

Il frigorifero

Il *frigorifero* è una macchina termica che:

- compie un lavoro negativo, cioè assorbe energia (tipicamente energia elettrica) dall'esterno;
- grazie a questa energia, assorbe calore da una zona a temperatura minore (l'interno del frigorifero);
- trasferisce questo calore a un'altra zona a temperatura maggiore (l'ambiente esterno).

Anche il funzionamento del frigorifero (come quello di tutte le macchine termiche) è rappresentato da una trasformazione ciclica, ma, mentre nei motori la trasformazione ciclica è percorsa in senso orario,

il funzionamento di una macchina frigorifera è descritto da una trasformazione ciclica percorsa in senso antiorario nel diagramma p - V .

Ciò permette al sistema di assorbire il calore dalla sorgente fredda e di cederlo alla sorgente calda. Perciò il lavoro totale W compiuto dalla macchina frigorifera in un ciclo è negativo: ciò significa che la macchina stessa non può funzionare se dall'esterno non viene compiuto su di essa un lavoro positivo $|W|$. Per il primo principio della termodinamica, il calore assorbito dall'ambiente esterno a ogni ciclo del frigorifero è

$$Q_2 = Q_1 + |W|.$$

■ Il coefficiente di prestazione

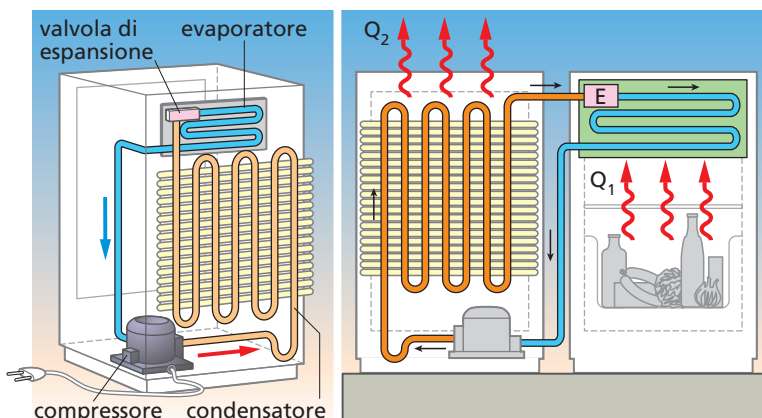
L'efficienza del funzionamento di un frigorifero è misurata dal suo *coefficiente di prestazione* (in inglese *coefficient of performance*, spesso abbreviato con COP).

Il **coefficiente di prestazione** di un frigorifero è dato dal rapporto tra il calore sottratto alla sorgente fredda e il lavoro esterno compiuto a tale scopo:

$$\text{COP} = \frac{Q_1}{|W|}.$$

Valori tipici del COP sono compresi tra 2 e 6. Alti valori del coefficiente di prestazione indicano un frigorifero di qualità, che richiede poca energia elettrica (che paghiamo con la bolletta) per sottrarre calore al suo interno.

■ Il funzionamento di un frigorifero



Il frigorifero è costituito da un ambiente chiuso da raffreddare e da un tubicino dentro al quale circola del vapore (figura a lato). Il tubicino, che è collegato a un compressore, passa dall'interno all'esterno della macchina.

- All'esterno del frigorifero, il compressore comprime il vapore fino a farlo liquefare nel condensatore; questo processo tende ad aumentare la temperatura del fluido.
- La serpentina esterna (in arancione nella figura) permette il passaggio di calore dal fluido all'ambiente in cui il frigorifero si trova.

- Quando il liquido passa attraverso la valvola di espansione ed entra all'interno del frigorifero, non essendo più compresso, ritorna allo stato di vapore.
- In questo processo assorbe energia dall'interno del frigorifero, che si raffredda. La serpentina interna (in verde nella figura) permette il passaggio di calore dall'interno del frigorifero al fluido.
- Il vapore torna all'esterno, viene compresso di nuovo e il ciclo si ripete.

La sostanza usata nel frigorifero deve avere la proprietà di condensare, anche a temperatura ambiente, a pressioni relativamente basse. Fino a non molto tempo fa era molto utilizzato il freon (dicloro-difluorometano), che liquefa a 20 °C se compresso a 5,6 volte la pressione atmosferica.

Negli anni '70 si è però scoperto che il freon e altri composti analoghi (indicati collettivamente con la sigla CFC, che significa cloro-fluoro-carburi) danneggiano in modo serio la fascia di ozono che circonda la Terra e che ci protegge dai raggi ultravioletti provenienti dal Sole.

Di conseguenza, in molte zone (tra cui la Comunità Europea) si è giunti alla messa al bando di queste sostanze, che sono state sostituite da altre meno pericolose.

DOMANDA

Un frigorifero ha un coefficiente di prestazione pari a 2,8.

- Quanta energia occorre spendere per sottrarre 1,0 kJ di calore dall'interno del frigorifero?

ESERCIZI**1 Vero o falso?**

- a.** Il frigorifero toglie calore alla sorgente fredda per compiere un lavoro positivo. V F
- b.** Il coefficiente di prestazione COP è dato dal rapporto $\frac{Q_1}{|W|}$ tra il calore sottratto alla sorgente fredda e il lavoro esterno compiuto a tale scopo. V F
- c.** La sostanza utilizzata in un ciclo di funzionamento del frigorifero deve condensare, a temperatura ambiente, a pressioni molto elevate. V F
- d.** Il COP è, come il rendimento, un numero inferiore a 1. V F

2 Test. In un frigorifero il calore è sottratto dall'interno e ceduto all'ambiente esterno. Ciò è possibile poiché:

- A** la sostanza contenuta nella serpentina interna passa dallo stato liquido a quello di vapore.
- B** la sostanza contenuta nella serpentina interna passa dallo stato solido a quello liquido.
- C** la sostanza contenuta nella serpentina interna passa dallo stato di vapore a quello liquido.
- D** la sostanza contenuta nella serpentina esterna passa dallo stato liquido a quello di vapore.

- 3** Per sottrarre $1,85 \times 10^3$ J di calore dall'interno del frigorifero bisogna compiere un lavoro di 370 J.
- Qual è il coefficiente di prestazione del frigorifero? [5,00]

- 4** Un frigorifero ha un COP pari a 3,1. In un certo intervallo di tempo il suo motore compie un lavoro di 2,7 kW.
- Quanto vale il calore sottratto dall'interno del frigorifero nello stesso intervallo di tempo? [8,4 kW]

- 5** Un frigorifero con un COP di 3,4 sottrae dal suo ambiente interno 6,7 kW di calore.
- Calcola il lavoro compiuto dal motore del frigorifero per ottenere questo effetto. [2,0 kW]