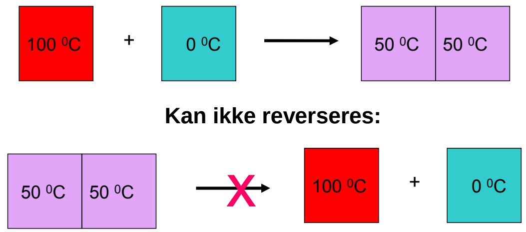
Kretsprosesser. 2. hovedsetning

Reversible og irreversible prosesser (20.1)
Adiabatisk prosess (19.8)
Kretsprosesser:
- varmekraftmaskiner (20.2+3)
- kjølemaskiner (20.4)

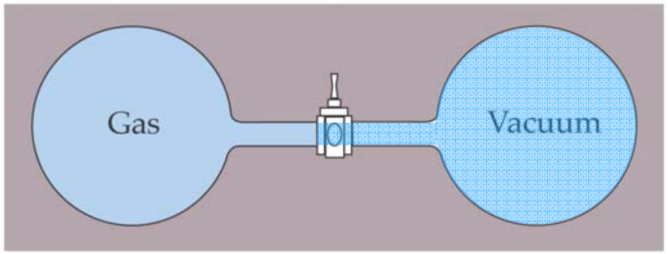
Carnotsyklusen (20.6)
2. hovedsetning (20.5)
- Carnots teorem og Carnots (u)likhet

Entropi (20.7)
Entropien mikroskopisk forklart (20.8)

Irreversibel prosess:

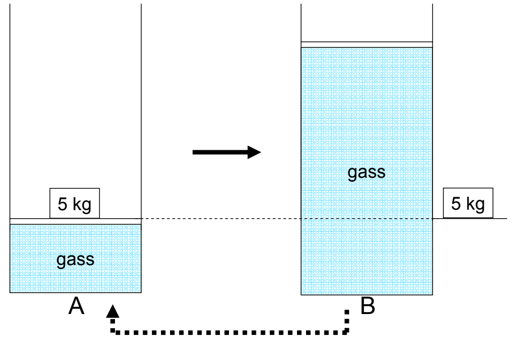


Åpne krana => irreversibel prosess.



La oss se på mer kontrollert gassutvidelse.

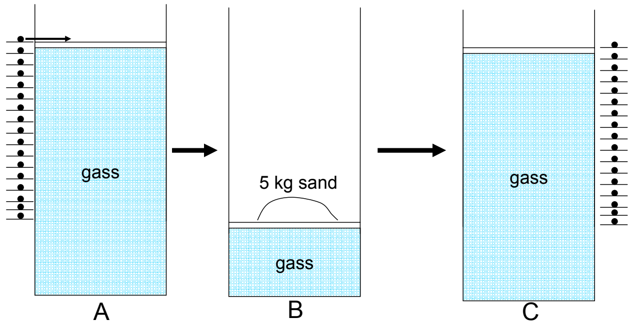
Irreversibel prosess.



A -> B: Skyve av lodd

Retur til A kun ved å påføre arbeid (løfte opp 5kg-loddet)

Reversibel prosess

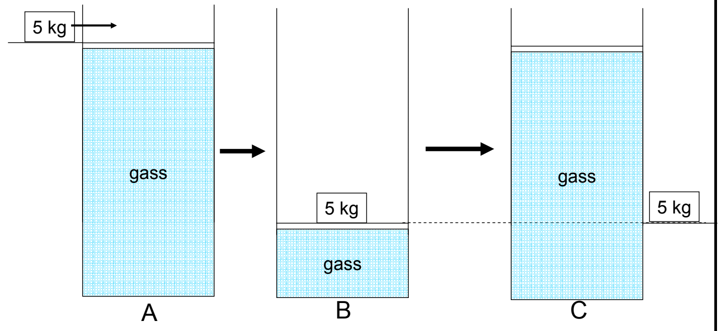


A -> B: Skyve sandkorn inn

B -> C: Skyve sandkorn ut

Tilstand C = tilstand A !

Irreversibel prosess



A -> B: Skyve inn lodd

B -> C: Skyve av lodd

Tilstand C ≠ tilstand A !

Retur til A kun ved å påføre arbeid (løfte opp 5kg-loddet)

Reversible prosesser:

Termisk likevekt under hele prosessen

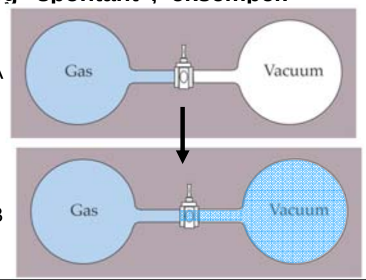
Langsomt og kontrollert

Irreversible prosesser:

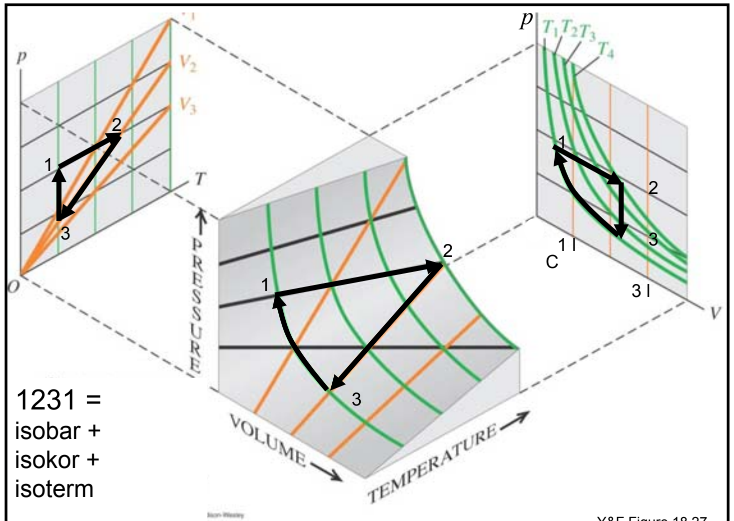
Ikke termisk likevekt under prosessen

Raskt og ”spontant”, eksempel:

A



B



1231 =
isobar +
isokor +
isoterm

Y&F Figure 18.27

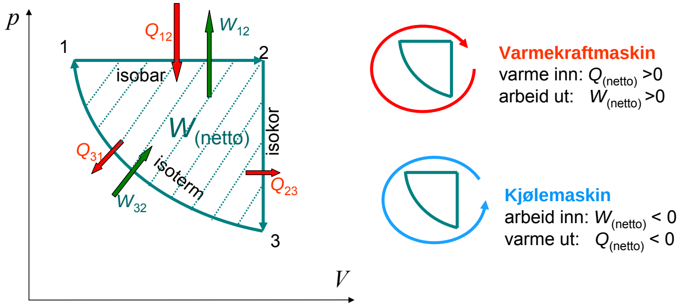
Kretsprosess: Start = Slutt

$U_1 = U_1$

$\Delta U = 0$

$Q_{(netto)} = W_{(netto)}$

Eksempel:



Adiabatiske prosesser ideell gass

- Bevis adiabatlikningen pV^{γ} = konstant

v.h.a:

- 1. hovedsetning: $\mathrm{d}Q = \mathrm{d}U + p\mathrm{d}V = 0$
- Varmekapasiteter ideell gass:
  - Konst. volum: $C_V = (\mathrm{d}Q/\mathrm{d}T)_V \cdot 1/n = \mathrm{d}U/\mathrm{d}T \cdot 1/n$
  - Konst. trykk: $C_p = (\mathrm{d}Q/\mathrm{d}T)_p \cdot 1/n = (\mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V)/\mathrm{d}T \cdot 1/n = C_V + R$
- Gassloven $pV = nRT$
- Definerer adiabatkonstanten $\gamma = C_p/C_V$

Adiabatiske prosesser [Y&F 19.8, H&S 11.6 L&H&L 15.3]

- Ingen varmeutveksling med omgivelser: $Q = 0$

  1. lov: $\Delta U = Q - W = -W$

  Dvs. alt arbeid gjøres på bekostning av indre energi

- Reversibel, adiabatisk prosess: alltid likevekt

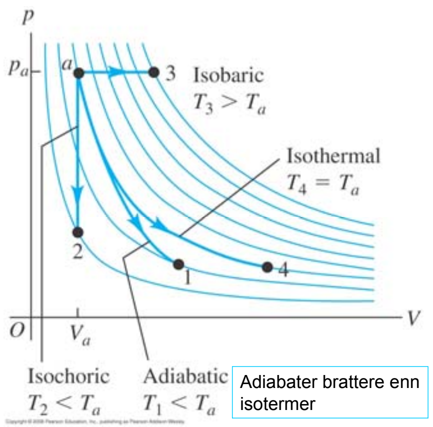
- Adiabatlikningen ideell gass:

  pV^{γ} = konstant

  $TV^{\gamma-1}$ = konstant

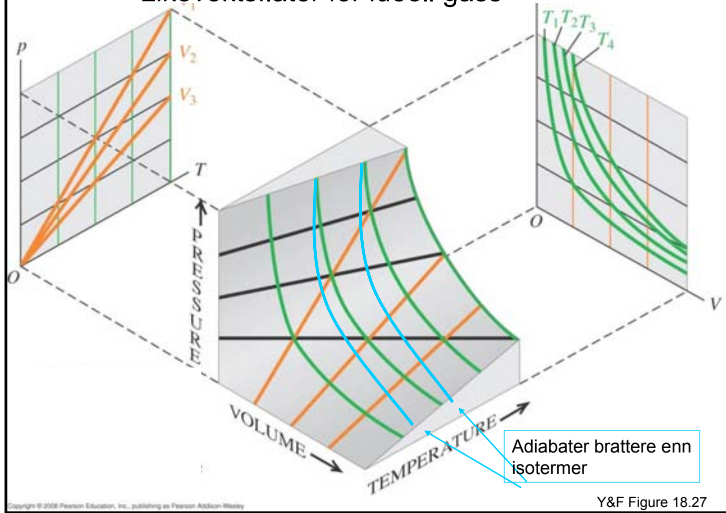
  $T^{\gamma}p^{1-\gamma}$ = konstant

Adiabatisk prosess i tilstandsdiagram



Y&F Figure 19.16

Likevektsflater for ideell gass

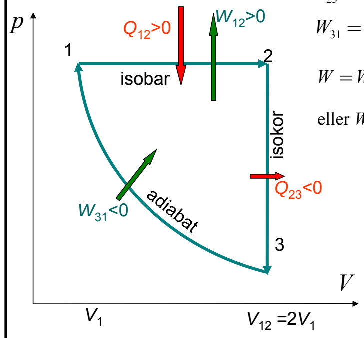


Y&F Figure 18.27

Eks 1. Kretsprosess med adiabat

$\Delta U = 0$

$Q_{(\text{netto})} = W_{(\text{netto})}$



$$T_2 = 2T_1$$

$$T_3 = T_1\left(\frac{1}{2}\right)^{2/3} = T_1 \cdot 0{,}630$$

$$W_{12} = p_1 V_1 = nRT_1$$

$$W_{23} = 0$$

$$W_{31} = -\Delta U_{13} = -C_V n(T_1 - T_3) = -\frac{3}{2} nRT_1\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{2/3}\right)$$

$$W = W_{12} + W_{31} = nRT_1 \frac{1}{2}\left(3\left(\frac{1}{2}\right)^{2/3} - 1\right) = nRT_1 \cdot 0{,}445$$

eller W_{31} mer arbeidssomt:

$$W_{31} = \int_3^1 p\,dV = p_1 V_1^{\gamma} \int_3^1 V^{-\gamma} \mathrm{d}V$$

$$= p_1 V_1^{\gamma} \frac{1}{1-\gamma}\left[V_1^{1-\gamma} - V_3^{1-\gamma}\right]$$

$$= p_1 V_1 \frac{1}{1-\gamma}\left[1 - \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{1-\gamma}\right]$$

$$= -\frac{3}{2} nRT_1\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{2/3}\right)$$

Eks 2. Adiabatlikning i atmosfæren

Luft stiger 100 m og utvider seg adiabatisk.
Hvor mye synker tempen?

Oppgitt: $T_0 = 0\ ^{\mathrm{o}}\mathrm{C} = 273\ \mathrm{K}$
$p_0 = 1{,}00\ \mathrm{atm} = 760\ \mathrm{mm\ Hg}$
$\Delta p = -0{,}013\ \mathrm{atm} = -10\ \mathrm{mm\ Hg}$ per 100 m opp
Toatomig gass: $\gamma = 7/5$

$$T^{\gamma} p^{1-\gamma} = T_0^{\gamma} p_0^{1-\gamma}$$

$$T\, p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_0 p_0^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$T = T_0\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 273{,}0\,\mathrm{K} \cdot \left(\frac{750}{760}\right)^{\frac{2}{7}} = 272{,}0\,\mathrm{K}$$

Dvs. $\Delta T = -1$ K per 100 m høyde
Mer realistisk:
$\Delta T = -1$ K per 150 m høyde