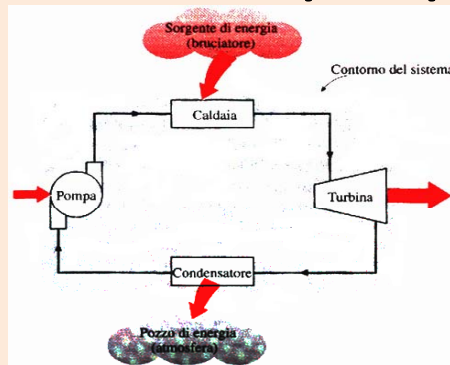


CONTROLLO TERMICO DEI SISTEMI DI CALCOLO – A.A. 2011/2012

U.03 – *Secondo principio*



1/13

CONTROLLO TERMICO DEI SISTEMI DI CALCOLO – A.A. 2011/2012

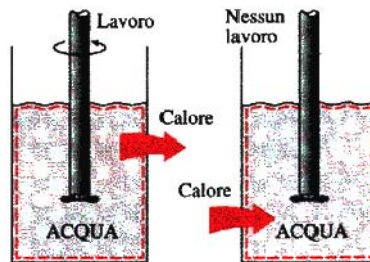
**SECONDO PRINCIPIO
DELLA TERMODINAMICA**

U.03 – *Secondo principio*

2/13

SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

Le trasformazioni avvengono spontaneamente in un solo verso (ad esempio, il lavoro si può convertire spontaneamente in calore, ma non viceversa).



(Fonte: ÇENGEL, Termodinamica e trasmissione del calore)

(Altro esempio: un sistema posto in un ambiente a temperatura inferiore cede spontaneamente calore all'ambiente si raffredda).

SORGENTI E POZZI

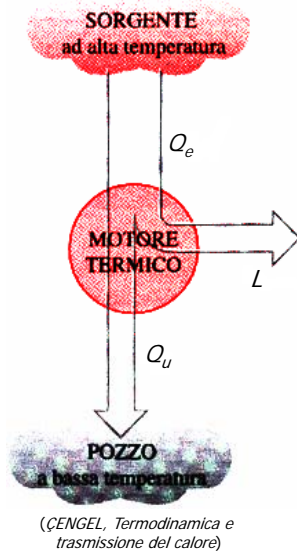
Serbatoi di energia termica (sorgenti o pozzi): sistemi capaci di scambiare energia termica senza variare la loro temperatura.



(Fonte: ÇENGEL, Termodinamica e trasmissione del calore)

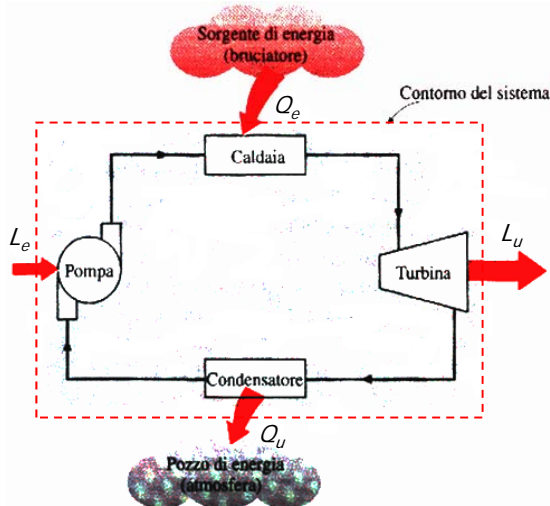
Il mare, un lago, l'atmosfera si possono considerare pozzi o sorgenti. Il terreno spesso no, a causa della difficoltà di redistribuire il calore al suo interno.

MOTORI TERMICI



- ricevono calore (Q_e) da una sorgente ad alta temperatura
- convertono parte di questo calore in lavoro (L)
- cedono il rimanente calore (Q_u) ad un pozzo a temperatura minore
- lavorano utilizzando un fluido (fluido evolvente)
- funzionano secondo un ciclo

ESEMPIO: MOTORE TERMICO A VAPORE



$$L = L_u - L_e$$

$$Q = Q_e - Q_u$$

Per il primo principio, essendo $\Delta U = 0$ (sistema chiuso stazionario operante una trasformazione ciclica):

$$L = Q \equiv Q_e - Q_u$$

(Fonte: CENGEL, Termodinamica e trasmissione del calore)

RENDIMENTO TERMICO DI UN MOTORE

Rendimento (efficienza) di un qualunque processo:

$$\text{effetto utile netto} / \text{risorse totali spese}$$

Rendimento (efficienza) di un motore termico:

$$\text{energia meccanica netta ottenuta} / \text{energia termica fornita}$$

$$\eta_t = \frac{L}{Q_e} = \frac{Q_e - Q_u}{Q_e} \equiv 1 - \frac{Q_u}{Q_e} \quad 0 \leq \eta_t < 1$$

Tipo motore	η_t (circa)
Accensione comandata (benzina, gas)	0.2 – 0.3
Accensione per compressione (diesel)	0.3 – 0.5
Turbogeneratori a gas	0.3 – 0.4
Turbogeneratori a vapore	0.2 – 0.5

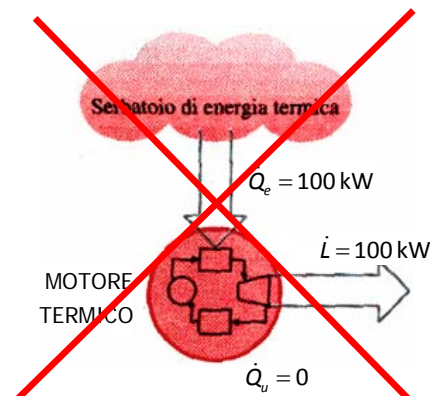
SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

(secondo Kelvin-Planck)

Per qualsiasi apparecchiatura che operi secondo un ciclo è impossibile ricevere calore da una sola sorgente e produrre una quantità di lavoro utile

Nessun motore termico può avere rendimento del 100%.

Un motore termico deve sempre scambiare calore sia con una sorgente, sia con un pozzo.



(Fonte: ÇENGEL, Termodinamica e trasmissione del calore)

RENDIMENTO TERMICO DI DISPOSITIVI IN CASCATA

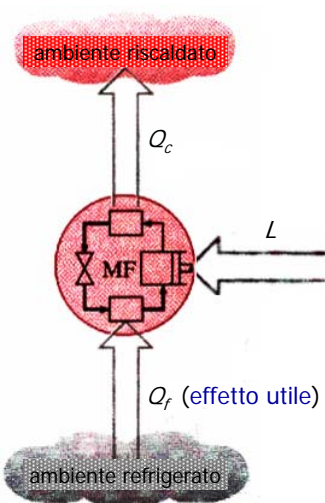
Quando l'input energetico di un processo costituisce l'output energetico di un altro processo a monte, il rendimento complessivo dei processi in cascata è dato dal prodotto dei rendimenti dei singoli processi:

$$\eta_{1..N} = \frac{E_{out,N}}{E_{in,1}} = \frac{E_{out,N}}{E_{in,N}} \cdot \frac{E_{out,N-1} \equiv E_{in,N}}{E_{in,N-1}} \cdot \frac{E_{out,N-2} \equiv E_{in,N-1}}{E_{in,N-2}} \cdot \dots \cdot \frac{E_{out,2} \equiv E_{in,3}}{E_{in,2}} \cdot \frac{E_{out,1} \equiv E_{in,2}}{E_{in,1}} = \eta_N \cdot \eta_{N-1} \cdot \eta_{N-2} \cdot \dots \cdot \eta_2 \cdot \eta_1$$

Esempi:

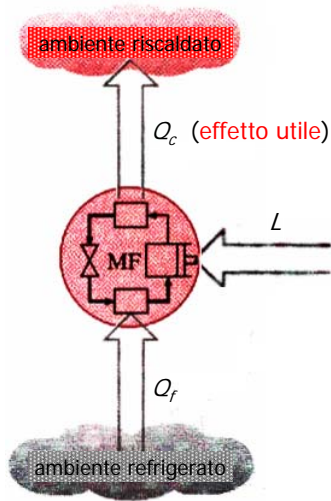
- "Rendimento dal pozzo alle ruote" per un veicolo (*from well to wheel*)
- "Rendimento globale" di un impianto termoidraulico...

MACCHINE FRIGORIFERE



- prelevano calore (Q_f) da un serbatoio (o ambiente) freddo \Rightarrow **effetto utile**
- assorbono lavoro netto (L)
- cedono calore (Q_c) ad un serbatoio (o ambiente) caldo
- lavorano utilizzando un fluido (fluido evolvente)
- funzionano secondo un ciclo

POMPE DI CALORE

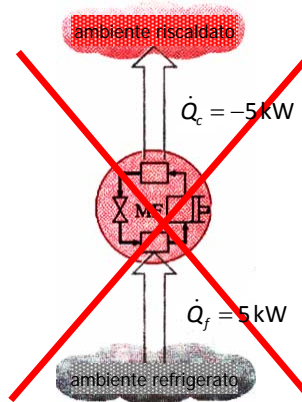


- prelevano calore (Q_f) da un serbatoio (o ambiente) freddo
- assorbono lavoro netto (L)
- cedono calore (Q_c) ad un serbatoio (o ambiente) caldo \Rightarrow **effetto utile**
- lavorano utilizzando un fluido (fluido evolvente)
- funzionano secondo un ciclo

SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

(secondo Clausius)

È impossibile realizzare una macchina con funzionamento ciclico il cui unico effetto sia il trasferimento di una quantità di calore da un corpo a bassa temperatura ad un altro a temperatura maggiore



COEFFICIENTE DI PRESTAZIONE (COP)

Rendimento (efficienza) di una macchina frigorifera:

$$\text{effetto utile netto} / \text{energia totale spesa}$$

Per una **macchina frigorifera**:

$$COP_F (EER) = \frac{Q_f}{|L|} = \frac{Q_f}{|Q_c| - Q_f}$$

Per una **pompa di calore**:

$$COP_{pdC} (COP) = \frac{|Q_c|}{|L|} = \frac{|Q_c|}{|Q_c| - Q_f}$$

Operando tra i medesimi serbatoi freddo e caldo

$$COP_{pdC} = COP_F + 1$$