

7.3 KALORIMETRI

Kalorimeter: beholder med lite varmetap (tenk: termos)

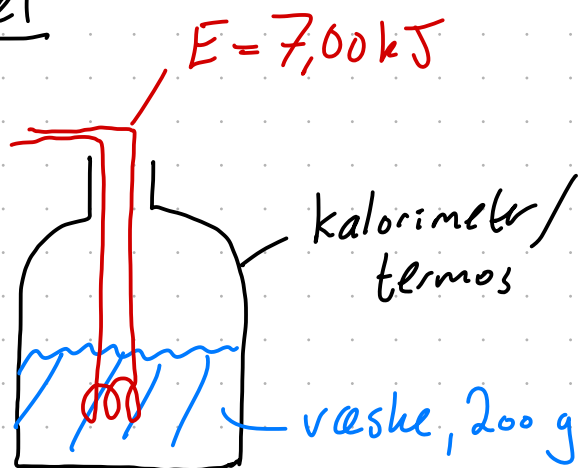
latin: calor = varme.

1 kalori = 1 cal = energi (varme) for
å heve temperaturen til
1 g vann med 1°C ($=1\text{ K}$).

$$\begin{aligned} 1 \text{ cal} = Q &= c_v \cdot m \cdot \Delta t = 4,18 \frac{\overset{10^3}{\text{kJ}}}{\text{kg K}} \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 1 \text{ K} \\ &= 4,18 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\underline{1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}}$$

Eksempel



$$t_1 = 15,2^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 28^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{flaske}} = 50 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Hva er $C_{\text{væske}}$ (spesifikk varmekapasitet)?

Mottatt varme = tilført energi

$$\text{Væsken mottar: } Q_v = C_v m_v \Delta t$$

$$\text{Flaschen mottar: } Q_F = C_F \cdot \Delta t$$

$$\text{Tilført energi: } E$$

$$Q_v + Q_F = E$$

$$C_v m_v \Delta t + C_F \cdot \Delta t = E$$

$$| - C_F \Delta t$$

? \uparrow

$$\frac{C_v \cancel{m_v \Delta t}}{\cancel{m_v \Delta t}} = \frac{E - C_F \Delta t}{\cancel{m_v \Delta t}}$$

$$C_v = \frac{E}{m_v \Delta t} - \frac{C_F \cancel{\Delta t}}{\cancel{m_v \Delta t}}$$

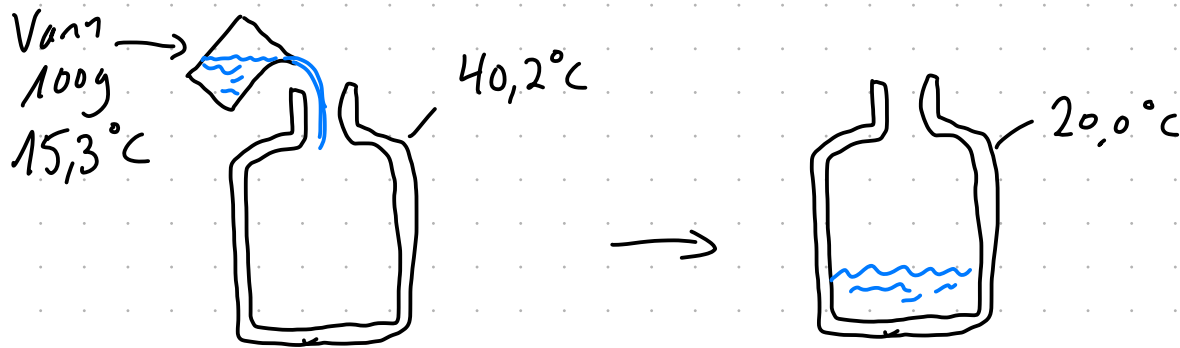
$$C_v = \frac{E}{m_v \Delta t} - \frac{C_F}{m_v}$$

$$= \frac{7 \cdot 10^3 \text{ J}}{0,2 \text{ kg} (28 - 15,2) \text{ K}} - \frac{50 \frac{\text{J}}{\text{K}}}{0,2 \text{ kg}}$$

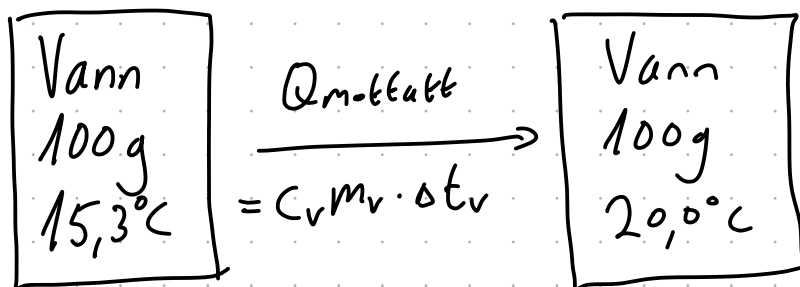
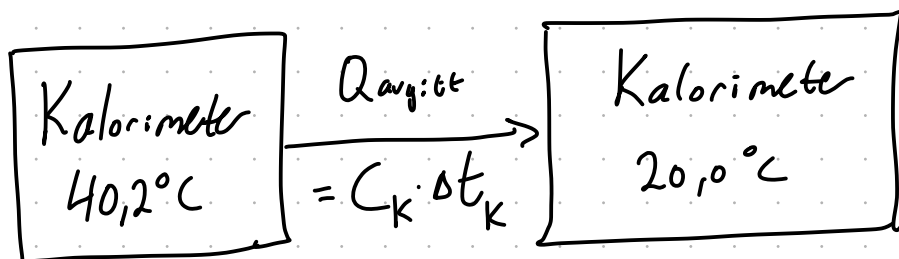
$$C_v = 2,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Eksempel

Vi har et tomt kalorimeter med temperatur $40,2^\circ\text{C}$.
Heller 100 g vann med temperatur $15,3^\circ\text{C}$ ned.
Da blir blandingstemperaturen $20,0^\circ\text{C}$.



a) Vis at varmekapasiteten til kalorimeteret kan settes til $97 \frac{\text{J}}{\text{K}}$.



$$Q_{\text{avgitt}} = Q_{\text{mottatt}}$$

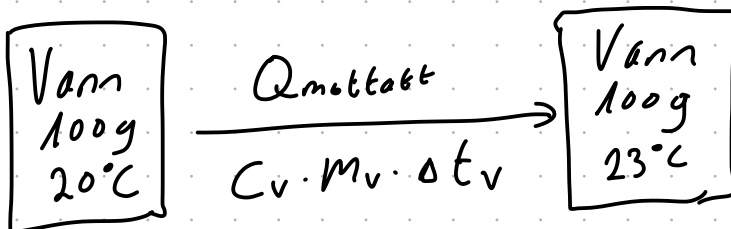
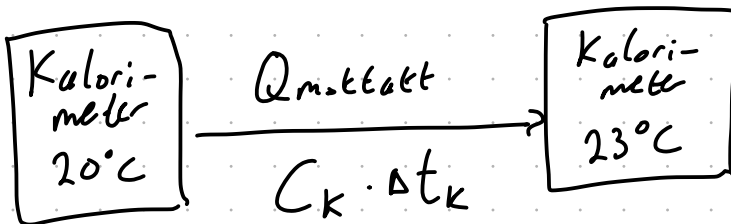
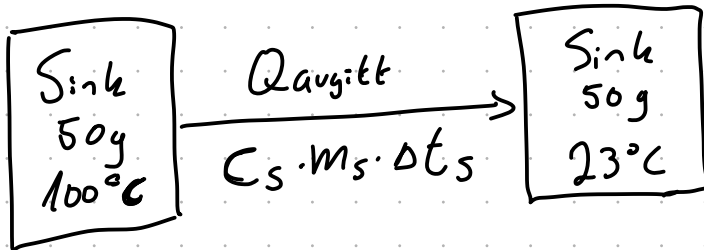
$$C_K \Delta t_K = C_v m_v \Delta t_v$$

$$C_K = \frac{C_v m_v \Delta t_v}{\Delta t_K} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \frac{4,7\text{ K}}{20,2\text{ K}}$$

$$C_K = 97,2 \frac{\text{J}}{\text{K}} \Rightarrow \underline{C_K = 97 \frac{\text{J}}{\text{K}}}$$

b) Vi legger 50 g sink med temperatur 100°C ned i kalorimeteret med temperatur $20,0^{\circ}\text{C}$ (fortsatt vann ned). t blir da $23,0^{\circ}\text{C}$.

Regn ut spesifikk varmekapasitet for sink.



$$Q_{\text{avgitt}} = Q_{\text{mottatt}}$$

$$C_s m_s \Delta t_s = C_k \Delta t_k + C_v m_v \Delta t_v$$

$\Delta t_k = \Delta t_v = \Delta t = (23 + 273)\text{K} - (20 + 273)\text{K}$
 $= 23\text{K} + 273\text{K} - 20\text{K} - 273\text{K} = 3\text{K}$

$$C_s = \frac{(C_k + C_v m_v) \Delta t}{m_s \cdot \Delta t_s} = \frac{(97 \frac{\text{J}}{\text{K}} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,1 \text{kg}) \cdot 3\text{K}}{0,050 \text{kg} \cdot 77\text{K}} = 401 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$\underline{C_s = 0,40 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}$$

7.4 TERMOFYSIKKENS 2. LOV

Termofysikkens 2. lov handler om energi med høy og lav kvalitet

Høy kvalitet: - elektrisitet
- mekanisk energi

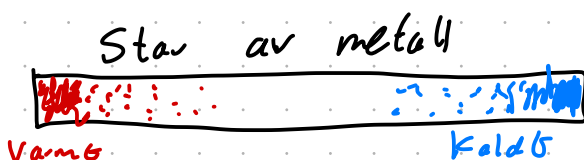
Lav kvalitet: - indre kinetisk energi (varmeenergi)

- Når energi blir omformet, får vi samme energimengde ut som vi puttet inn.
- Kvaliteten på energien vi får ut er alltid lavere enn den vi putter inn.

Energikvalitet: i alle prosesser blir den samlede energikvaliteten lavere

Termofysikkens 2. lov

Varme går ikke av seg selv fra et legeme med lav temperatur til et legeme med høy temperatur.



Dette ser vi ikke i naturen



Varme går fra områder med høy T til områder med lav T .

Når vil vi varme opp noe varmt, eller kjøle ned noe kaldt?

- fryser
- kjøleskap
- air conditioning
- varmpumpe

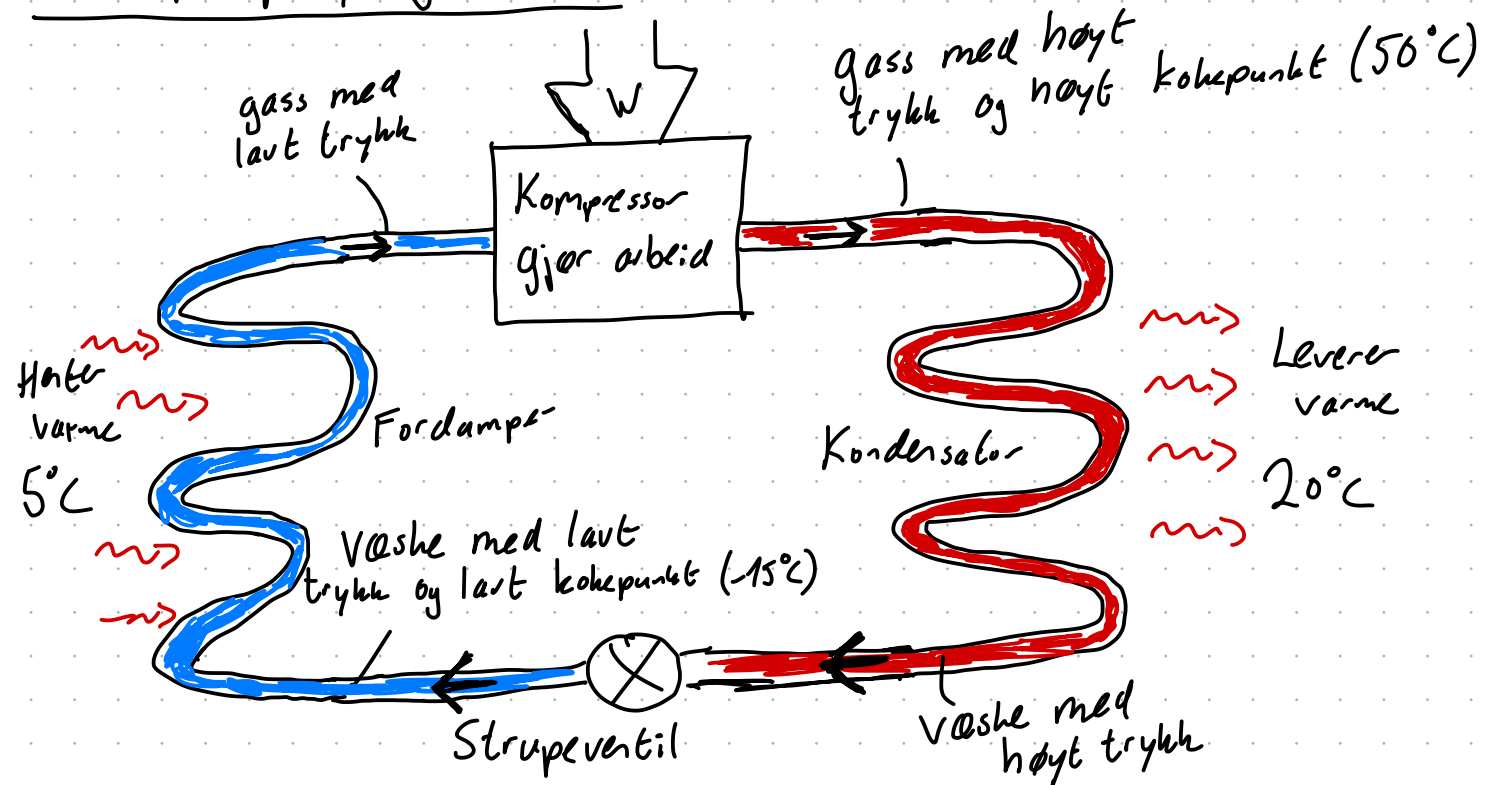
| kjøleskap benytter vi prinsippet

høyt trykk, høyt kokepunkt

lavt trykk, lavt kokepunkt

og et kjølemiddel hvor kokepunktet varierer med trykket.

Varmpumpe / kjøleskap



Kompressor : pumpe som presser gassen sammen og øker kokepunktet (50°C)

Kondensator: omgivelsene har lavere temperatur enn kokepunktet til gassen (20°C), gassen kondenserer. Varmen går til omgivelsene.

Strupeventil: minsker trykket i kjølevæske. Kokepunktet synker (-15°C)

Fordamper: omgivelsene har høyere temperatur enn kokepunktet til kjølevæske (-15°C). Væsken fordamper og fordampingsvarmen kommer fra omgivelsene.

Løyt trykk : varme Q_L ved temperatur T_L (mottatt)

Arbeid : W (mottatt)

Høyt trykk : varme Q_H ved temperatur T_H (avgitt)

Avgitt varme = mottatt varme + arbeid

$$Q_H = Q_L + W$$

Kjøleskap: fordampere inn;
kondensator ute (bake)

Varmepumpe: fordampere ute } øke T inne
kondensator inne }

Air conditioning: fordampere inne } minske T inne
kondensator ute }

Effektfaktor

Forholdet mellom levert varmeeffekt og tilført elektrisk effekt. $f = \frac{P}{P_e}$

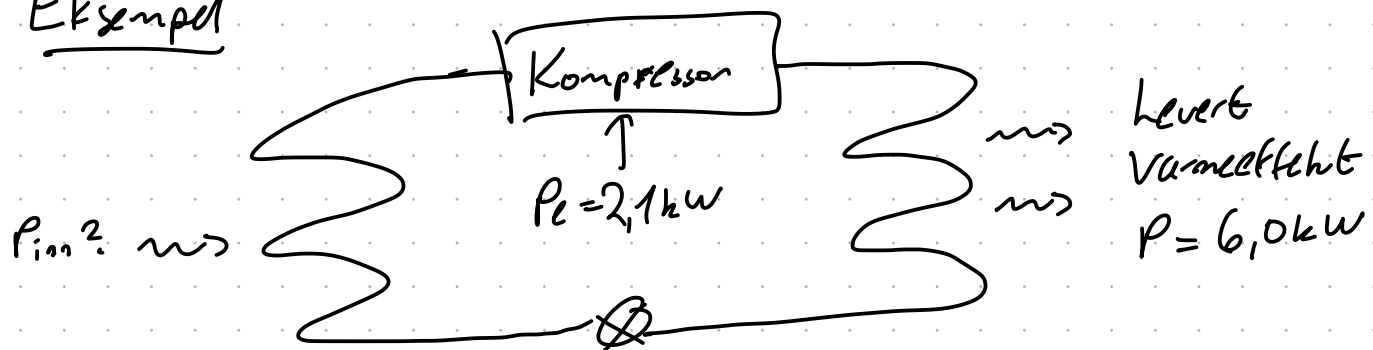
Samme som levert varme per elektrisk energi levert

Varmer: $Q_H = P \cdot t$ Arbeid kompressor: $W = P_e t$

$$f = \frac{Q_H}{W}$$

$f_{\text{varmepumpe bolig}} \approx 3.$

Eksempel



a) Hvor mye varme taper pumpen fra omgivelsene
ute hver sekund?

b) Hva er effektiviteten til pumpen?

a) Avgitt varme per sekund : $Q_H = 6,0 \text{ kJ}$

Arbeid per sekund : $W = 2,1 \text{ kJ}$

$$Q_H = Q_L + W$$

$$Q_L = Q_H - W = (6,0 - 2,1) \text{ kJ} = \underline{\underline{3,9 \text{ kJ}}}$$

$$b) \quad f = \frac{Q_H}{W} = \frac{6,0 \text{ kJ}}{2,1 \text{ kJ}} = \underline{\underline{2,9}}$$