

Le Macchine Frigorifere

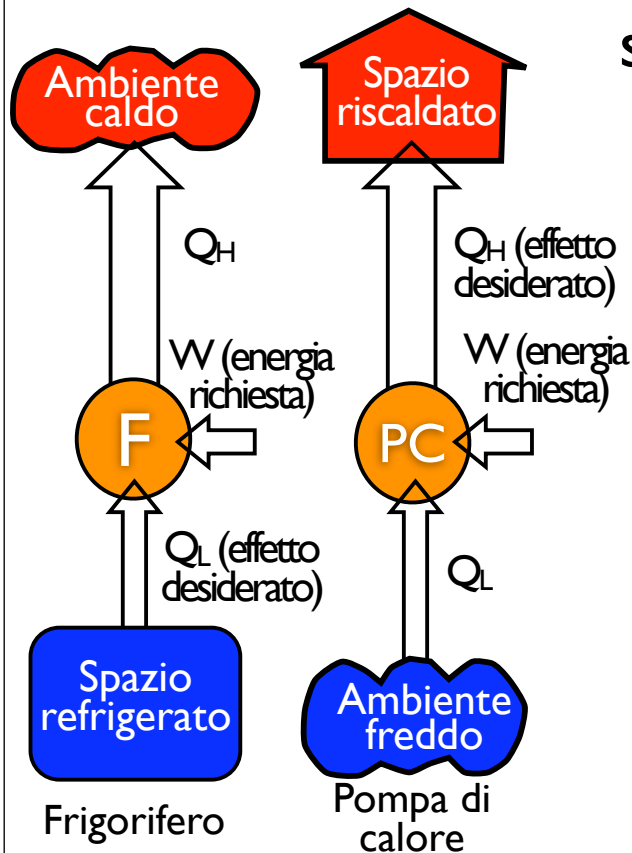
Termodinamica dell'Ingegneria Chimica

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:

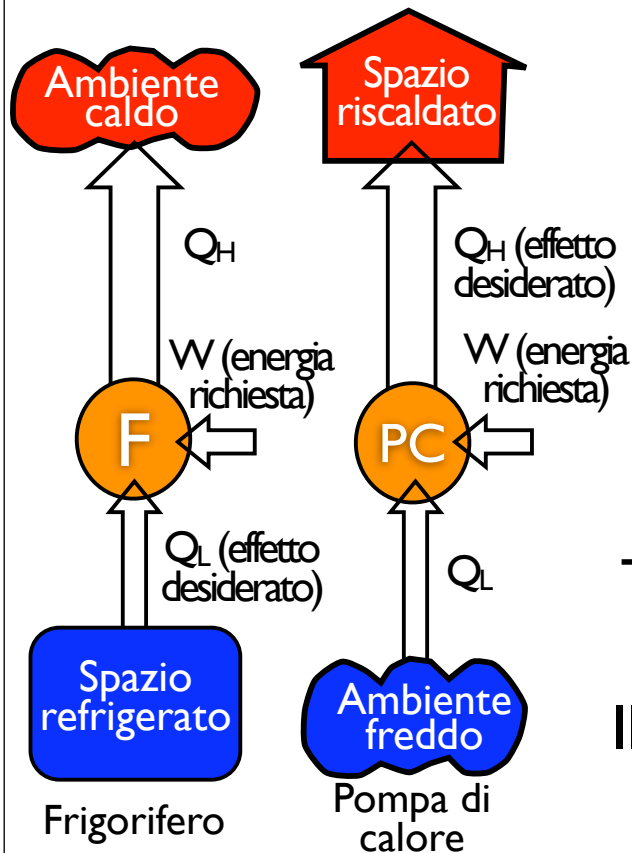


Lo scopo di un frigorifero è di mantenere un ambiente freddo rimuovendone calore. Altro calore viene scaricato verso un ambiente caldo

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



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

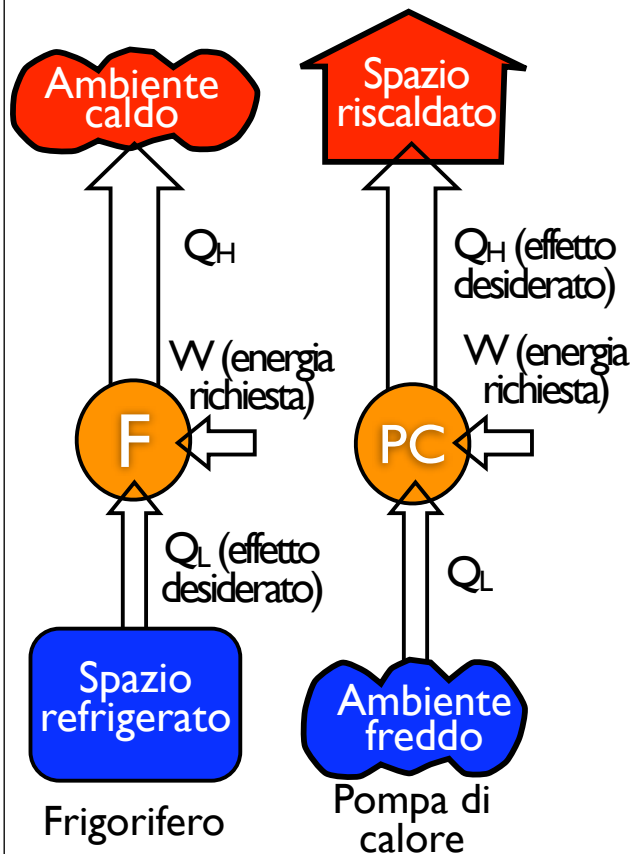
$$\eta_F = \frac{\text{effetto desiderato}}{\text{energia richiesta}} = \frac{|Q_L|}{W}$$

entrambi i rendimenti
possono essere maggiori di 1

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



TARGHETTA MODELLI POMPA DI CALORE

Energy		Air conditioner
Costruttore		Logo
Unità esterna		A B C 1 2 3
Unità interna		A B C 1 2 3
Bassi consumi		A
Alti consumi		
E.E.R. Pieno carico		X.Y
Più regime (il più elevato possibile)		X.Y
Consumo annuo di energia kWh in modalità raffreddamento		
Potenza refrigerante kWh		X.Y
Solo raffreddamento	←	
Raffreddamento/ riscaldamento	←	
Potenza di riscaldamento kW		X.Y
Efficienza energetica		A B C D E F G
Rumore (dB(A) re 1pW)		

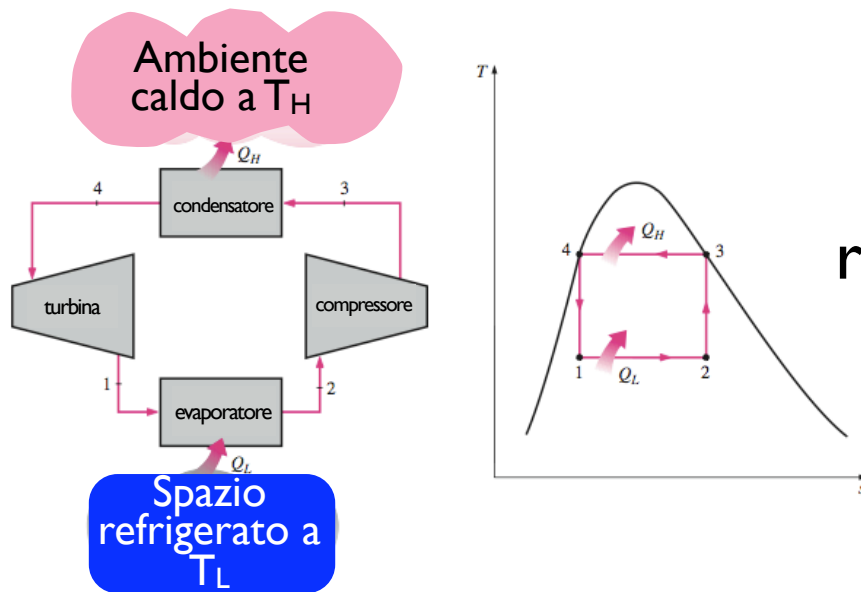
Classe energetica in raffreddamento

- A** $3,20 < EER$
- B** $3,20 \geq EER > 3,00$
- C** $3,00 \geq EER > 2,80$
- D** $2,80 \geq EER > 2,60$
- E** $2,60 \geq EER > 2,40$
- F** $2,40 \geq EER > 2,20$
- G** $2,20 \geq EER$

Classe energetica in riscaldamento

- A** $3,60 < COP$
- B** $3,60 \geq COP > 3,40$
- C** $3,40 \geq COP > 3,20$
- D** $3,20 \geq COP > 2,80$
- E** $2,80 \geq COP > 2,60$
- F** $2,60 \geq COP > 2,40$
- G** $2,40 \geq COP$

Il ciclo di Carnot inverso



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

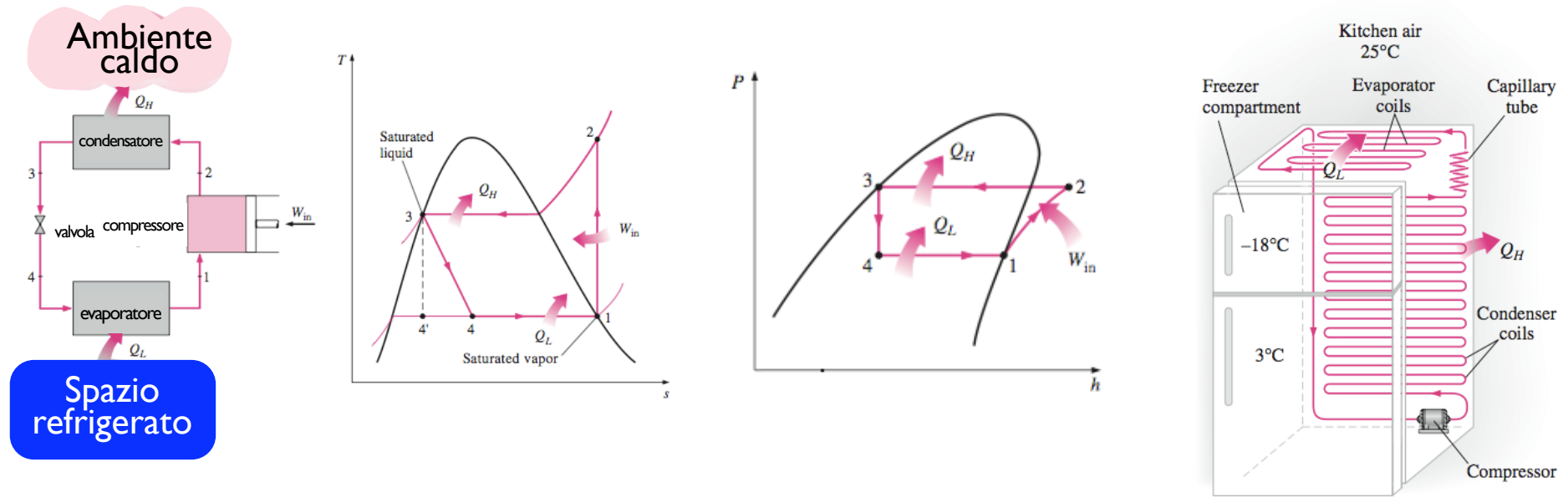
$$\eta_{F,Carnot} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

$$\eta_{PC,Carnot} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

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

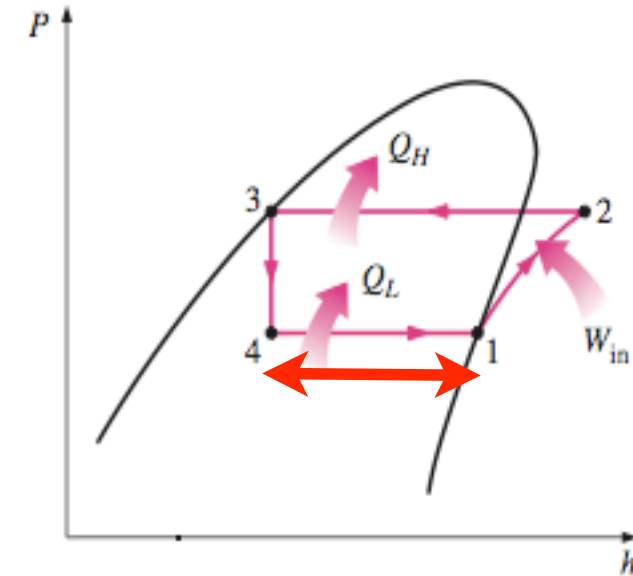
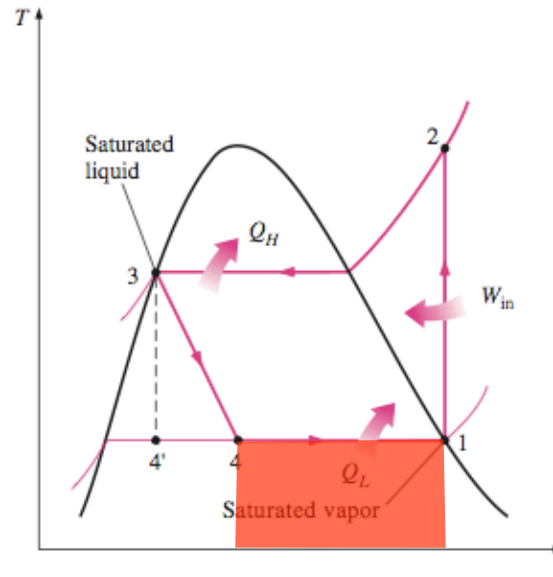
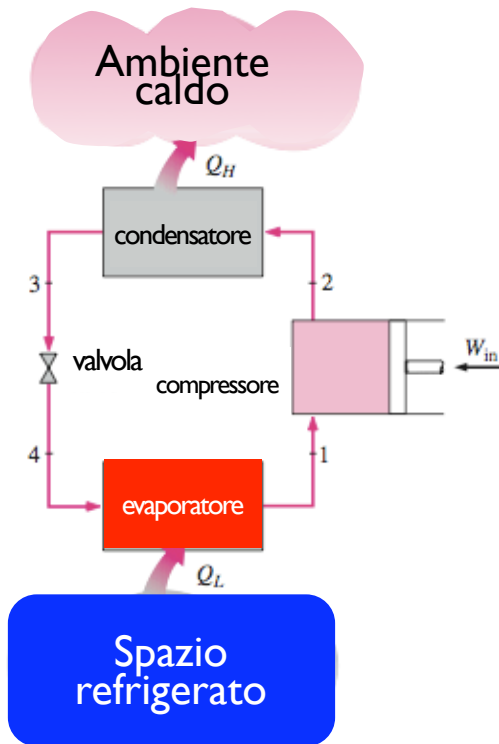
Il ciclo frigorifero a compressione



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').

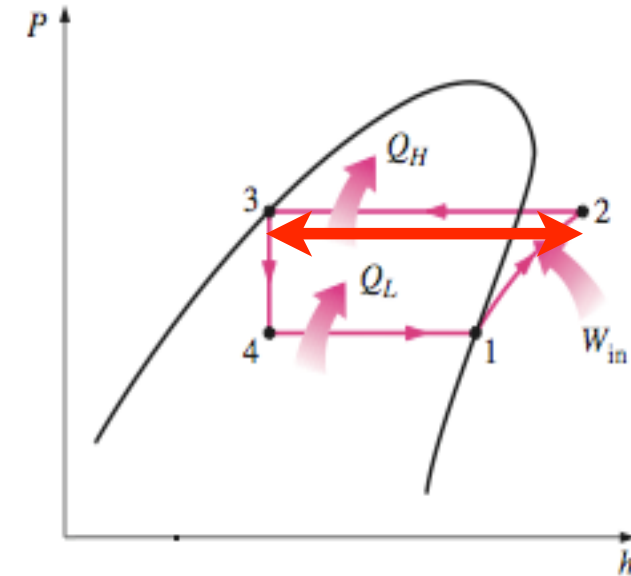
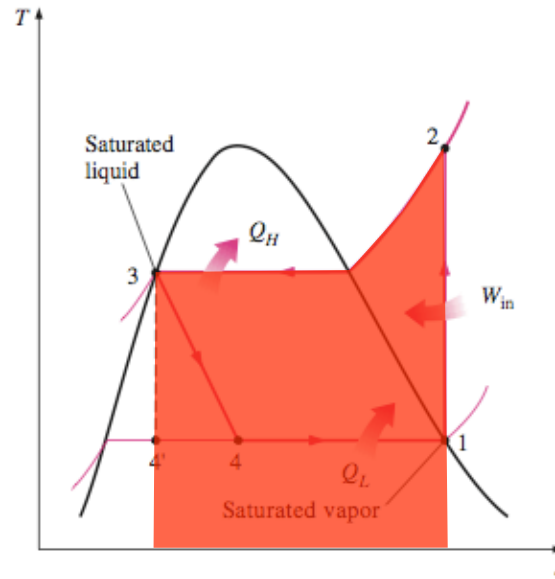
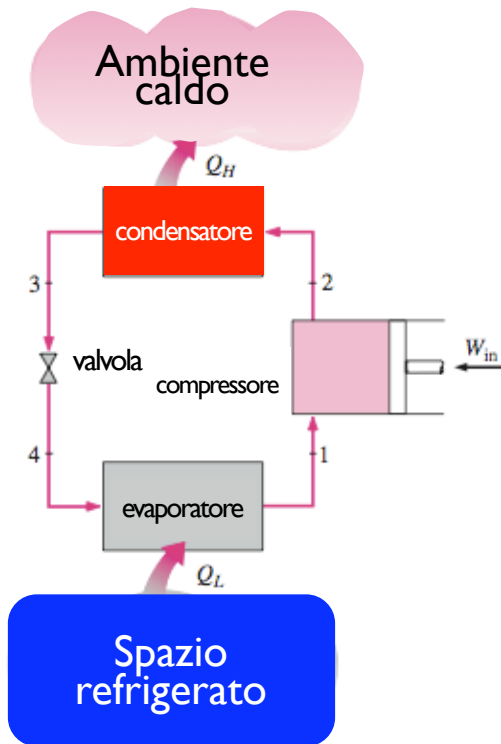
Il ciclo frigorifero a compressione



Calore assorbito nell'evaporatore:

$$Q_L = H_1 - H_4 = T_1 (S_1 - S_4)$$

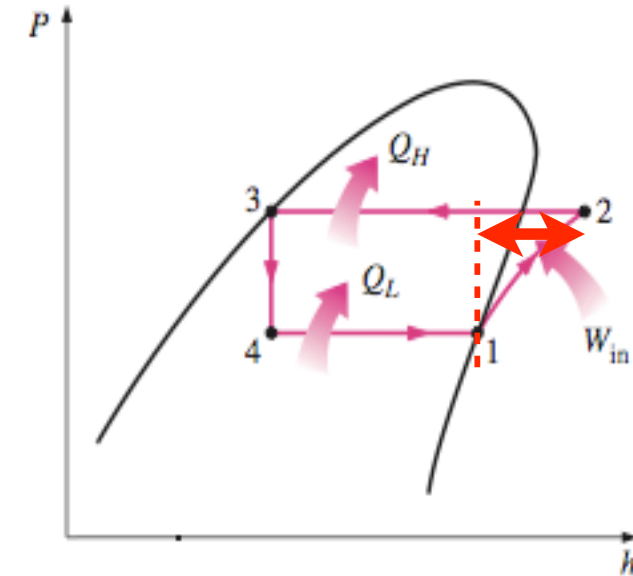
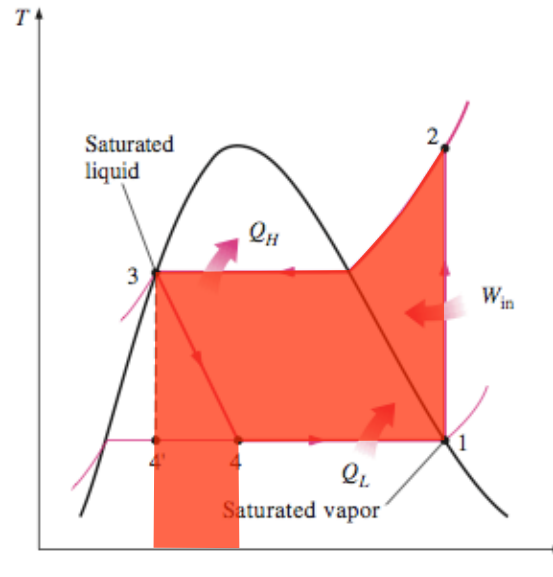
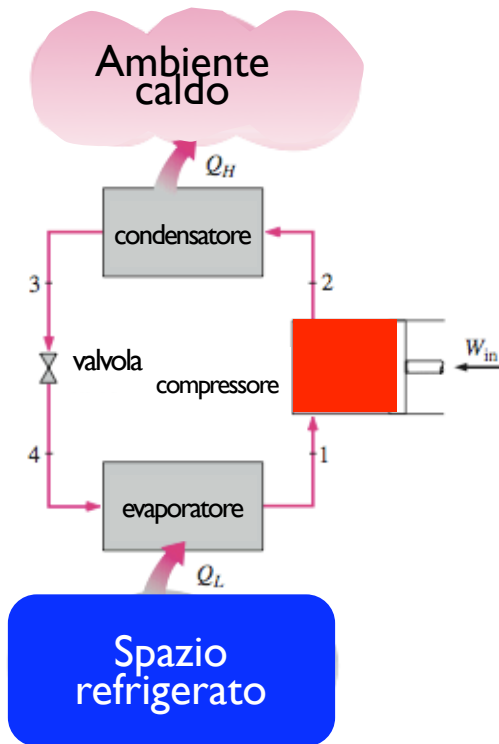
Il ciclo frigorifero a compressione



Calore ceduto nel condensatore:

$$-Q_H = H_2 - H_3$$

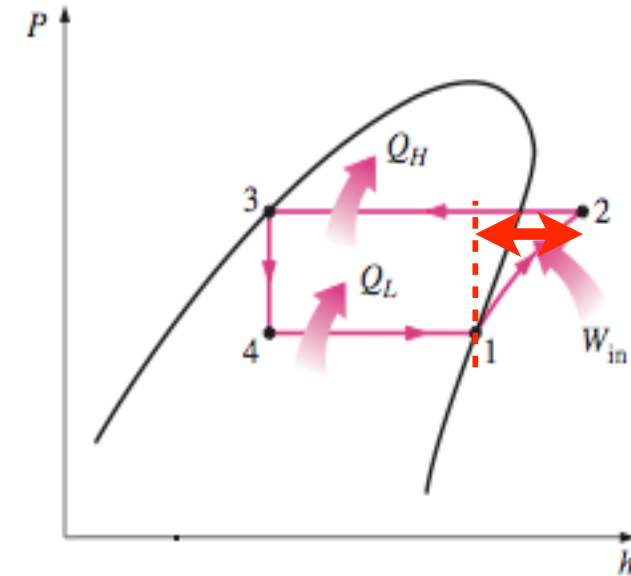
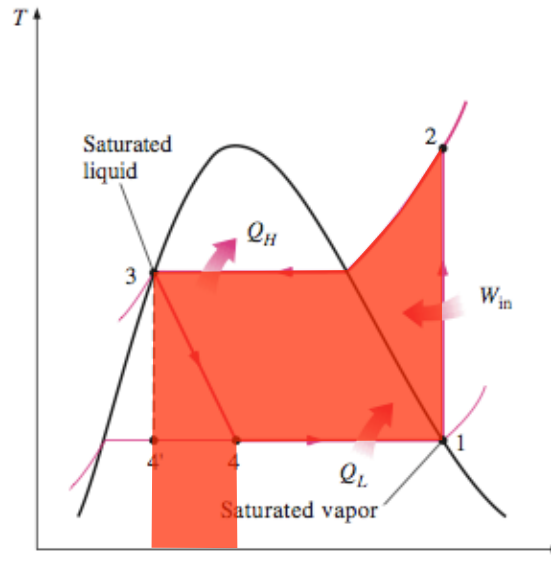
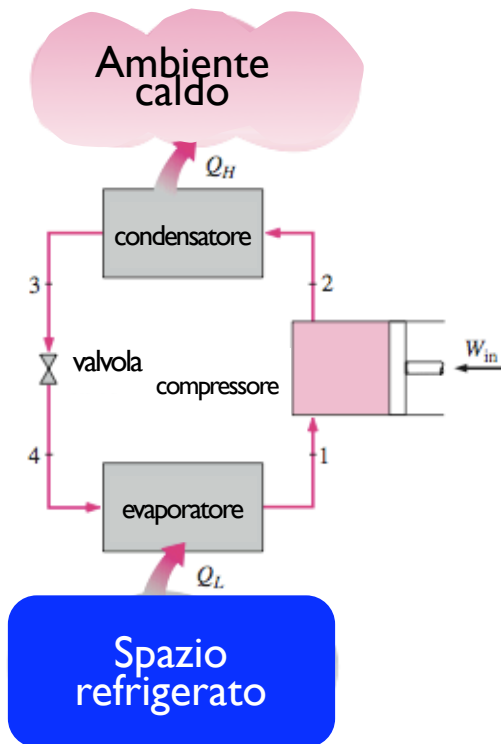
Il ciclo frigorifero a compressione



Lavoro compiuto dal compressore:

$$W = Q_H - Q_L = H_2 - H_1$$

Il ciclo frigorifero a compressione



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

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