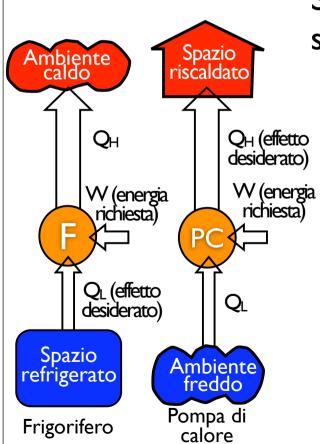
# Le Macchine Frigorifere

Termodinamica dell'Ingegneria Chimica

## Le macchine frigorifere

Le macchine refrigeranti realizzano il trasporto di calore da un ambiente freddo ad un ambiente caldo utilizzando lavoro

Si possono distinguere in due tipi: frigoriferi e pompe di calore



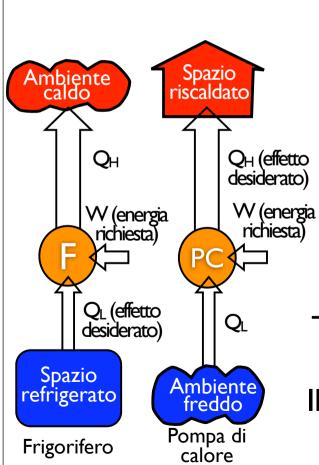
Sono la stessa macchina, che cambia nome a seconda dello scopo:

Lo scopo di un frigorifero è di mantenere un ambiente freddo rimuovendone calore. Altro calore viene scaricato verso un ambiente caldo

Lo scopo di una pompa di calore è di mantenere un ambiente caldo inviando calore. Altro calore viene prelevato da un ambiente freddo

# Le macchine frigorifere: rendimento

Anche la definizione di rendimento cambia a seconda dello scopo, e quindi dell'applicazione della macchina



$$\eta_{PC} = \frac{effetto\ desiderato}{energia\ richiesta} = \frac{|Q_H|}{W}$$

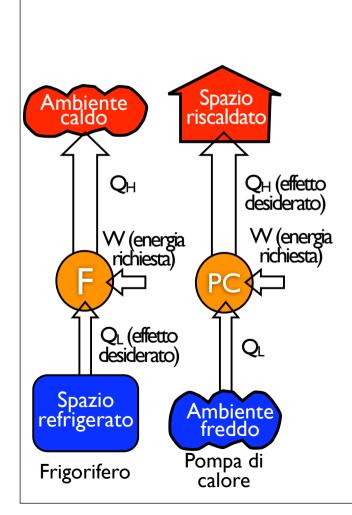
$$\eta_F = \frac{effetto\ desiderato}{energia\ richiesta} = \frac{|Q_L|}{W}$$

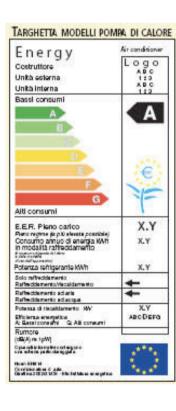
entrambi i rendimenti possono essere maggiori di I

Talvolta, il rendimento di una macchina frigorifera viene indicato con EER (energy efficiency ratio)
Il rendimento di una pompa di calore viene invece indicato con COP (coefficient of performance)

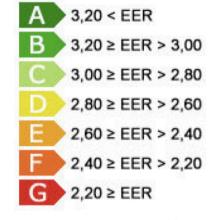
# Le macchine frigorifere: rendimento

La classe energetica viene definita sulla base dell'efficienza





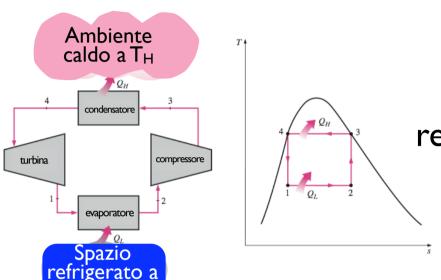
#### Classe energetica in raffrescamento



### Classe energetica in riscaldamento



### Il ciclo di Carnot inverso

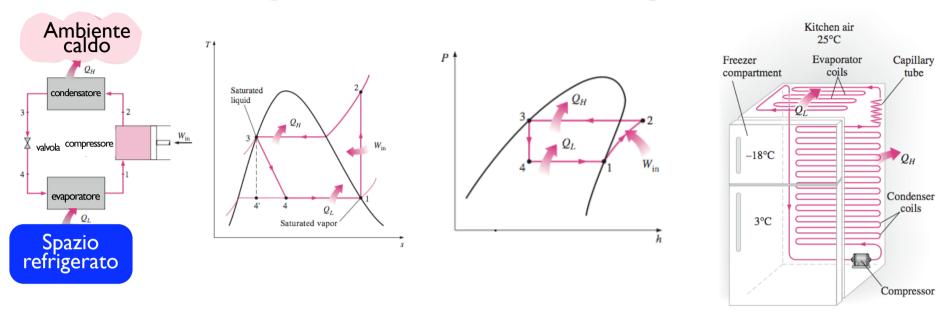


una macchina frigorifera può funzionare secondo un ciclo di Carnot inverso. In questo caso i rendimenti possono esprimersi come:

$$egin{aligned} oldsymbol{\eta}_{F,Carnot} &= rac{T_L}{T_H - T_L} \ oldsymbol{\eta}_{PC,Carnot} &= rac{T_H}{T_H - T_L} \end{aligned}$$

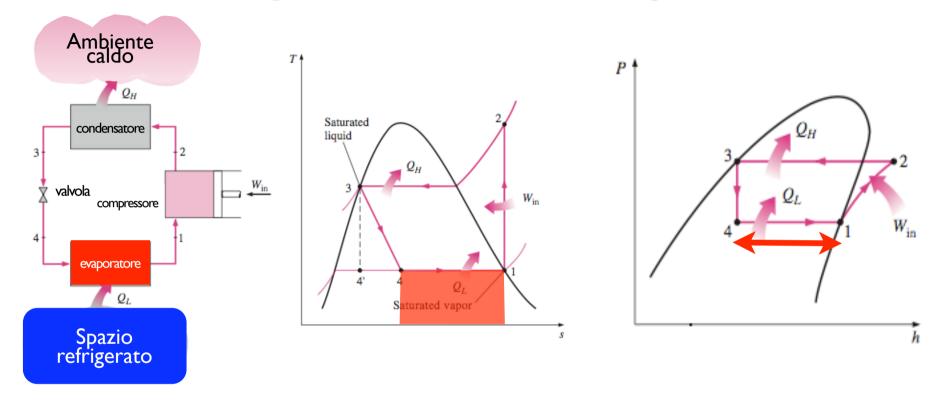
Il ciclo di Carnot viene fatto lavorare nella zona bifasica in modo che l'assorbimento e la cessione di calore possono avvenire in maniera isoterma.

Tuttavia, soprattutto a causa della difficoltà di operare compressioni ed espansioni di miscele bifasiche (trasformazioni 2-3 e 4-1), il ciclo di Carnot non può essere preso come riferimento per i processi di refrigerazione

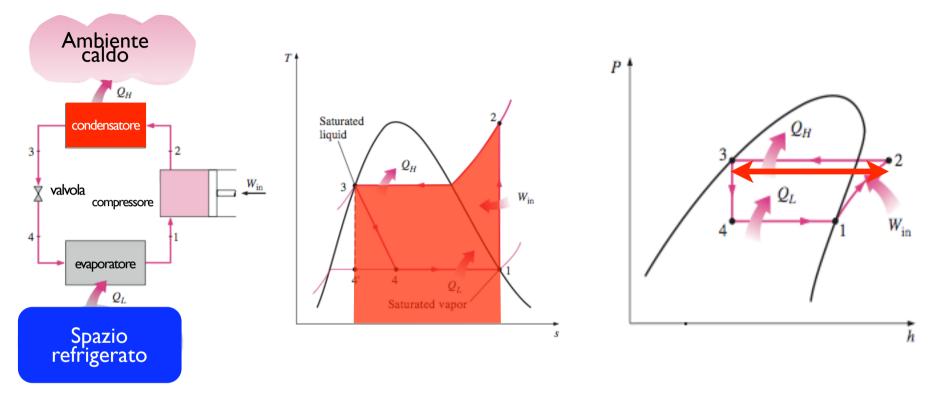


Una ciclo frigorifero avviene invece realizzando la compressione nella zona del vapore (passo 1-2), la cessione di calore facendo condensare il vapore (passo 2-3), l'espansione con una valvola di laminazione (passo 3-4) e l'assorbimento di calore facendo evaporare il liquido (passo 4-1).

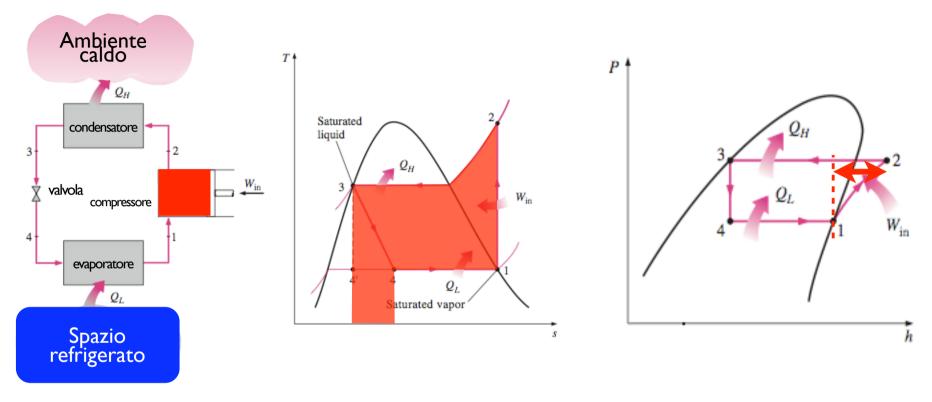
La valvola di laminazione lavora in maniera isoentalpica, invece che isoentropica come farebbe una turbina (passo 3-4').



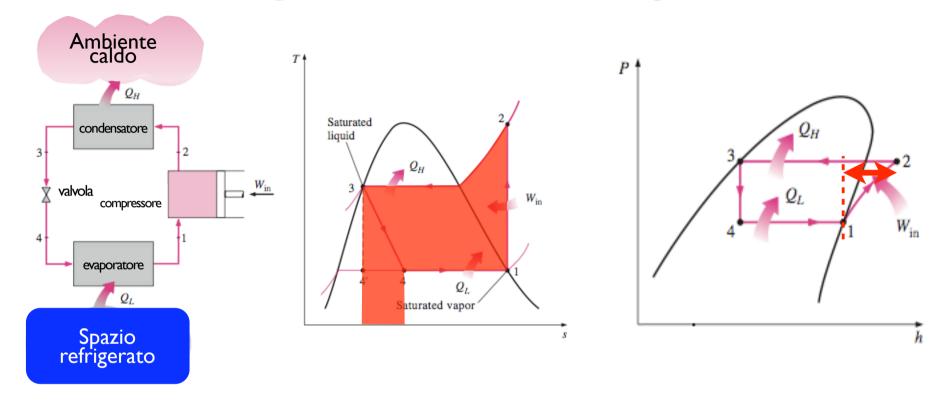
Calore assorbito nell'evaporatore:  $Q_L=H_1-H_4=T_1(S_1-S_4)$ 



Calore ceduto nel condensatore:  $-Q_H=H_2-H_3$ 



Lavoro compiuto dal compressore:  $W=Q_H-Q_L=H_2-H_1$ 



$$\eta_{PC} = \frac{effetto\ desiderato}{energia\ richiesta} = \frac{|Q_H|}{W} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1}$$

$$\eta_F = \frac{effetto\ desiderato}{energia\ richiesta} = \frac{|Q_L|}{W} = \frac{H_2 - H_3}{H_2 - H_1}$$