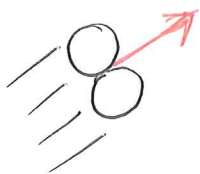


7. Termofysikk

Indre energi

Kinetisk:



translasjon

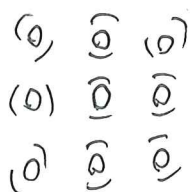


vibrasjon

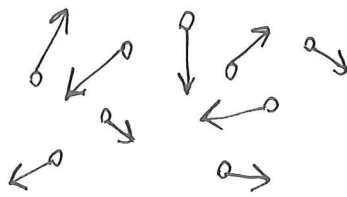


rotasjon

Potensiell: endre molekylforbindelser i faseovergang



fast stoff



gass

kjemisk reaksjonsenergi: $\bullet \quad \text{O} \rightarrow \bullet \bullet$

Arbeid \rightarrow økt indre energi

Varme er indre energi som blir overført fra ett system til et annet p.g.a. temp. forskjell.

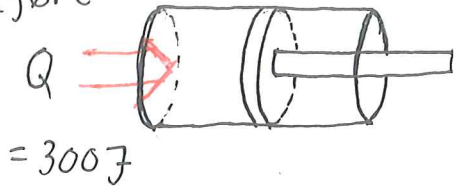
Termofysikkens 1. lov og energiloven

Endringen i den indre energien i et system, ΔU er lik summen av varmen Q som er tilført og arbeidet W som er utført på systemet.

$$\begin{array}{c} \Delta U = Q + W \\ \uparrow \quad \quad \quad \nwarrow \\ \text{økning} + \quad \quad \uparrow \text{inn} + \quad \quad \text{på} + \end{array}$$

eks 7.1

tilført



Indre energi øker 75 J

a) Arbeidet på gassen = ?

$$\Delta U = Q + W$$

$$W = \Delta U - Q$$

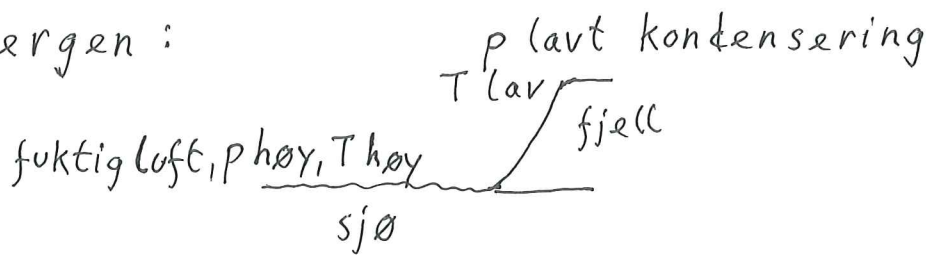
$$= 75 \text{ J} - 300 \text{ J} = \underline{-0,23 \text{ kJ}}$$

Adiabatisk prosess: Varmeisolert prosess, $Q = 0$
mens T endrer seg raskt.

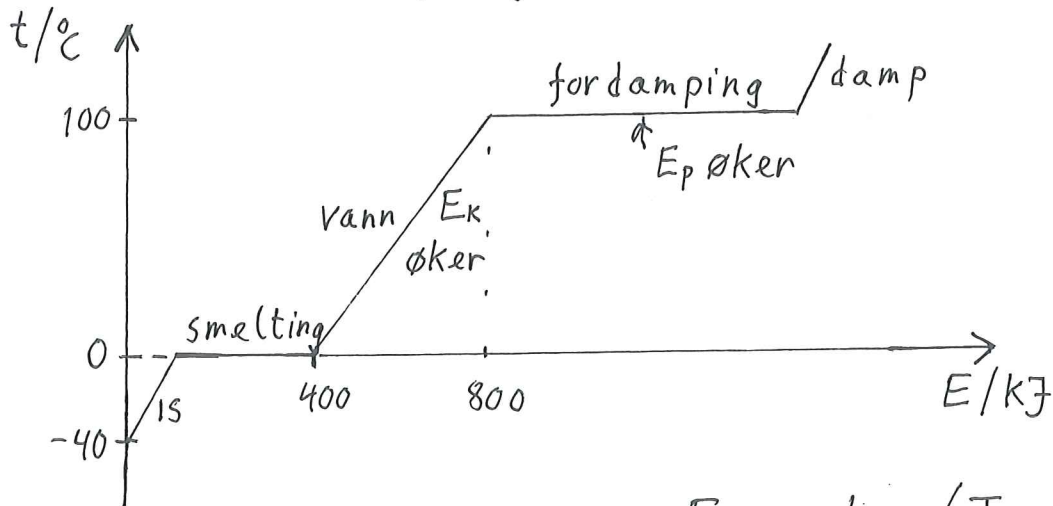
$$\Delta U = W$$

eks. 1. Dieselen antennes i en dieselmotor fordi
Luft komprimeres adiabatisk.

2. Regn i Bergen:



Faseoverganger og indre energi:



eks. Svetteing $\Rightarrow E_k$ avtar (T avtar)
 ΔT prop. ΔE_k

Energiloven: Energi kan ikke bli skapt av ingenting, og
kan ikke forsvinne, bare skifte form.

Kalorimeter

Varmen Q som trengs for å øke temp. i et legeme med $\Delta t = t_2 - t_1$ er:

$$Q = cm\Delta t$$

der c er den spesifikke varmekapasiteten

eks. 7.3 10kg glass avkjøles fra 35°C til $-15,0^\circ\text{C}$.
Hvor mye varme avgir glasset?

$$Q = cm\Delta t = 0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 10\text{kg} \cdot (35 - (-15,0))^\circ\text{C} = 8,4 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \cdot 50\text{K} \\ = \underline{0,42 \text{ MJ}}$$

Varmekapasiteten C for et sammensatt legeme:

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

eks 7.5 200g væske i en termos varmes opp.
 $7,00\text{kJ}$ varme øker temp. fra $15,2^\circ\text{C}$ til $28,0^\circ\text{C}$.
 $C = 50 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ for termosflaska.

a) Finn c for væska.

Mottatt varme = tilført varme

$$Q_v + Q_k = E$$

$$c_v m_v \Delta t + C_k \Delta t = E$$

$$c_v m_v \Delta t = E - C_k \Delta t$$

$$c_v = \frac{E}{m_v \Delta t} - \frac{C_k}{m_v}$$

$$c = \frac{7,00 \cdot 10^3 \text{ J}}{0,200\text{kg} \cdot (28,0 - 15,2)\text{K}} - \frac{50 \frac{\text{J}}{\text{K}}}{0,200\text{kg}} = \underline{2,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}$$

Fasevarme bryter bindinger og øker E_p for atomene.

Varmen Q som tilføres/avgis når et stoff skifter fase er:

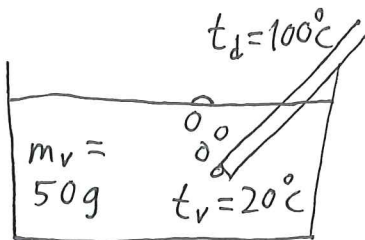
$$Q = l \cdot m$$

↑ spesifikk fasevarme

l_s for smelting/størkning

l_f for fordamping/kondensering

eks. 7.8 50g vann med $t = 20^\circ\text{C}$ tilføres 5,0g vanndamp med $t = 100^\circ\text{C}$. Finn slutttemp.



avgitt varme = mottatt varme

$$Q_{\text{kond}} + Q_{\text{d-vann}} = Q_{\text{vann}}$$

$$l_d m_d + c_v m_d \Delta t_{d-v} = c_v m_v \Delta t_v$$

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

$$l_d m_d + c_v m_d t_d - c_v m_d t = c_v m_v t - c_v m_v t_v$$

$$l_d m_d + c_v m_d t_d + c_v m_v t_v = c_v m_d t + c_v m_v t$$

$$= c_v (m_d + m_v) t$$

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

$$t = \frac{2259 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,0050 \text{kg} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,0050 \text{kg} \cdot 100^\circ\text{C} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,050 \text{kg} \cdot 20^\circ\text{C}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (0,0050 + 0,050) \text{kg}}$$

$$t = 76^\circ\text{C} \quad (349\text{K} \quad 100^\circ\text{C} = 373\text{K} \text{ og } 20^\circ\text{C} = 293\text{K})$$

Både $^\circ\text{C}$ og K kan brukes.

Energikvalitet : E_k nær 100% nyttbar.

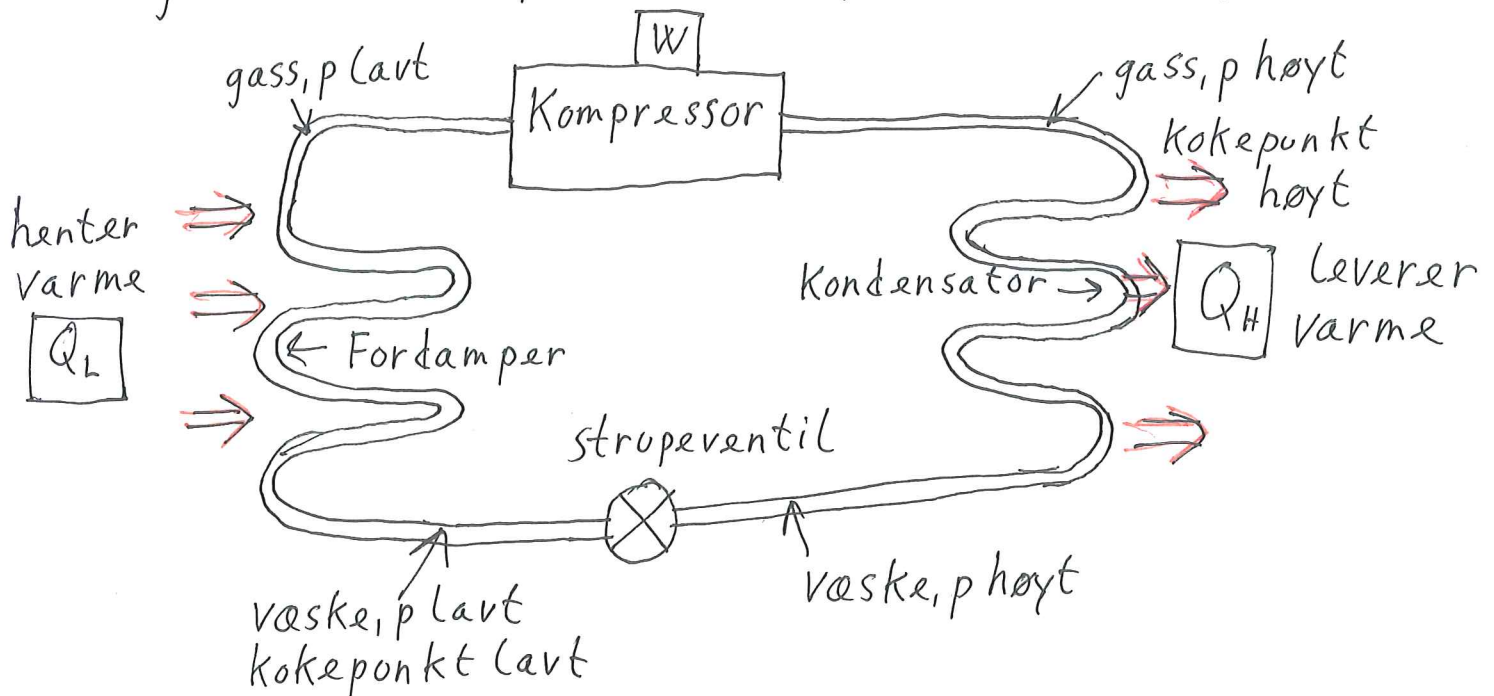
Varmeenergi har lav kvalitet.
Den er mindre nyttbar til arbeid.

Termofysikkens 2. lov:

Varme går ikke av seg selv fra et legeme med lav temp. til et legeme med høyere temp.

Kjøleskap og varmepumper

Utnytter at høyt p gir høyt kokepunkt og lavt p gir lavt kokepunkt til å frakte varme "feil vei".



Kompressor: Presser kjølemiddelet i gassform sammen.

Kondensator: Omgivelsene har lavere temp. enn kokepunktet.

Ventil: Kondensert kjølevæske får lavere p og kokepunkt.

Fordamper: Omgivelsene har høyere temp. enn kokepunktet.

Effekt faktoren varmepumpe $f = \frac{P}{P_e}$

$$\Rightarrow f = \frac{Q_H}{W} \quad \text{der } Q_H = P \cdot t \\ \text{og } W = P_e \cdot t$$

$P \leftarrow$ levert varmeeffekt
 $P_e \leftarrow$ tilført elektrisk effekt.

$f \sim 3$ i boliger $f \sim 10$ i fiskeoppdrettsanlegg på land.

Liten forskjell i temp. gir stor f.

eks 7.9 Varmepumpe har motor på 2,1kW.
Oppvarmingen er på 60kW.

a) Hvor mye varme henter pumpe utenfra hvert sek?

$$Q_H = 60 \text{ kJ} \quad W = 2,1 \text{ kJ}$$

$$Q_L = Q_H - W$$

$$= 60 \text{ kJ} - 2,1 \text{ kJ} = \underline{3,9 \text{ kJ}}$$

b) Finn effektfaktoren.

$$f = \frac{Q_H}{W} = \frac{60 \text{ kJ}}{2,1 \text{ kJ}} = \underline{2,9}$$