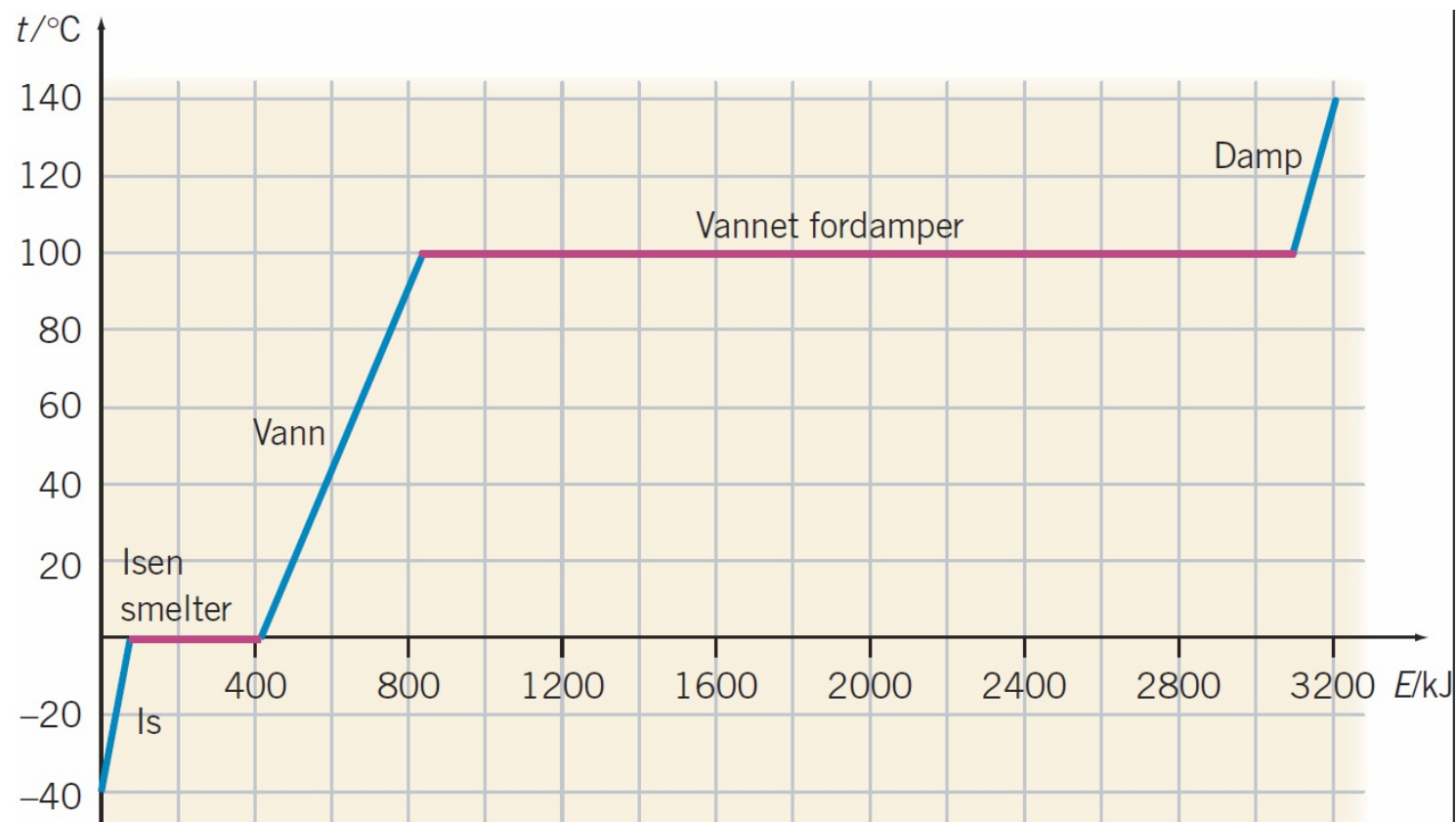


# Varmekapasitet, faseoverganger og fasevarme

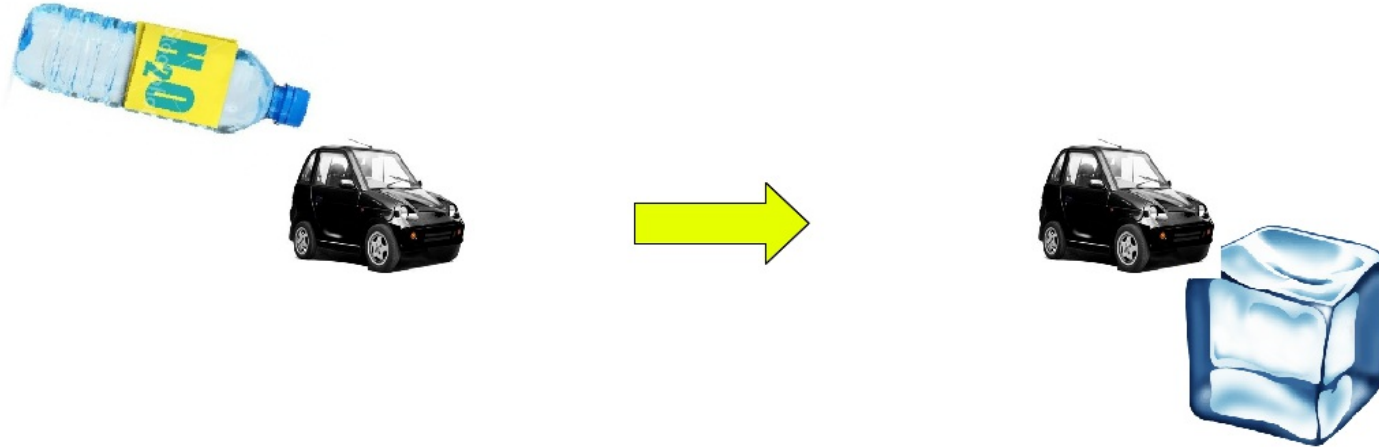


Adiabatiske prosesser: Fønvind



## Termofysikkens 2. lov

Alle ting som er varme har energi, men hvorfor kan vi ikke helle (varmt) vann på bilen, kjøre rundt en stund på den energien, og kaste ut en isklump til slutt?



Termofysikkens 2. lov: Kan vi omdanne termisk energi til nyttig arbeid? Indre kinetisk energi til ytre?

Ekvivalente formuleringer:

- Det er umulig å lage en maskin som tar energi fra termiske bevegelser og gjør alt om til arbeid.
- Varme strømmer alltid fra høy til lav temperatur.
- Entropien i universet som helhet kan ikke avta.

Entropi,  $S$

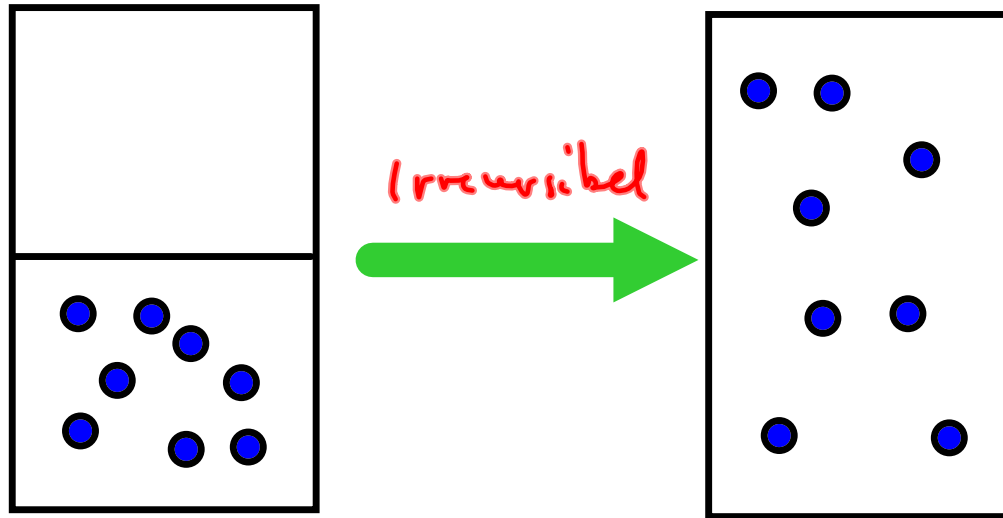
For en reversibel prosess:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

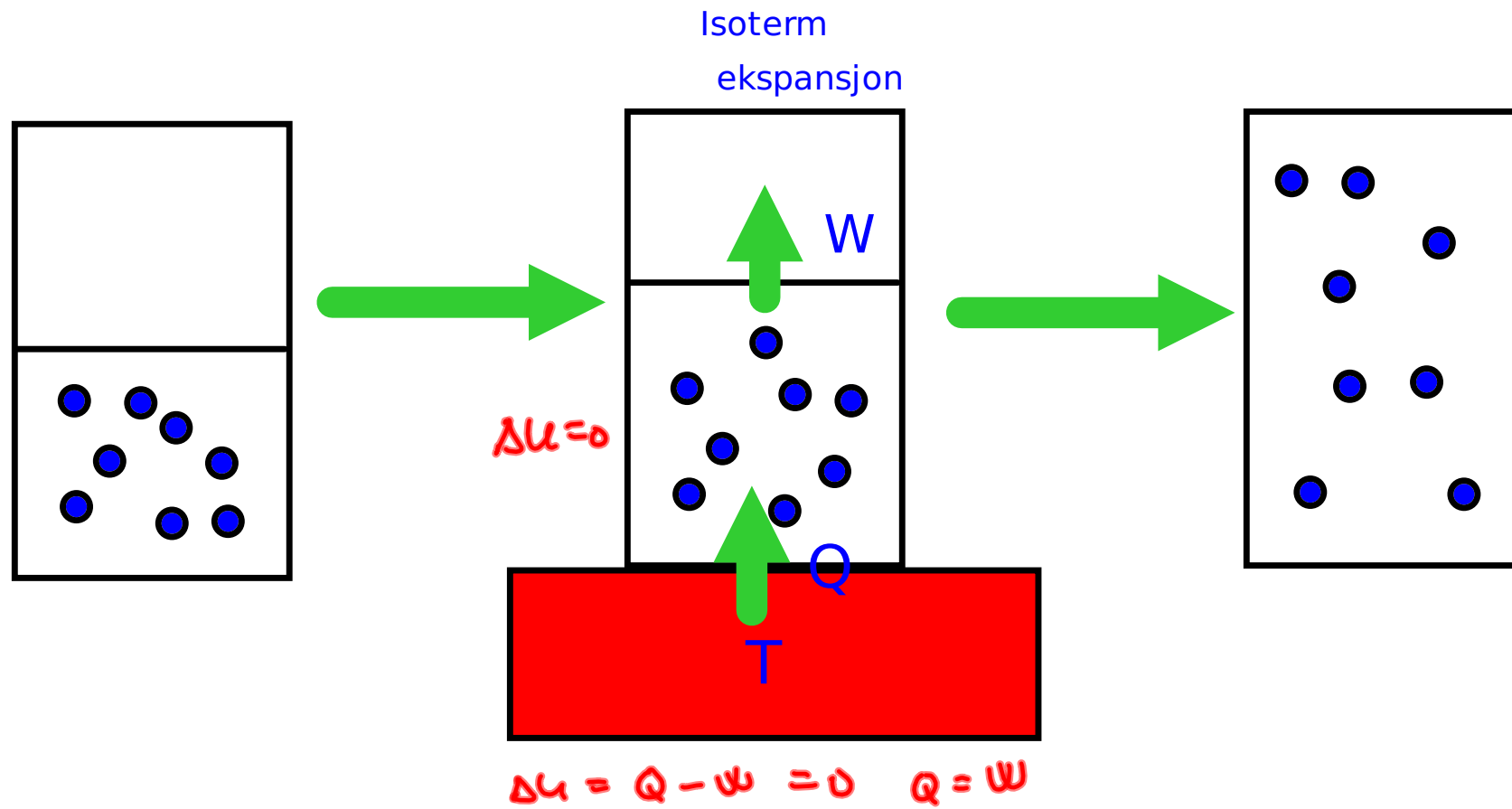
↑  
Endring i entropi

# Reversible og irreversible prosesser

Eksempel: Fri ekspansjon av en gass



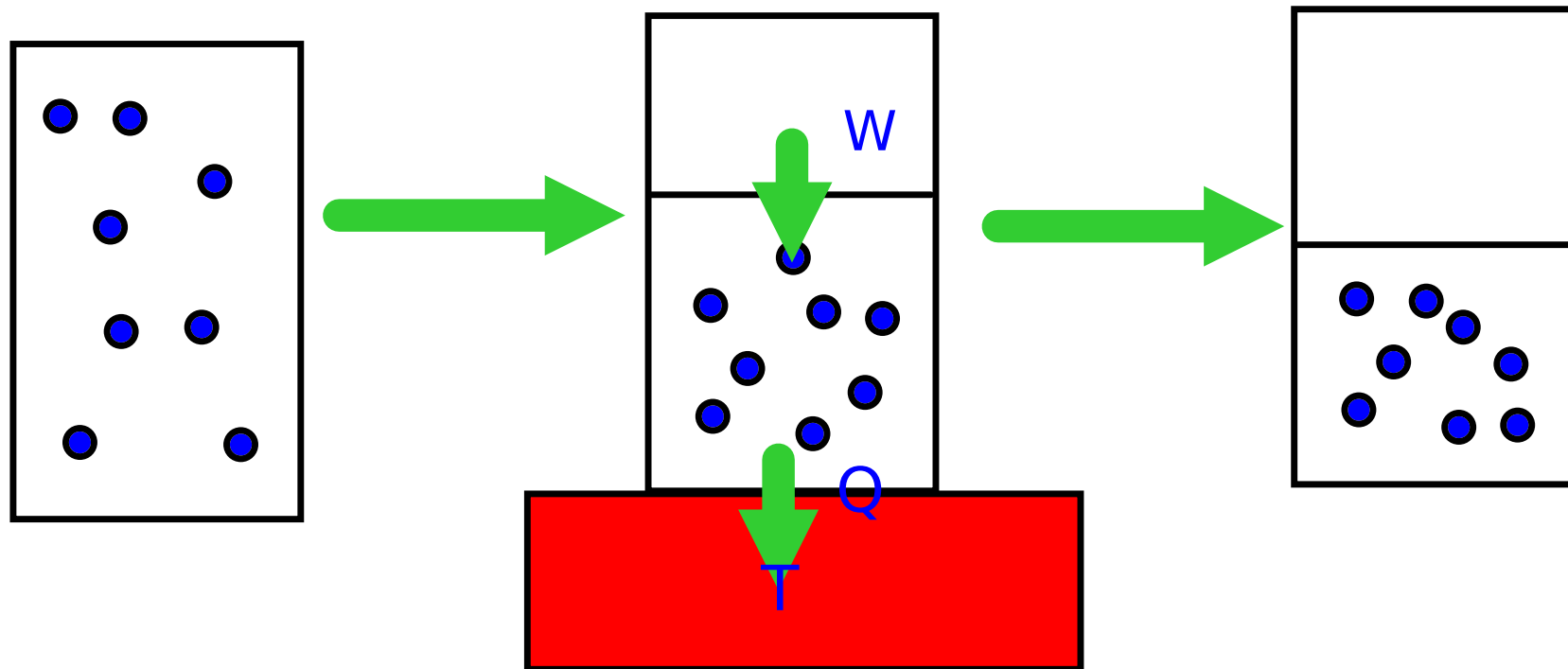
Vi kan gjøre samme prosessen reversibelt



Dette kan reverseres ved en (uendelig) liten forandring av krafta på

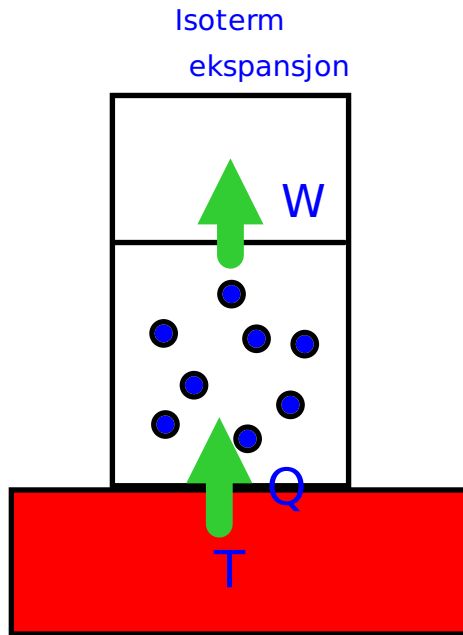
stempelet

Isoterm  
kompresjon





Arbeid ved isoterm ekspansjon (ikke pensum)



$$\Delta W = F \cdot s = p \cdot A \cdot s = p \Delta V$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = NkT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV$$

$$= NkT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$p_{V_2} = \frac{NkT}{V_2}$

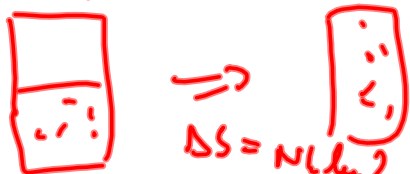
$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{W}{T} = Nk \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$V_2 = 2V_1 \quad ; \quad \Delta S = Nk \ln 2$$

$$\Delta S_{\text{omg}} = -\frac{Q}{T} = -\Delta S$$

$$\Delta S_{\text{tot}} = \Delta S + \Delta S_{\text{omg}} = 0$$

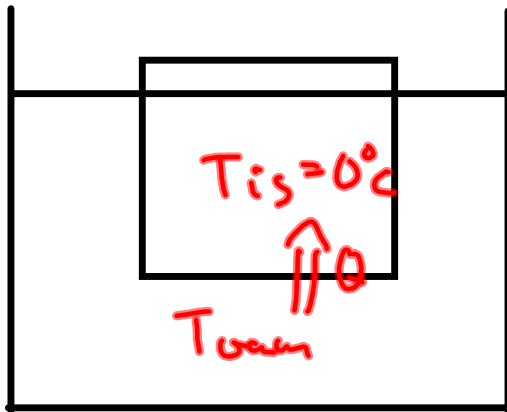
lover:



$$\Delta S_{\text{omg}} = 0$$

$$\Delta S_{\text{tot}} = \Delta S > 0$$

Eksempel: Smelting av is



$$\Delta S_{is} = \frac{Q}{T_{is}}$$

$$\Delta S_{uavn} = -\frac{Q}{T_{uavn}}$$

$$T_{uavn} = T_{is} = 273\text{K} :$$

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_{is} + \Delta S_{uavn} = 0$$

Reversibel

$$T_{uavn} > T_{is} :$$

$$|\Delta S_{uavn}| = +\frac{Q}{T_{uavn}} < \frac{Q}{T_{is}} = \Delta S_{is}$$

$$\Delta S_{tot} > 0 \quad \text{irreversibel}$$