

Macchine termiche

Serbatoio o sorgente

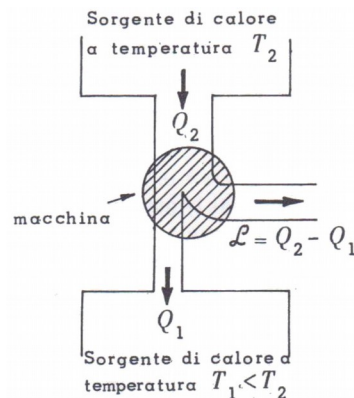
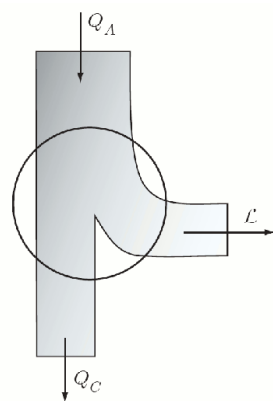
- **Serbatoio di calore** (o **sorgente di calore** o **termostato**): sistema la cui temperatura rimane **costante** qualunque sia la quantità di calore con esso scambiata (ceduta o assorbita)

$$\forall \Delta Q \rightarrow \Delta T = 0$$

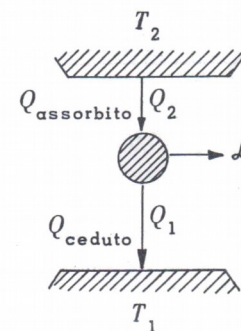
- caso **ideale**: $C = \infty$
- caso **reale**:
 - » $C \gg 1$ (es: il mare, l'atmosfera)
 - » un sistema in **cambiamento di fase** (es: acqua + ghiaccio a 0°C)

Macchine termiche

- **Macchina termica**: dispositivo che scambiando **calore** con un certo numero di sorgenti produce **lavoro meccanico** attraverso opportune **trasformazioni** di un fluido
- Se le trasformazioni sono **cicliche**, il fluido alla fine di ciascun ciclo ritorna nelle condizioni **iniziali** → nessuna **variazione** si è prodotta in esso
 - in particolare non cambia la sua **energia interna**



M.Sitta - Fisica



representazione
schematica di una
macchina termica

Macchine termiche

- Per il I Principio della Termodinamica

- se la macchina è **ciclica**

$$\oint \delta L = \oint \delta Q \quad \rightarrow$$

il lavoro prodotto è pari
al calore scambiato

- se la macchina *non* è **ciclica**

$$\Delta Q = L + \Delta U \quad \rightarrow$$

parte del calore va “sprecato”
in energia interna

- è **preferibile** una macchina **ciclica**: $\Delta U = 0 \rightarrow L$ massimo
a parità di ΔQ

Macchine termiche

- $L > 0 \Rightarrow$ ciclo motore
- $L < 0 \Rightarrow$ ciclo frigorifero
- Macchine reali:
 - attriti
 - “ripetitive” più che cicliche
 - » il fluido cambia ad ogni ciclo (es. motore a scoppio)
- Rendimento

$$\eta = \frac{L_{\text{prodotto}}}{Q_{\text{assorbito}}} = \frac{Q_{\text{assorbito}} - Q_{\text{ceduto}}}{Q_{\text{assorbito}}} = 1 - \frac{Q_{\text{ceduto}}}{Q_{\text{assorbito}}}$$

Rendimento e I Principio

- Il Primo Principio della Termodinamica rappresenta in realtà una **condizione necessaria** ma non **sufficiente**
 - infatti se $\Delta L > 0$ allora anche $\Delta Q > 0$ *complessivamente*
 - il che però non esclude che alcuni addendi Q_i siano negativi
 - » cioè che accanto a del calore **assorbito** ci sia del calore **ceduto** costituendo così del calore “sprecato” perché non trasformato in lavoro
 - d'altra parte il I Principio non pone **limitazioni**, potrebbe anche essere $Q_{ced} = 0$ e quindi $\eta = 1$
 - » anche se l'esperienza mostra che **nessuna** macchina termica ha rendimento pari a 1

Secondo Principio della Termodinamica

- Il **Secondo Principio della Termodinamica** fissa un **limite** alle trasformazioni fra calore e lavoro
 - **tutto** il **lavoro** può essere trasformato in **calore**
 - ma **non tutto** il **calore** può essere trasformato in **lavoro** \Rightarrow una parte del calore *rimane* calore!
- Questo chiarisce meglio il concetto di calore
 - il calore è sì una forma di energia
 - ma – per così dire – una forma di energia “meno nobile”: non può trasformarsi completamente in lavoro

II Principio della Termodinamica

- Ci sono **due formulazioni** del II Principio
 - si può dimostrare che sono **equivalenti** (cioè uno implica l'altro)

II Principio della Termodinamica

- Formulazione di Clausius

è impossibile realizzare una trasformazione il cui **unico** effetto sia di trasferire calore da una sorgente *più fredda* ad una sorgente *più calda*



The diagram shows a red arrow pointing from left to right, representing heat transfer. The arrow is crossed out with a large red 'X'. The text $\Delta Q_{ceduto}(T_1) \rightarrow \Delta Q_{assorbito}(T_2 > T_1)$ is written across the arrow.

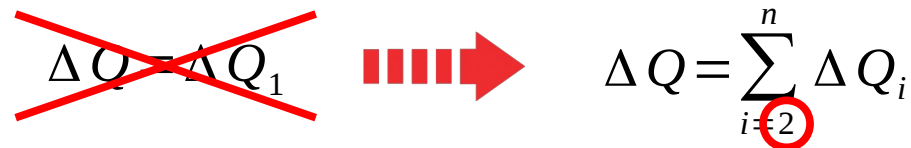
$$\Delta Q_{ceduto}(T_1) \rightarrow \Delta Q_{assorbito}(T_2 > T_1)$$

- in altre parole il calore non può passare **spontaneamente** da un corpo a temperatura T_1 ad uno a temperatura $T_2 > T_1$
 - » ovvero mettendo a contatto due corpi, non è possibile che il più freddo si raffreddi ulteriormente mentre il più caldo si riscaldi di più

II Principio della Termodinamica

- Formulazione di Kelvin

è impossibile realizzare una macchina termica *ciclica* che produca lavoro scambiando calore con *una sola* sorgente


$$\cancel{\Delta Q = \Delta Q_1} \quad \rightarrow \quad \Delta Q = \sum_{i=2}^n \Delta Q_i$$

- se una macchina termica produce lavoro scambiando calore con una sola sorgente, deve usare la propria *energia interna* \Rightarrow non può essere ciclica

II Principio della Termodinamica

- Si noti che in entrambi i casi non si tratta di una **impossibilità tecnica**, ma di una **impossibilità teorica intrinseca** ai fenomeni che includono lo scambio di calore
- Come conseguenza *non* può esistere una macchina termica **ciclica** con efficienza $\eta = 1$
 - perché implicherebbe $Q_{ceduto} = 0$
- Storicamente il II Principio è stato formulato *prima* del I Principio
 - ma dal punto di vista logico viene dopo

Moto perpetuo

- Una macchina che producesse **lavoro** scambiando **calore** con *una* sola sorgente realizzerebbe il **moto perpetuo di seconda specie**
 - ad esempio: il motore di una nave che prelevando calore dal mare produce lavoro per far avanzare la nave



- sarebbe permesso dal I Principio (purchè $L = \Delta Q$)
- è vietato dal II Principio