\Delta U = W$

Spesifikk varmekapasitet,  $c$

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

## 7.3 KALORIMETRI

### Spesifikk varmekapasitet

Varmen  $Q$  som trengs for å øke temperaturen i et legeme med  $\Delta t = t_2 - t_1$ , er gitt ved

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

$m$ : massen til legemet

$c$ : spesifikk varmekapasitet til legemet

### Eksempel

$$c_{\text{jern}} = 0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$c_{\text{aluminium}} = 0,90 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Dvs.: vi behøver mindre energi for å varme opp jern enn aluminium  $\rightarrow$  lettere å varme opp.

For legemer som består av mange ulike stoffer, definerer vi en varmekapasitet som beskriver hele legemet

$$Q = C \cdot \Delta t$$

$C$ : varmekapasiteten til legemet som består av ulike stoffer (ikke spesifikk)

$$[C] = \frac{[Q]}{[\Delta t]} = \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Eksempel 10 kg glass avkjøles fra  $35^{\circ}\text{C}$  til  $-15^{\circ}\text{C}$ .

a) Hvor mye varme avgir glasset?

$$Q = C_{\text{glass}} \cdot M_{\text{glass}} \cdot \Delta t$$

$$C_{\text{glass}} = 0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = -15^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$$

$$= (-15 + 273)\text{K} - (35 + 273)\text{K}$$

$$= -15\text{K} + \cancel{273\text{K}} - 35\text{K} - \cancel{273\text{K}}$$

$$= -15\text{K} - 35\text{K} = -50\text{K}$$

$$(\text{= } -50^{\circ}\text{C})$$

$$Q = 0,84 \frac{\text{kJ}}{\cancel{\text{kg K}}} \cdot 10 \cancel{\text{kg}} \cdot (-50 \cancel{\text{K}}) = -420 \text{ kJ}$$

↑  
negativt fortegn betyr  
at systemet har avgitt varme

b) Varmen avgis til omgivelsen med varmekapasitet:  $C = 1000 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$

Hvor mye øker temperaturen til omgivelsen?

$$Q_{\text{absorbert}} = -Q_{\text{avgitt}} = 420 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{absorbert}} = C \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{Q_{\text{absorbert}}}{C} = \frac{420 \cancel{\text{kJ}} \cdot \text{K}}{1000 \frac{\cancel{\text{kJ}}}{\text{K}}} = 0,42 \text{ K} = 0,42^\circ \text{C}$$

Eksempel 2 kg jern tilføres varme,  $Q = 0,90 \text{ kJ}$   
 $c_j = 0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

a) Hvor mye øker temperaturen?

b) Varmen  $Q$  tilføres via et varmeapparat med en effekt  $P = 25 \text{ W}$  ( $= 25 \frac{\text{J}}{\text{s}}$ )

Hvor lang tid tar oppvarmingen?

a) 
$$\underline{Q} = \frac{c_j \cdot m_j \cdot \Delta t}{c_j \cdot m_j} \quad \leftarrow ?$$

$$\Delta t = \frac{Q}{c_j \cdot m_j} = \frac{0,90 \text{ kJ}}{0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 2 \text{ kg}} = 1 \text{ K} (= 1^\circ \text{C})$$

b)  $P = 25 \text{ W} = 25 \frac{\text{J}}{\text{s}}$

$$Q = P \cdot t$$

tid:  $t = \frac{Q}{P} = \frac{0,90 \cdot 10^3 \cancel{\text{J}} \cdot \cancel{\text{s}}}{25 \cancel{\frac{\text{J}}{\text{s}}} \cdot \cancel{\text{s}}} = \underline{\underline{36 \text{ s}}}$

# Fasevarme

## Spesifikk fasevarme

Varmen  $Q$  som blir tilført eller avgitt når en mengde av et stoff skifter fase ved konstant temperatur, er gitt ved:

$$Q = l \cdot m$$

$m$ : massen til stoffet

$l$ : spesifikk fasevarme til stoffet

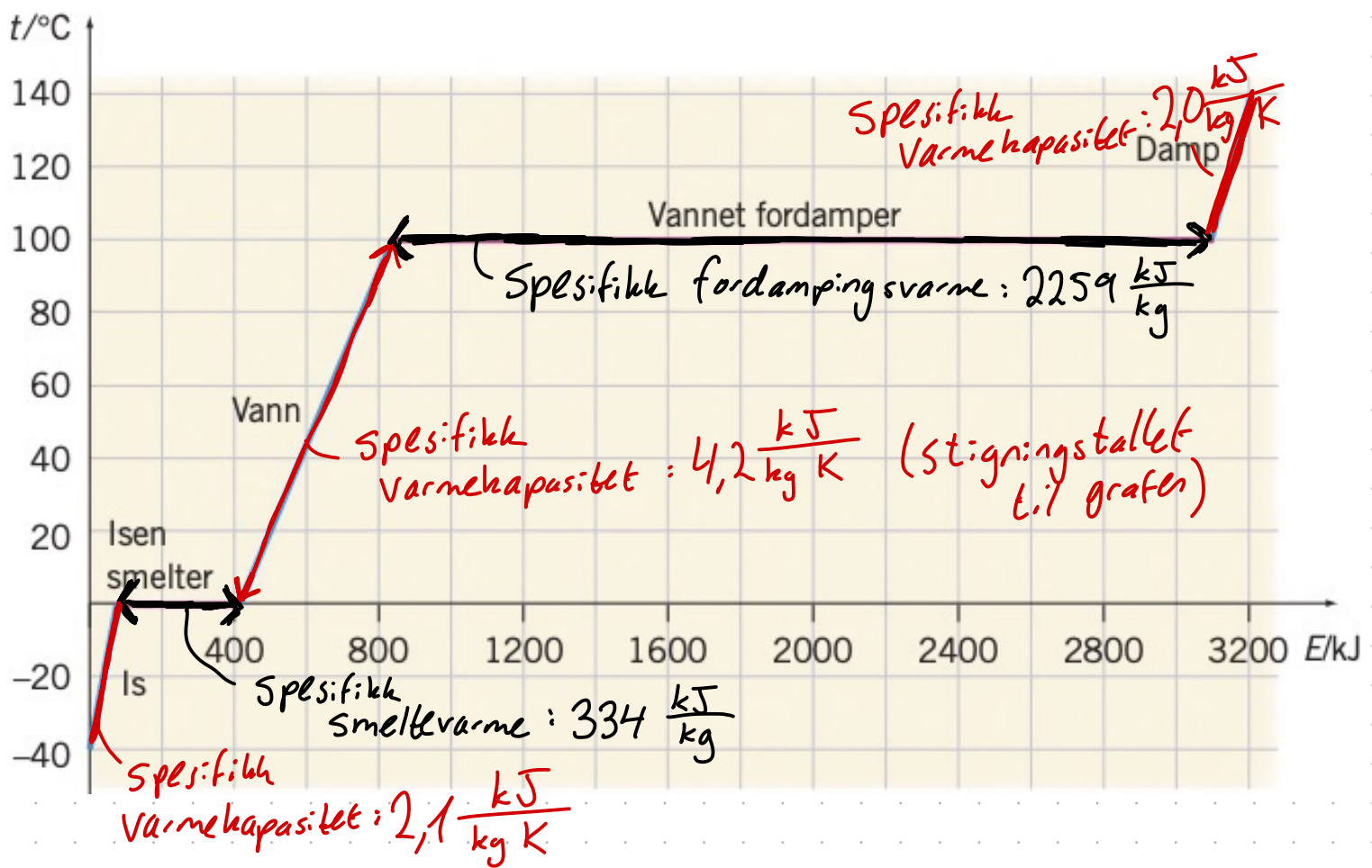
$$l = \frac{Q}{m} \rightarrow [l] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

(Husk: spesifikk varmekapasitet:  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$   
varmekapasitet:  $\frac{\text{J}}{\text{K}}$ )

$l$ : latin latens: gjemt, skjult

smeltevarme = størkningsvarme:  $l_s$

fordampingsvarme = kondenseringsvarme:  $l_f$



Eksempel 2 kg vandamp kondenserer til vann.

a) Hvor mye varme blir avgitt i prosessen?

– Spesifikk fordampingsvarme vann:  $\ell_f = 2,26 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$

Varme avgitt:  $Q = \ell_f \cdot m = 2,26 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot 2 \text{ kg}$

$$\underline{Q = 4,52 \text{ MJ}}$$

b) 2 kg vann fordamer.

Hvor mye varme blir absorbert i prosessen?

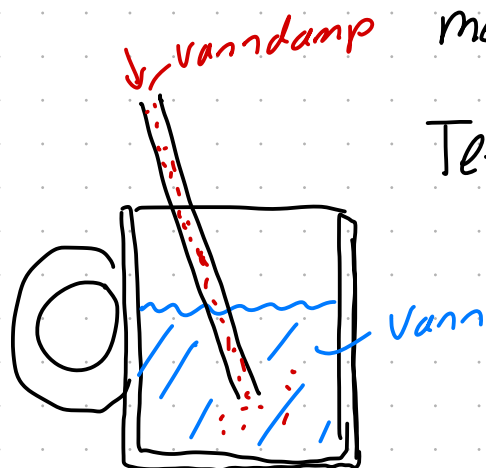
Fordampingsvarme = kondenseringsvarme

$$\underline{Q = 4,52 \text{ MJ}}$$

## Eksempel

Vi tilfører vanddamp til en kopp med vann.

Terk: melkesteamer på kaffemaskin.



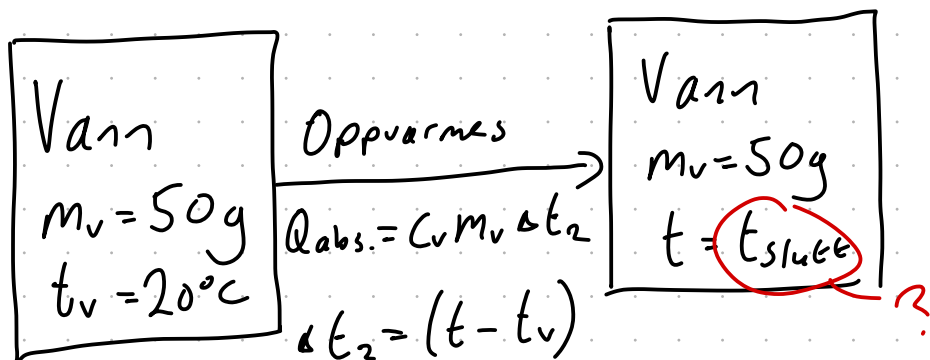
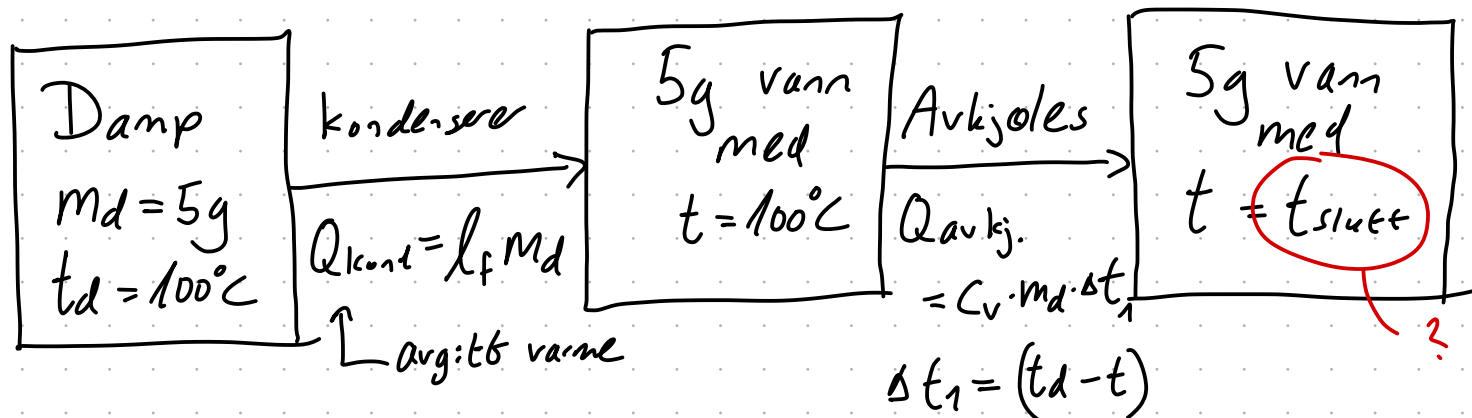
Vanddamp tilføres og kondenserer i vannet.

Vanddamp:  $m_d = 5g$   
 $t_d = 100^\circ C$

Vann:  $m_v = 50g$   
 $t_v = 20^\circ C$

Hva blir sluttemperaturen i vannet?  
(se bort fra varmetap til omgivelser)

## Prosser



$$\underbrace{Q_{kond.} + Q_{avkj.}}_{\text{damp}} = \underbrace{Q_{absorbert}}_{\text{vann}}$$



$$\underbrace{Q_{\text{kond.}} + Q_{\text{avkj.}}}_{\text{damp}} = \underbrace{Q_{\text{absorbert}}}_{\text{varm}}$$

$$l_f m_d + c_v m_d (t_d - t) = c_v m_v (t - t_v)$$

↑                      ↑  
                                ?

$$l_f m_d + c_v m_d t_d - \cancel{c_v m_d t} = \cancel{c_v m_v t} - c_v m_v t_v$$

$$\frac{t(\cancel{c_v m_v} + c_v m_d)}{\cancel{c_v m_v} + c_v m_d} = \frac{l_f m_d + c_v m_d t_d + c_v m_v t_v}{c_v m_v + c_v m_d}$$

$$t = \frac{l_f m_d + c_v m_d t_d + c_v m_v t_v}{c_v m_v + c_v m_d}$$

$$= \frac{2259 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,005 \text{ kg} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 0,005 \text{ kg} \cdot 100^\circ\text{C} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 0,05 \text{ kg} \cdot 20^\circ\text{C}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} (0,005 \text{ kg} + 0,05 \text{ kg})}$$

$$\underline{t = 76^\circ\text{C}}$$