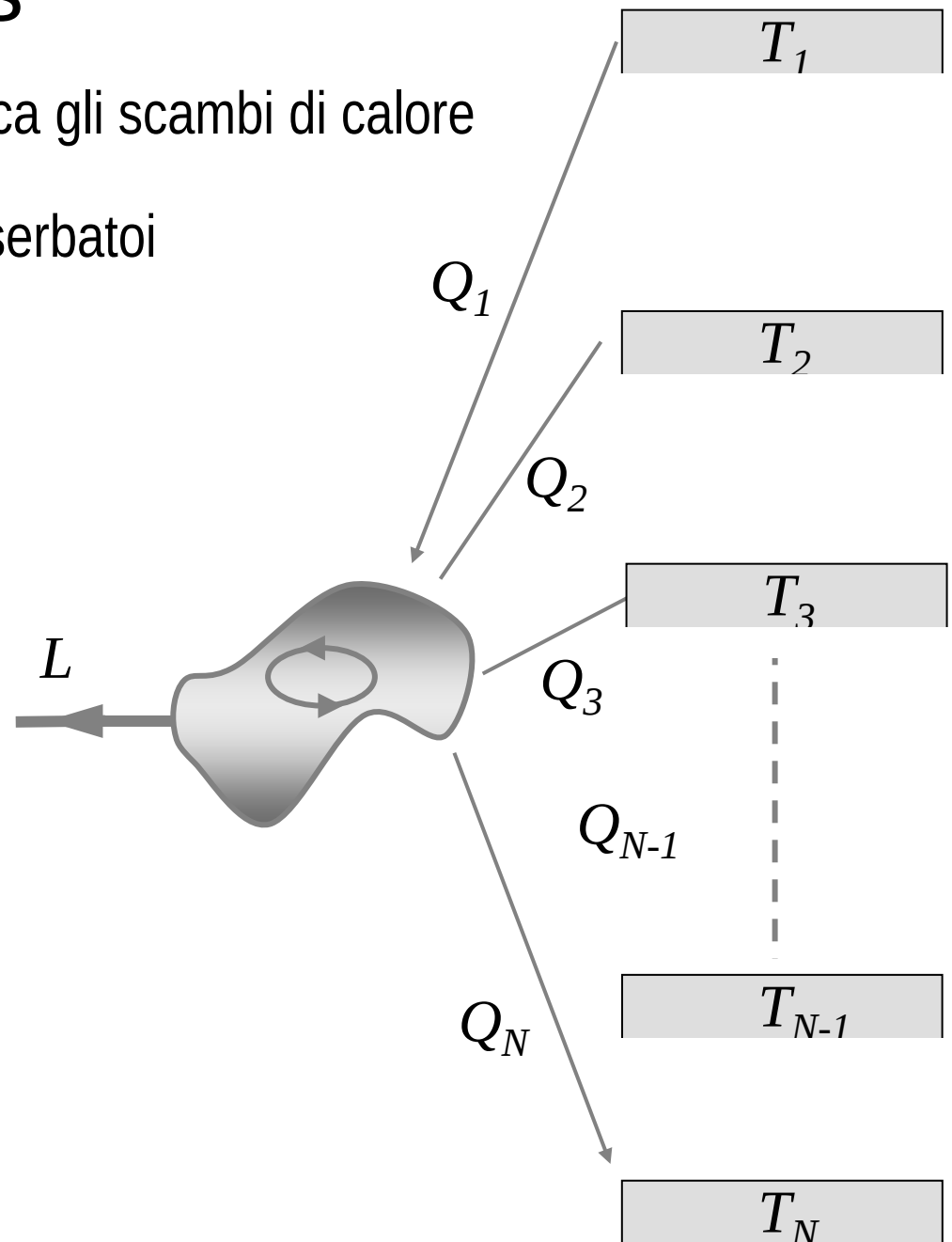
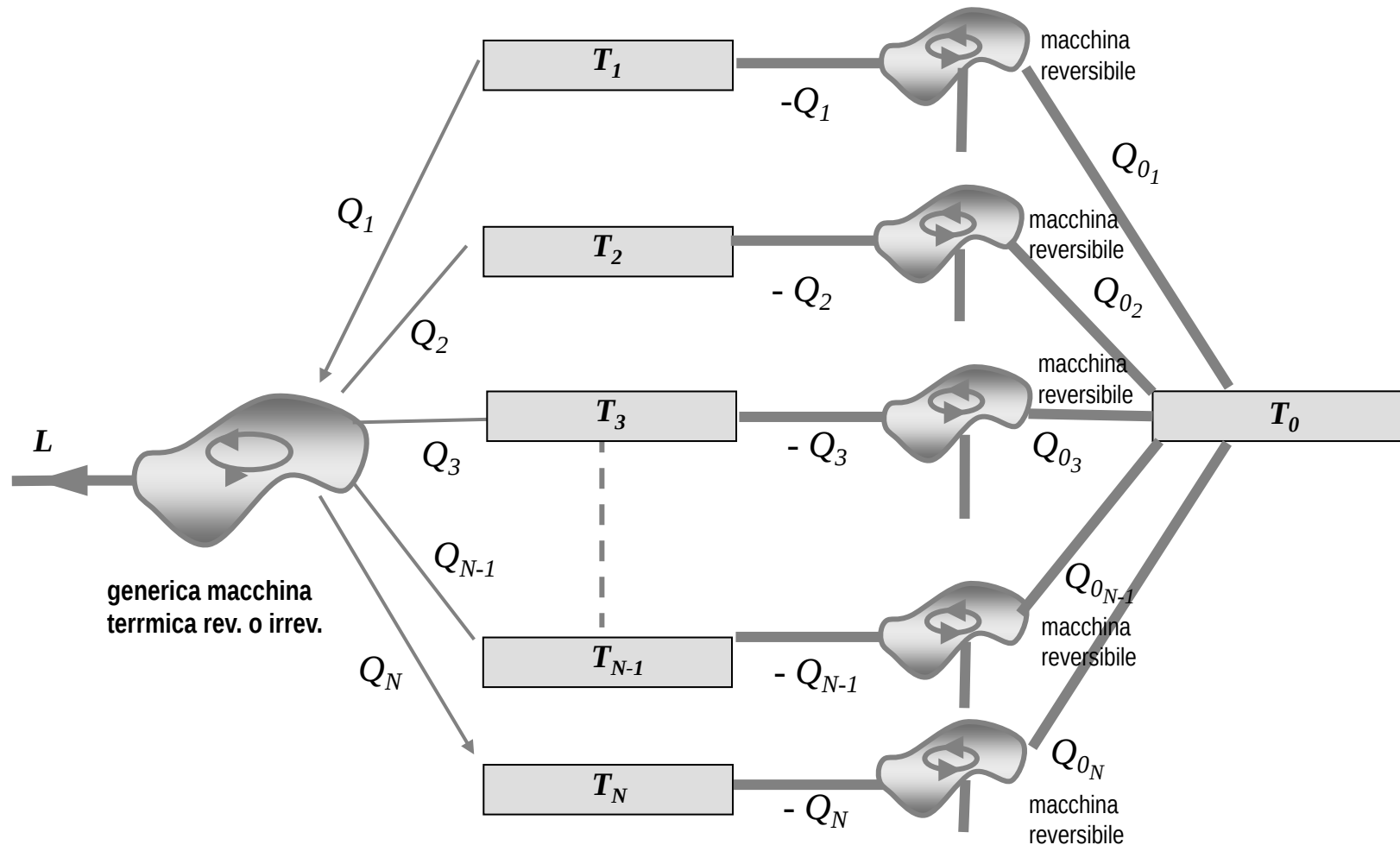


Teorema di Clausius

in una generica trasformazione ciclica gli scambi di calore
possono avvenire con più di due serbatoi
di calore a temperature qualsiasi
al limite con una infinità di sorgenti
poste a temperature
variabili con continuità
perciò occorre
estendere il teorema di Carnot



supponiamo di inserire N macchine di Carnot (reversibili) ciascuna delle quali scambi con la sorgente a temperatura T_i il calore Q_i esattamente opposto a quello che scambia la prima macchina con la i -esima sorgente e che scambi il calore Q_{0i} con il serbatoio di calore a temperatura T_0



per ciascuna macchina di Carnot si avra' che $\frac{Q_a}{T_a} + \frac{Q_c}{T_c} = 0$ dunque

$$\frac{Q_{01}}{T_0} = \frac{Q_1}{T_1} \quad \frac{Q_{02}}{T_0} = \frac{Q_2}{T_2} \quad \dots\dots\dots \frac{Q_{0i}}{T_0} = \frac{Q_i}{T_i} \quad \dots\dots\dots \frac{Q_{0N}}{T_0} = \frac{Q_N}{T_N}$$

sommando membro a membro $\frac{1}{T_0} \sum_i Q_{0i} = \sum_i \frac{Q_i}{T_i}$

ma l'insieme di queste macchine costituisce una macchina ciclica monoterma

e per il secondo principio della termodinamica il calore totale scambiato durante un

ciclo monoterma non puo' essere positivo $\sum_i Q_{0i} \leq 0$ e poiche' $T_0 > 0$

ne consegue che $\sum_i \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$

dove il simbolo $=$ vale per le trasformazioni cicliche *reversibili*

mentre il simbolo $<$ vale per le trasformazioni cicliche *irreversibili*

passando al continuo $\Rightarrow \oint_{\text{Trasf Ciclica}} \frac{dQ}{T} \leq 0$

Teorema di Clausius

in ogni *trasformazione ciclica* è soddisfatta la relazione $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

dove il segno di uguaglianza vale solo per le trasformazioni cicliche *reversibili*

e quello di minoranza per le trasformazioni cicliche *irreversibili*