

F - SECONDO PRINCIPIO

MACCHINA TERMICA

APPARATO CHE CONVERTE CALORE (CEDUTO DALL'AMBIENTE ESTERNO AL SISTEMA TERMODINAMICO) IN LAVORO (FATTO DAL SISTEMA TERMODINAMICO E UTILIZZABILE DEL MONDO ESTERNO)

MACCHINA TERMICA CICLICA

APPARATO CHE CONVERTE CALORE IN LAVORO TRAMITE UN CICLO TERMODINAMICO, CHE PUO' QUINDI ESSERE RIPETUTO INDEFINITAMENTE

FUNZIONAMENTO DI UNA MACCHINA TERMICA CICLICA

IL MONDO ESTERNO FORNISCE ALLA MACCHINA TERMICA IL CALORE Q_H TRAMITE UNA SORGENTE AD ALTA TEMPERATURA E LA MACCHINA PRODUCE UN LAVORO L , CEDENDO UNA QUANTITA' DI CALORE $Q_L = Q_H - L$ AD UNA SORGENTE A PIU' BASSA TEMPERATURA

L = LAVORO PRODOTTO DAL SISTEMA TERMODINAMICO (VALORE ASSOLUTO)

Q_H = CALORE COMPLESSIVAMENTE ASSORBITO IN DIVERSE TRASFORMAZIONI DAL SISTEMA TERMODINAMICO (VALORE ASSOLUTO)

Q_L = CALORE COMPLESSIVAMENTE CEDUTO IN DIVERSE TRASFORMAZIONI DAL SISTEMA TERMODINAMICO (VALORE ASSOLUTO)

PER IL PRIMO PRINCIPIO, IN UN CICLO TERMODINAMICO IL CALORE TOTALE FORNITO ALLA MACCHINA $Q = Q_H - Q_L$ DEVE ESSERE UGUALE AL LAVORO L PRODOTTO

$$Q_H - Q_L = L$$

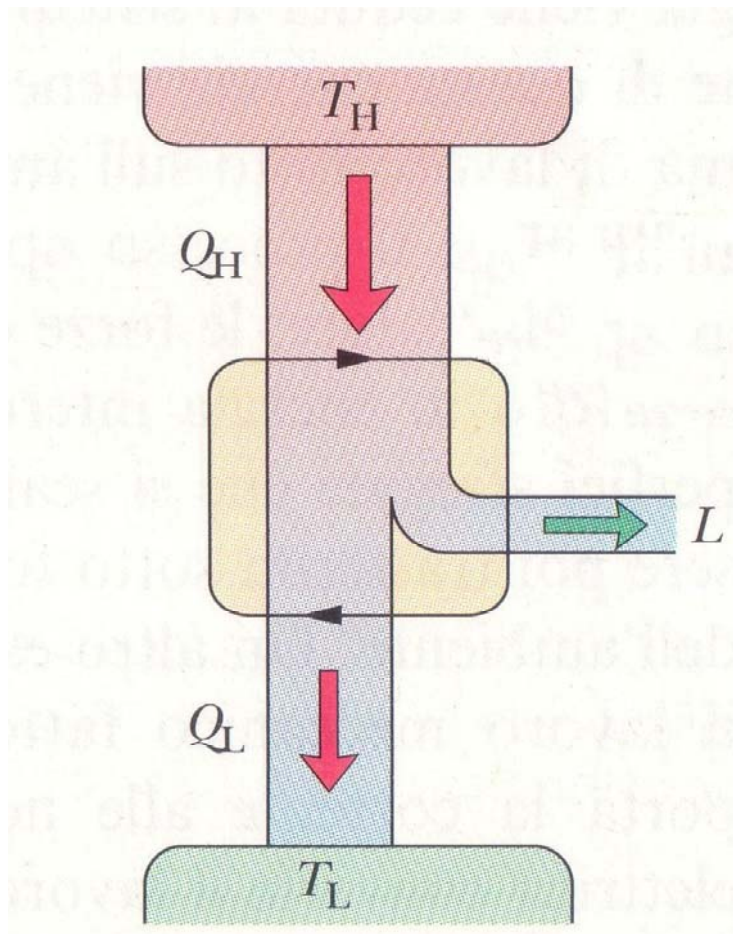
$$Q_H = Q_L + L$$

$$Q_L = Q_H - L$$

RENDIMENTO DI UNA MACCHINA TERMICA CICLICA

RAPPORTO FRA IL LAVORO PRODOTTO DALLA MACCHINA CICLICA ED CALORE ASSORBITO DALLA MACCHINA STESSA

$$e = L / Q_H = (Q_H - Q_L) / Q_H = 1 - Q_L / Q_H$$



SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

HA DUE ENUNCIATI, CHE SONO FRA DI LORO EQUIVALENTI

- KELVIN-PLANCK (MACCHINE TERMICHE)
- CLAUSIUS (MACCHINE FRIGORIFERE)

NEGANDONE UNO, RIMANE AUTOMATICAMENTE NEGATO ANCHE L'ALTRO, PER CUI COSTITUISCONO APPUNTO DUE MODI DIVERSI DI ENUNZIARE UN UNICO PRINCIPIO

ENUNCIATO DI KELVIN-PLANCK

IN UN QUALUNQUE PROCESSO, NON E' POSSIBILE CONVERTIRE INTERAMENTE CALORE IN LAVORO, SENZA CHE AVVENGA NULL'ALTRO

OPPURE

NON E' POSSIBILE UN PROCESSO, CHE ABBAIA COME UNICO RISULTATO LA CONVERSIONE TOTALE DI CALORE IN LAVORO

VALE PER QUALSIASI PROCESSO, CICLICO E NON CICLICO

PER LA MACCHINA TERMICA CICLICA:

$$Q_L > 0$$

$$L < Q_H$$

SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

(ENUNCIATO DI KELVIN-PLANCK)

PROCESSO CICLICO: IMPLICA CHE UNA PARTE DEL CALORE NON VIENE TRASFORMATO IN LAVORO E VIENE SCARICATO A TEMPERATURA PIU' BASSA

PROCESSO NON CICLICO: E' UNA SINGOLA TRASFORMAZIONE

SE SI CONSIDERA UN'ISOTERMA, TUTTO IL CALORE VIENE TRASFORMATO IN LAVORO, MA ALLA FINE IL SISTEMA HA p E V DIVERSI E QUINDI VI SONO STATE ALTRE VARIAZIONI

MACCHINA FRIGORIFERA CICLICA

APPARATO CHE FUNZIONA COME UNA MACCHINA TERMICA CICLICA IN SENSO INVERSO

IL MONDO ESTERNO FORNISCE ALLA MACCHINA FRIGORIFERA UN LAVORO L PER ASSORBIRE UNA QUANTITA' DI CALORE Q_L DA UNA SORGENTE A BASSA TEMPERATURA E TRASFERIRE UNA QUANTITA' DI CALORE $Q_H = Q_L + L$ AD UNA SORGENTE A PIU' ALTA TEMPERATURA

L = LAVORO ASSORBITO DAL SISTEMA TERMODINAMICO (VALORE ASSOLUTO)

Q_L = CALORE COMPLESSIVAMENTE ASSORBITO IN DIVERSE TRASFORMAZIONI DAL SISTEMA TERMODINAMICO (VALORE ASSOLUTO)

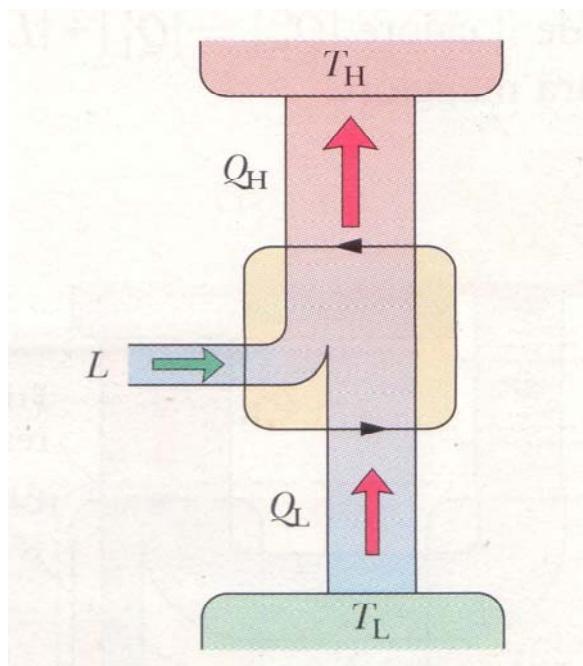
Q_H = CALORE COMPLESSIVAMENTE CEDUTO IN DIVERSE TRASFORMAZIONI DAL SISTEMA TERMODINAMICO (VALORE ASSOLUTO)

EFFICIENZA DI UNA MACCHINA FRIGORIFERA

RAPPORTO FRA IL CALORE Q_L ASSORBITO DALLA SORGENTE A BASSA TEMPERATURA ED IL LAVORO L FORNITO ALLA MACCHINA

$$e = Q_L / L = Q_L / (Q_H - Q_L)$$

E' DETTA ANCHE COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE)



SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

(ENUNCIATO DI CLAUSIUS)

NON E' POSSIBILE UN PROCESSO, NEL QUALE IL CALORE FLUISCA DA UN CORPO AD UN ALTRO A TEMPERATURA MAGGIORE, SENZA CHE AVVENGA NULL'ALTRO

OPPURE

NON E' POSSIBILE UN PROCESSO, CHE ABBAIA COME UNICO RISULTATO IL TRASFERIMENTO DI CALORE DA UN CORPO AD UN ALTRO A TEMPERATURA MAGGIORE

VALE PER QUALSIASI PROCESSO, CICLICO E NON CICLICO

IMPLICA CHE PER TRASFERIRE CALORE DA UN CORPO AD UNA ALTRO A TEMPERATURA MAGGIORE E' NECESSARIO FORNIRE LAVORO: $L > 0$

SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

EQUIVALENZA DEGLI ENUNCIATI DI KELVIN-PLANCK E DI CLAUSIUS

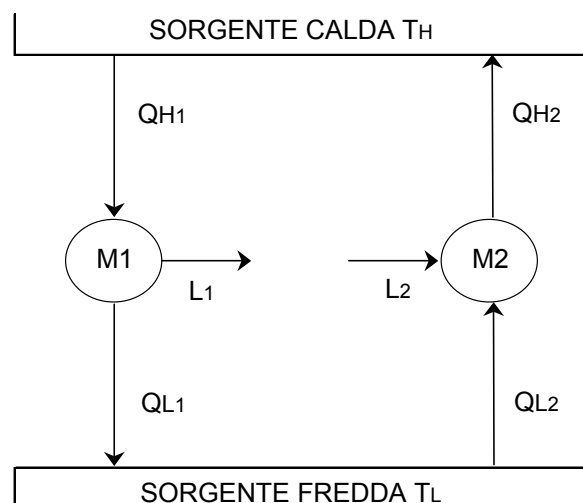
UNA MACCHINA CHE VIOLASSE UNO DEI DUE PRINCIPI,
CONSENTIREBBE DI OTTENERE AUTOMATICAMENTE
UN'ALTRA MACCHINA CHE VIOLA ANCHE L'ALTRO

SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

EQUIVALENZA DEGLI ENUNCIATI - DIMOSTRAZIONE

IPOSTESI (SEMPRE VALIDE, INDIPENDENTEMENTE DALLA VALIDITA' DEL SECONDO PRINCIPIO E/O DI UNO DEI DUE ENUNCIATI):

- LE DUE MACCHINE MOTRICE (1) E FRIGORIFERA (2) INTERAGISCONO CON LE STESSE SORGENTI CALDA (H) E FREDDA (L)
- LE DUE MACCHINE SONO DIMENSIONATE IN MODO CHE IL LAVORO PRODOTTO DALLA (1) SIA ESATTAMENTE QUELLO CHE SERVE PER FAR FUNZIONARE LA (2)
- LA MACCHINA OTTENUTA DALLA SOMMA DELLE DUE COMPLESSIVAMENTE NON PRODUCE NE' ASSORBE LAVORO



SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

EQUIVALENZA DEGLI ENUNCIATI - DIMOSTRAZIONE

SE LA MACCHINA MOTRICE VIOLASSE L'ENUNCIATO DI KELVIN-PLANCK SI AVREBBE

$$Q_{L1} = 0$$

$$Q_{H2} = Q_{L2} + L_2 = Q_{L2} + L_1$$

POICHE' $Q_{L1} = 0$ SI HA $L_1 = Q_{H1}$

$$Q_{H2} = Q_{L2} + L_1 = Q_{L2} + Q_{H1} > Q_{H1}$$

$$Q_{H2} - Q_{H1} = Q_{L2}$$

LA MACCHINA COMPLESSIVA:

- ASSORBE DALLA SORGENTE FREDDA IL CALORE Q_{L2}
- NON PRODUCE NE' ASSORBE LAVORO
- TRASFERISCE ALLA SORGENTE CALDA IL CALORE $Q_{H2} - Q_{H1} = Q_{L2}$
- PERTANTO VIOLA ANCHE L'ENUNCIATO DI CLAUSIUS

MACCHINE TERMICHE / FRIGORIFERE

L = LAVORO (PRODOTTO O ASSORBITO, VALORE ASSOLUTO) DAL SISTEMA TERMODINAMICO IN UN CICLO (J/CICLO)

Q_H = CALORE SCAMBIATO (ASSORBITO O CEDUTO, VALORE ASSOLUTO) DAL SISTEMA TERMODINAMICO CON LA SORGENTE AD ALTA TEMPERATURA (J/CICLO)

Q_L = CALORE SCAMBIATO (CEDUTO O ASSORBITO, VALORE ASS.) DAL SISTEMA TERMODINAMICO CON LA SORGENTE A BASSA TEMPERATURA (J/CICLO)

F = FREQUENZA ALLA QUALE VIENE RIPETUTO IL CICLO TERMODINAMICO DA PARTE DEL SISTEMA (CICLI/SEC = HERTZ)

T = TEMPO PER IL QUALE LAVORA LA MACCHINA (s)

N = NUMERO DI CICLI RIPETUTI DALLA MACCHINA (CICLI)

MACCHINE TERMICHE / FRIGORIFERE

P_M P_T P_F = POTENZA MECCANICA, TERMICA, FRIGORIFERA (W),
CORRISPONDENTI ALLE ENERGIE L , Q_H , Q_L

$$P_M = L \times F$$

$$P_T = Q_H \times F$$

$$P_F = Q_L \times F$$

$$e = L / Q_H = P_M / P_T$$

$$COP = Q_L / L = P_F / P_M$$

E_M E_T E_F = ENERGIA MECCANICA, TERMICA, FRIGORIFERA (J),
CORRISPONDENTI ALLE ENERGIE L , Q_H , Q_L

$$E_M = L \times N = P_M \times T$$

$$E_T = Q_H \times N = P_T \times T$$

$$E_F = Q_L \times N = P_F \times T$$

$$e = L / Q_H = E_M / E_T$$

$$COP = Q_L / L = E_F / E_M$$