

Ciepło

- Przepływ ciepła
- Entropia
- Równowaga termodynamiczna
- Układ $T - s$
- Graficzna interpretacja ciepła

w4

Ciepło

Termodynamika techniczna

Obiekt makroskopowy

Parametry

Temperatura
(energia wewnętrzna)

Ciśnienie

Objętość

Procesy

Ciepło

Praca

Ciepło

Termodynamika techniczna

Obiekt mikroskopowy

Parametry

Energia kinetyczna

Pęd

Moment pędu

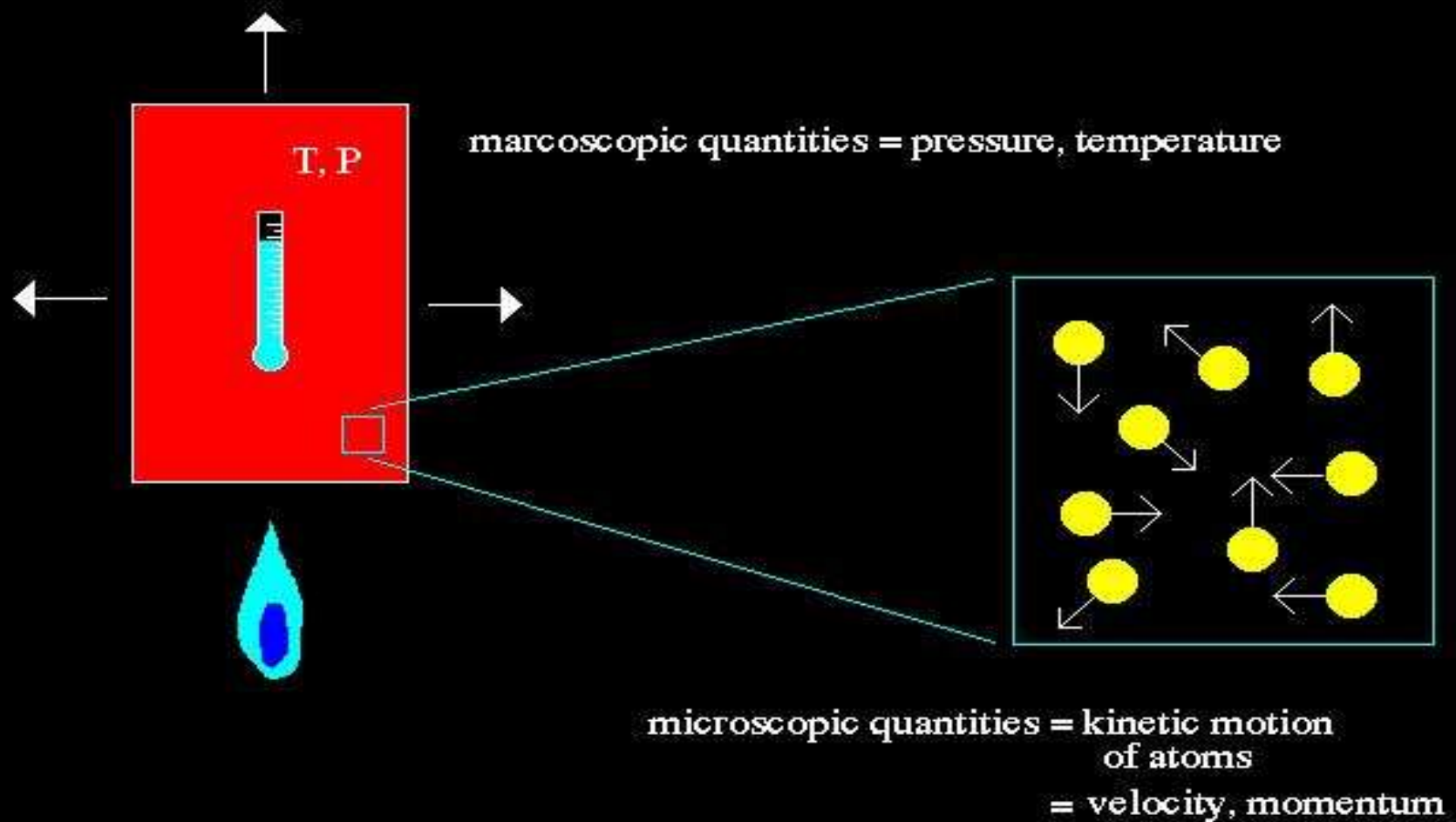
Procesy

Zderzenia

(wymiana energii

kinetycznej, pędu,
momentu pędu)

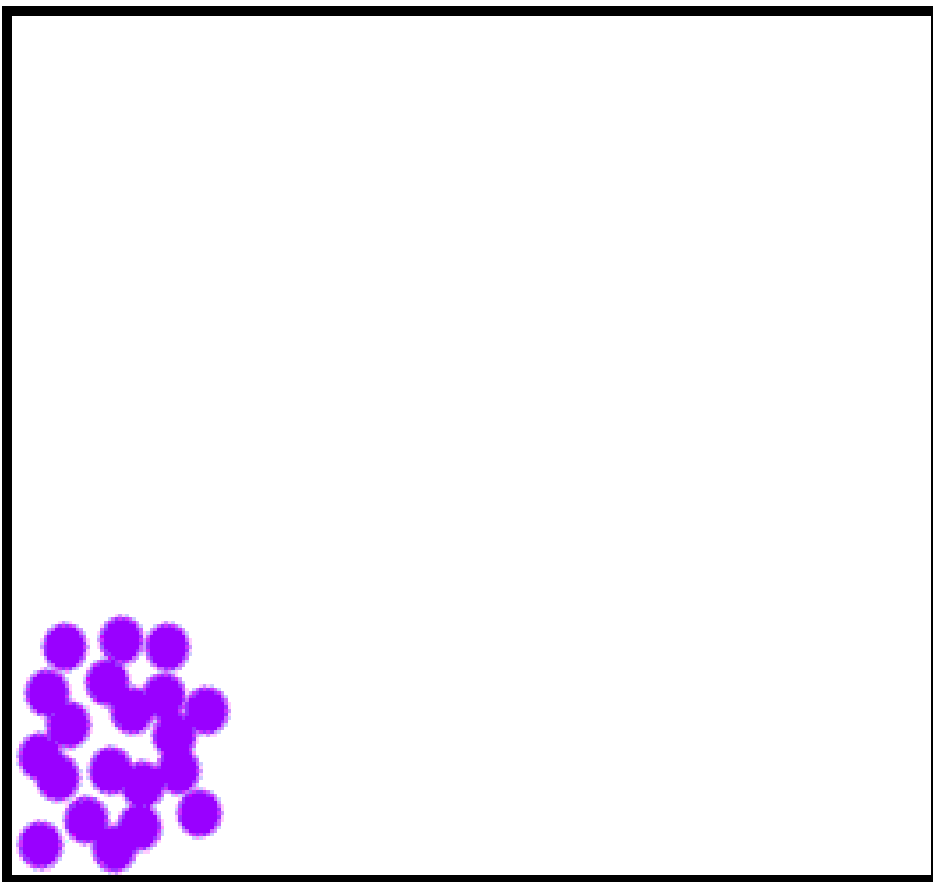
Ciepło



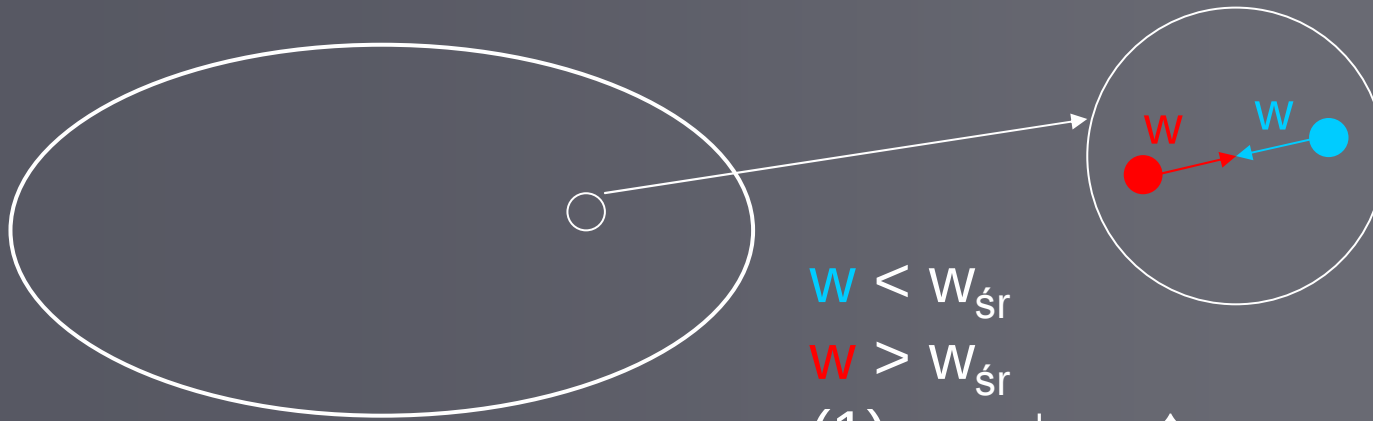
w4

Ciepło

Termodynamika techniczna



Ciepło



$$W < W_{\text{śr}}$$

$$W > W_{\text{śr}}$$

$$(1) - W \downarrow; W \uparrow$$

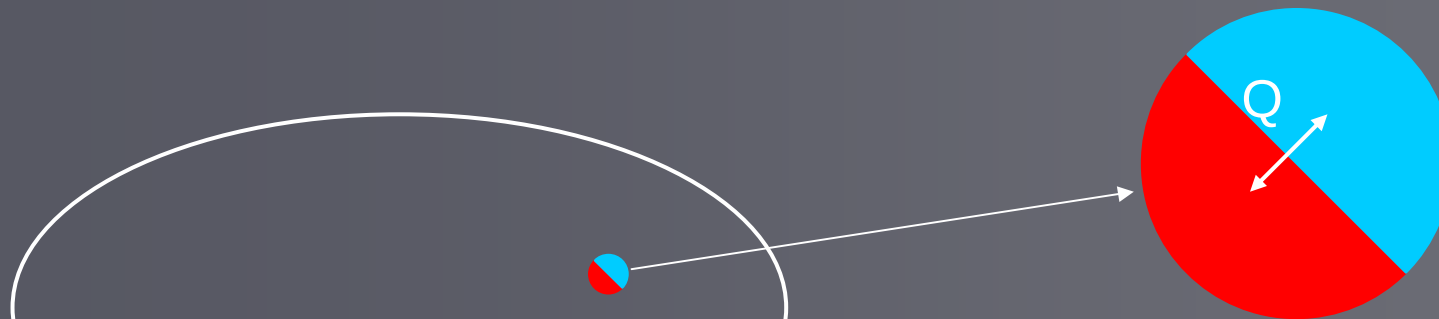
$$(2) - W \uparrow \Rightarrow W \rightarrow W_{\text{śr}}; W \downarrow$$

$$\Rightarrow W \rightarrow W_{\text{śr}}$$

$$(3) - W = \text{const}$$

$$W = \text{const}$$

Ciepło



$$T > T_{\text{śr}}$$

$$T < T_{\text{śr}}$$

$$(1) - T \downarrow; T \uparrow$$

$$(2) - T \uparrow \Rightarrow T \rightarrow T_{\text{śr}}; T \downarrow \Rightarrow$$

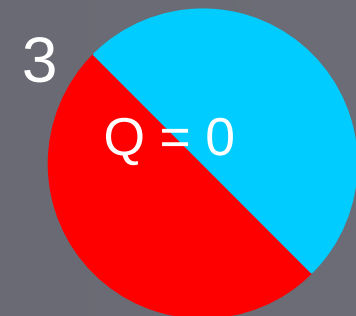
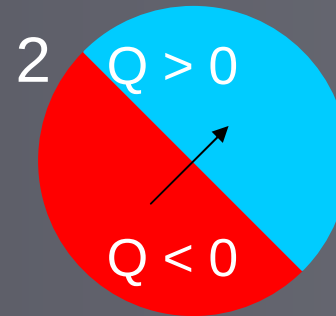
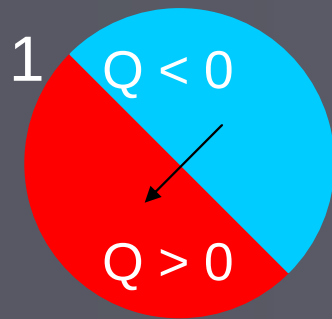
$$T \rightarrow T_{\text{śr}}$$

$$(3) - T = \text{const}$$

$$T = \text{const}$$

Ciepło

Termodynamika techniczna



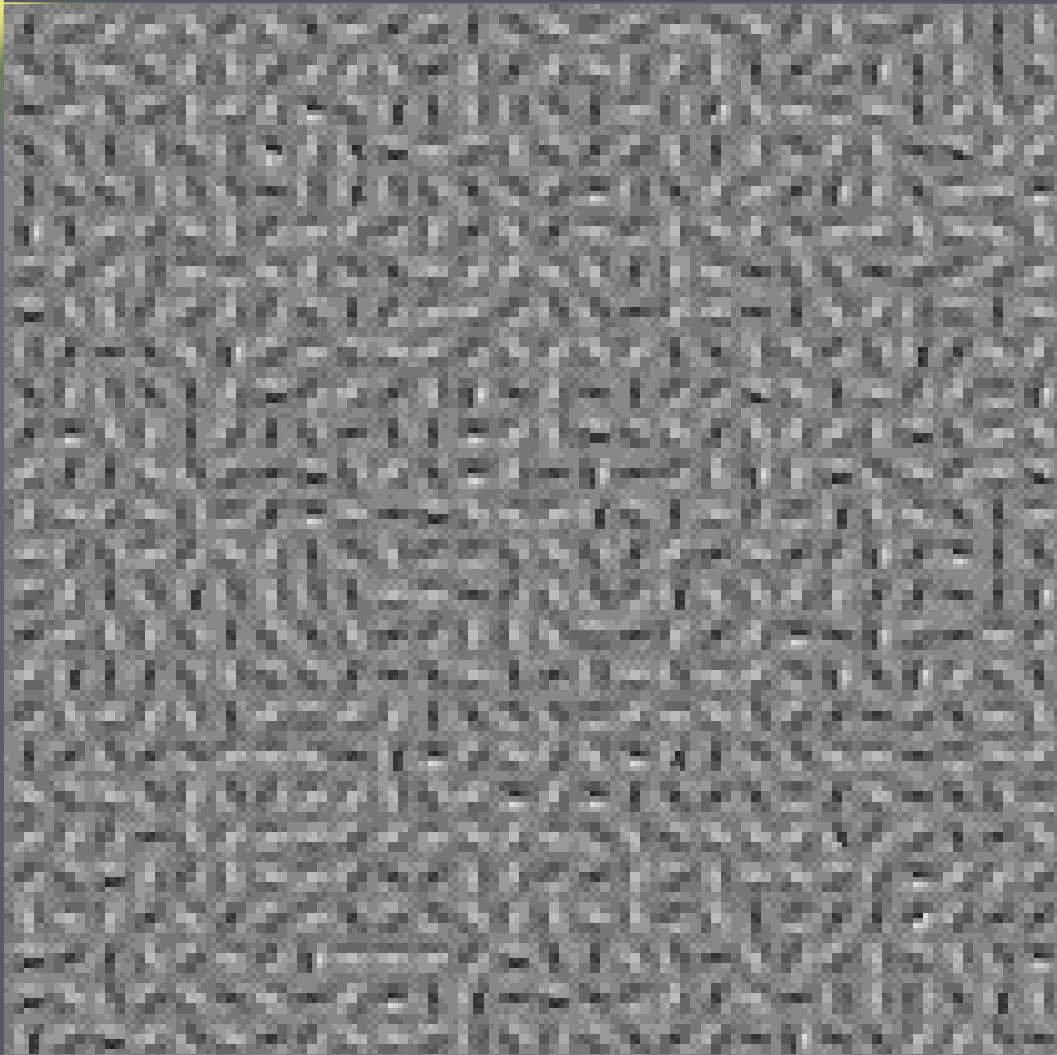
Ciepło

- Jeśli przepływ ciepła w tym kierunku określimy jako odstępstwo od równowagi termodynamicznej (temperatury w wyniku swobodnego przepływu ciepła się wyrównują, a nie różnicują), to jednoprocentowe odchylenie od temperatury równowagi występuje:
 - w sześciacie o boku 0,2 [mm] 109 razy na [s]
 - w sześciacie o bok 10 [mm] raz na [s].

w4

Ciepło

Termodynamika techniczna



Ciepło

- Stosunek ciepła do temperatury ośrodka wymieniającego ciepło nazywamy ciepłem zredukowanym
- Wymiana ciepła jest procesem i ciepło zredukowane określa zmianę pewnego parametru termodynamicznego
- Parametr ten nazywamy entropią

Ciepło

Termodynamika techniczna

$$\Delta S_{1,2} = \frac{Q_{1,2}}{T} \quad \left[\frac{kJ}{K} \right]$$

$$\Delta s_{1,2} = \frac{q_{1,2}}{T} \quad \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$$

Ciepło

$$ds = \frac{dq}{T}$$

Ciepło

$$dq = di - v \bullet dp$$

$$ds = c_p \bullet \frac{dT}{T} - \frac{v}{T} \bullet dp$$

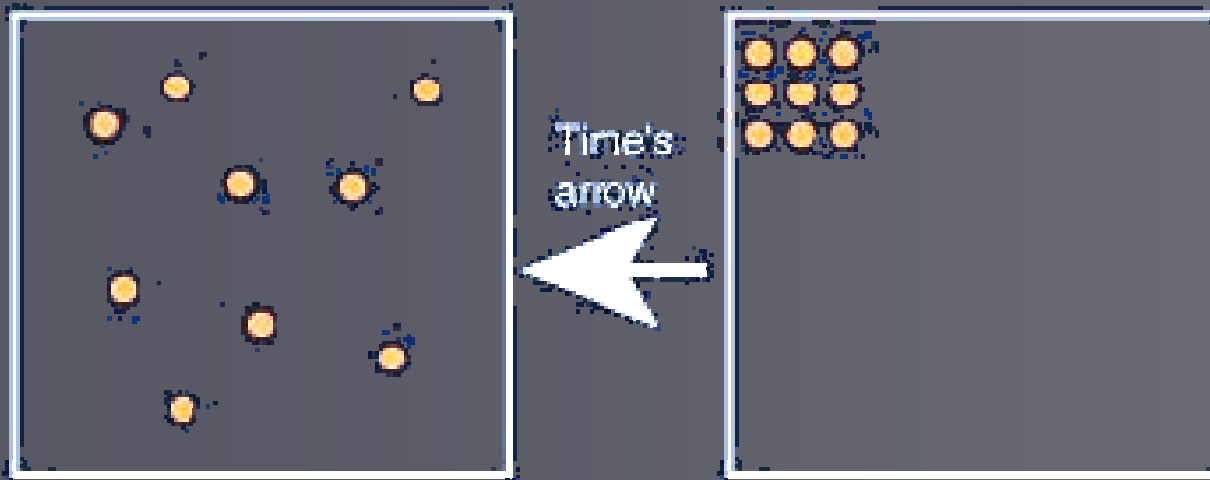
$$ds = c_p \bullet \frac{dT}{T} - R \bullet \frac{dp}{p}$$

$$\Delta s = c_v \bullet \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} - R \bullet \int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{p}$$

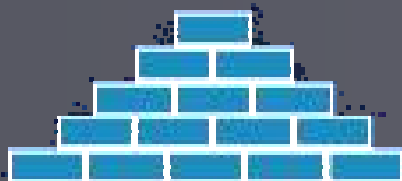
$$s_2 - s_1 = c_v \bullet \ln \frac{T_2}{T_1} - R \bullet \ln \frac{p_2}{p_1}$$

Ciepło

If the particles represent gas molecules at normal temperatures inside a closed container, which of the illustrated configurations came first?



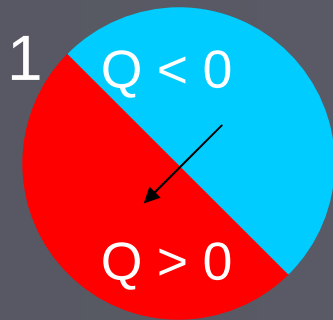
If you tossed bricks off a truck, which kind of pile of bricks would you more likely produce?



Disorder is more probable than order.

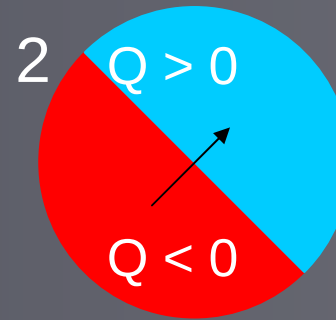


Ciepło



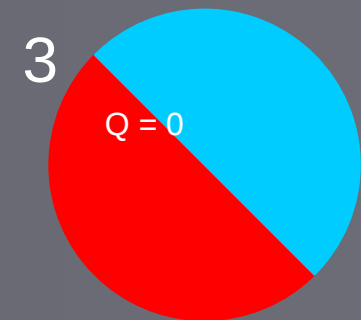
$$|\Delta S| > |\Delta S|$$

$$\Sigma(\Delta S) < 0$$



$$|\Delta S| > |\Delta S|$$

$$\Sigma(\Delta S) > 0$$



$$|\Delta S| = \Delta S = 0$$

Ciepło

- Osiąganie równowagi termodynamicznej można przedstawić jako przepływ wewnątrz układu z obszarów o temperaturze wyższej do obszarów o temperaturze niższej
- Obszar o temperaturze wyższej ciepło oddaje, czyli ciepło ma znak ujemny, a obszar o temperaturze niższej ciepło pobiera, czyli ciepło ma znak dodatni.

Ciepło

- Suma ciepła pobranego i oddanego będzie równa zero
- Suma stosunków ciepła do temperatury obszaru, w którym wymieniamy ciepło nie będzie równa zero

Ciepło

Termodynamika techniczna

$$T_A > T_B$$

$$Q_A < 0 \quad Q_B > 0$$

$$|Q_A| = |Q_B|$$

$$\left| \frac{Q_A}{T_A} \right| < \left| \frac{Q_B}{T_B} \right|$$

$$(-) \frac{Q_A}{T_A} + (+) \frac{Q_B}{T_B} > 0$$

Ciepło

- Ciepło właściwe będące stosunkiem ciepła do różnicy temperatur jest całkowicie inną wielkością fizyczną niż entropia
- Ciepło właściwe jest własnością gazu, a nie parametrem termodynamicznym układu
- Entropia jest parametrem termodynamicznym układu termodynamicznego i nie jest własnością gazu

Ciepło

Ciepło może być określone przy pomocy entropii

$$Q_{1,2} = T \bullet \Delta S_{1,2}$$

$$q_{1,2} = T \bullet \Delta s_{1,2}$$

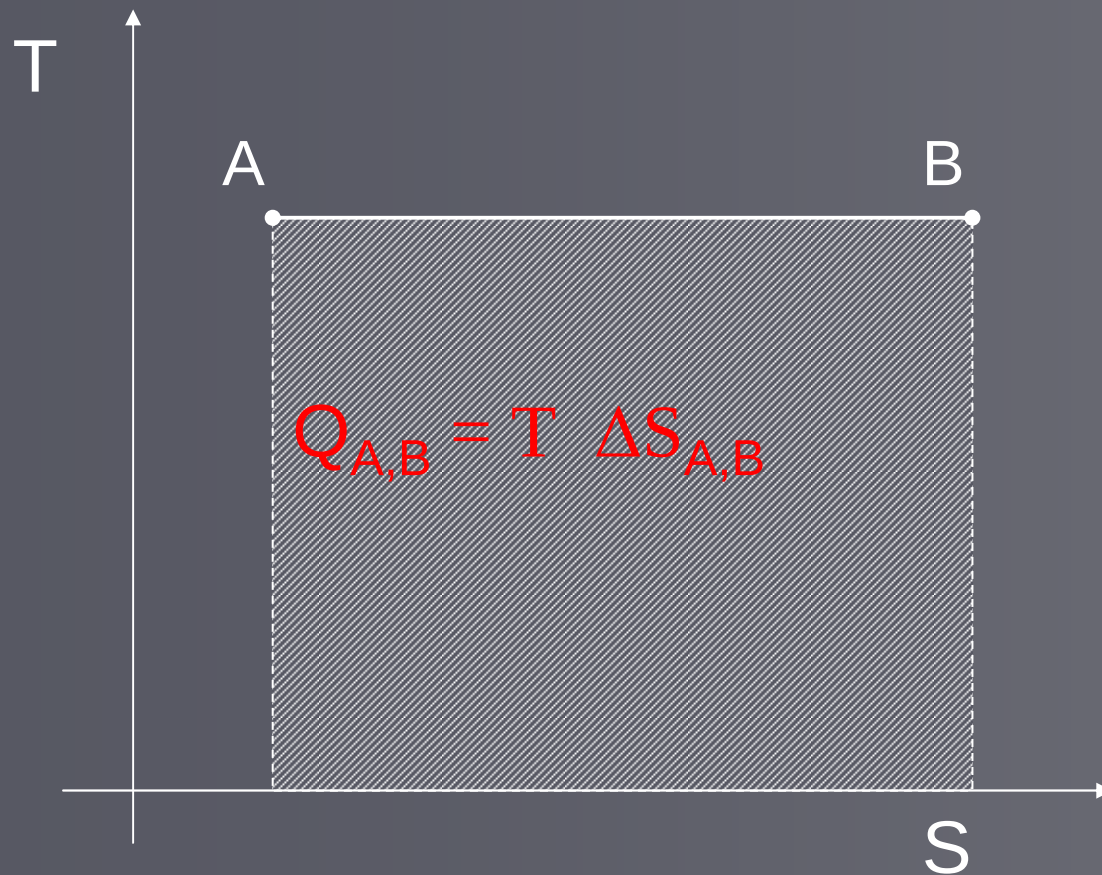
$$dq = T \bullet ds$$

$$q = \int T \bullet ds$$

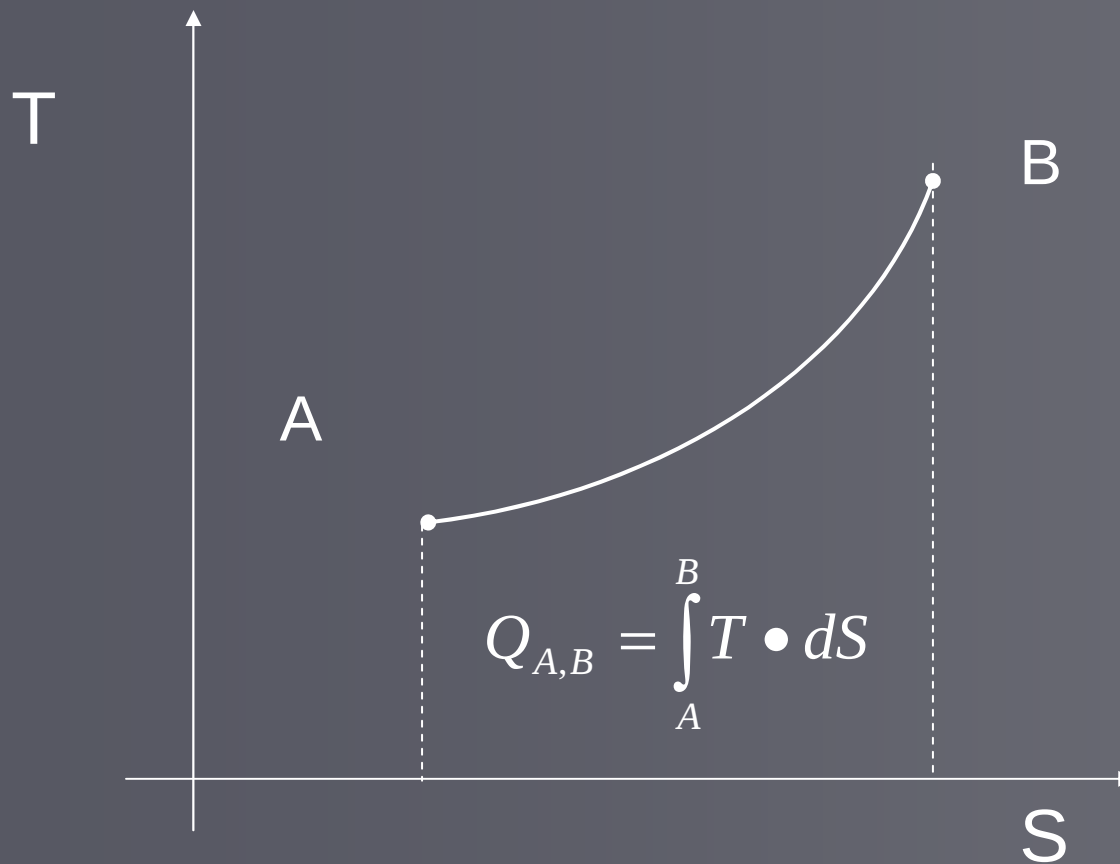
Ciepło

W układzie T-s można przedstawić graficznie ciepło, jako wielkość pola położonego pod krzywą przemiany

Ciepło



Ciepło



Ciepło

$$L_{1,2} = p \cdot \Delta V_{1,2}$$

$$Q_{1,2} = T \cdot \Delta S_{1,2}$$

Ciepło

$$p \bullet V = R \bullet T$$

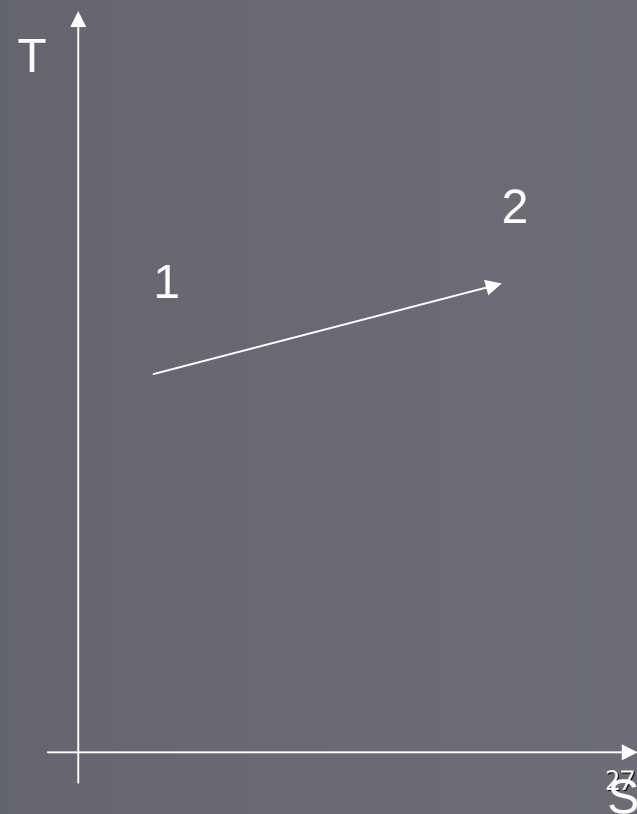
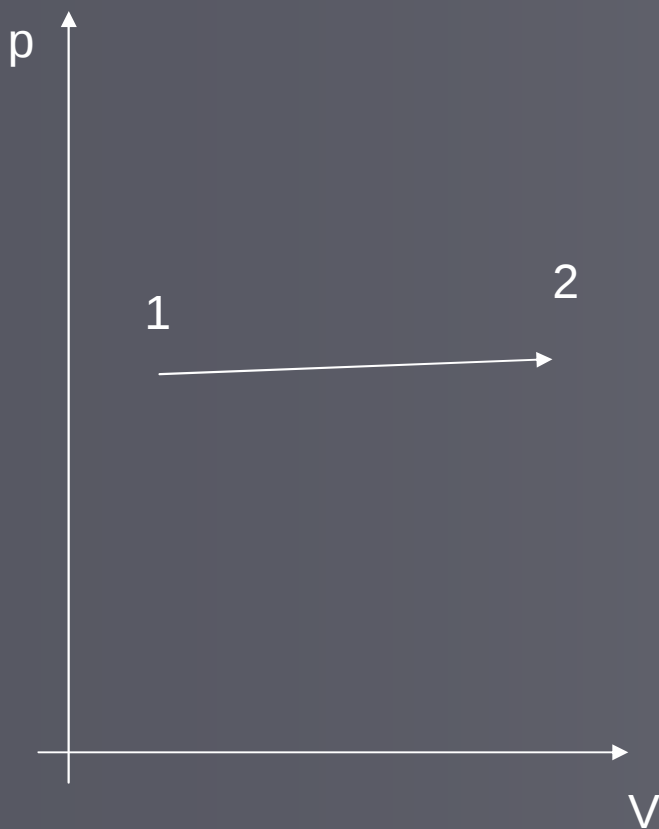
$$Q_{1,2} > 0 \Rightarrow L_{1,2} > 0$$

$$(p > 0 \cap T > 0) \Rightarrow V \uparrow \cap S \uparrow$$

w4

Ciepło

Termodynamika techniczna



Ciepło

$$p \bullet V = R \bullet T$$

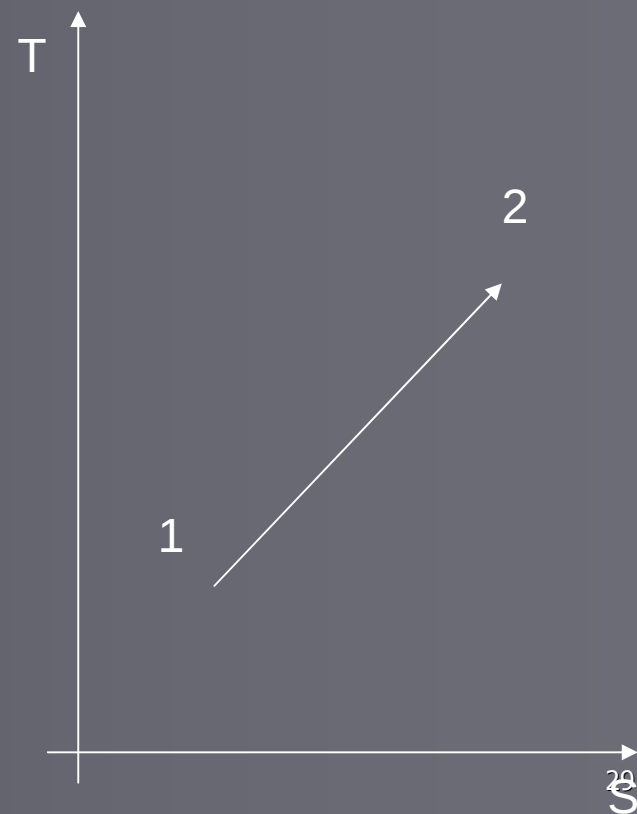
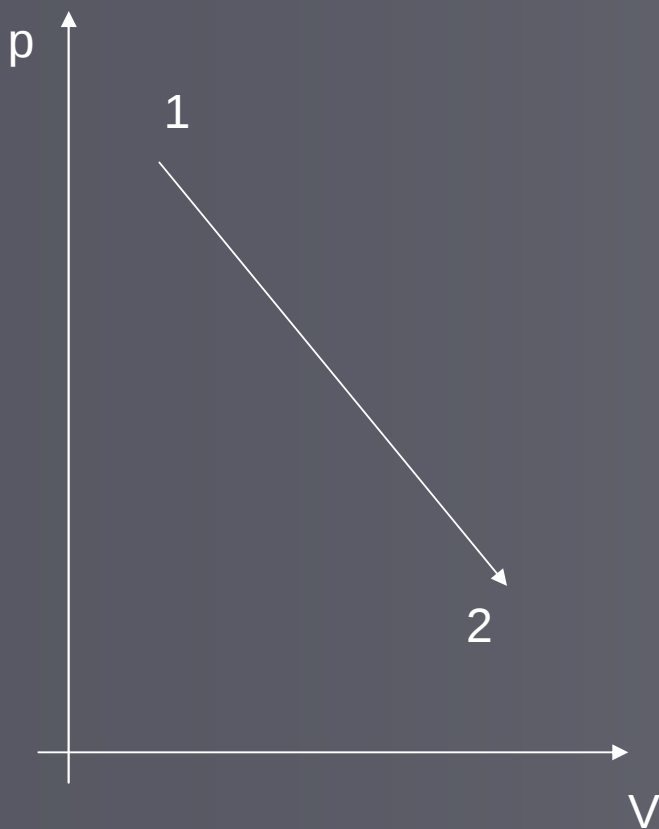
$$p = \text{const} \Rightarrow (V \uparrow \cap T \uparrow) \cup (V \downarrow \cap T \downarrow)$$

$$T = \text{const} \Rightarrow (p \uparrow \cap V \downarrow) \cup (p \downarrow \cap V \uparrow)$$

w4

Ciepło

Termodynamika techniczna



Ciepło

$$T, S \rightarrow (T \uparrow \cap S \uparrow) \cup (T \downarrow \cap S \downarrow)$$

$$p, V \rightarrow (p \uparrow \cap V \downarrow) \cup (p \downarrow \cap V \uparrow)$$