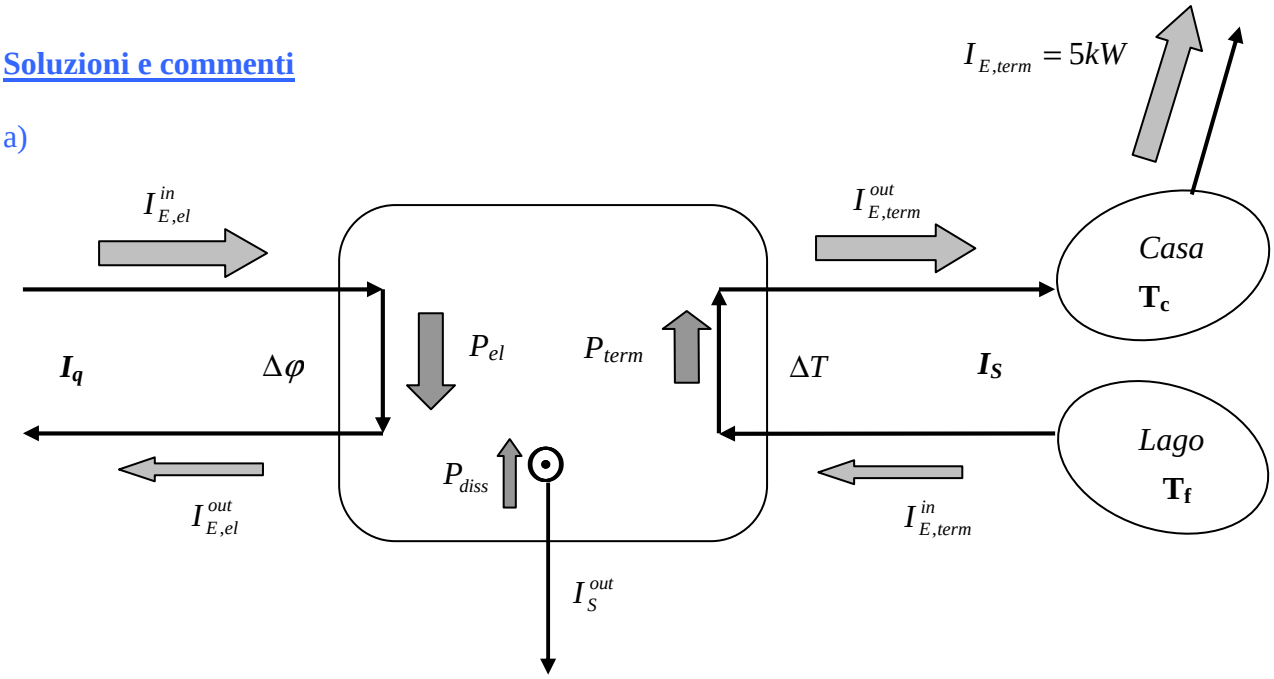
Esercizio 1

Una casa è riscaldata con una pompa di calore della potenza di 300 W che preleva entropia da un lago e la pompa nella casa.
La temperatura *costante* della casa è 20 °C. Il flusso di energia che *esce dalla casa* (che corrisponde alle "perdite di calore", infatti le abitazioni non sono mai completamente isolate!) è di 5 kW.

a) **Disegna** lo schema del *trasferitore di energia* pompa di calore, indicando su di esso i dati del problema.
b) Trova la **temperatura del lago**, considerando il caso della *pompa di calore ideale*.
c) Se, invece, la pompa di calore ha *perdite* dell'ordine di 40 W, quale sarà il suo **consumo elettrico** affinché riesca a mantenere l'abitazione alla stessa temperatura?
d) Calcola in questo caso l'**efficienza** della pompa di calore!

Soluzioni e commenti

a)



b) La temperatura della casa rimane costante, deve quindi esserci un *regime stazionario*: la corrente di energia in uscita dalla casa è uguale a quella che entra! $I^{out}_{E,term} = 5kW$.
Si può quindi ricavare la corrente di entropia associata:

$$I_S = \frac{I^{out}_{E,term}}{T_c} = \frac{5000J/s}{293K} = 17\frac{Ct}{s},$$

che equivale a quella prelevata dal lago.
L'energia associata alla corrente di entropia prelevata dal lago sarà uguale alla differenza fra quella che entra in casa meno la potenza scambiata nella pompa di calore:

$$I^{in}_{E,term} = I^{out}_{E,term} - P_{term} = I^{out}_{E,term} - P_{el} = 4{,}7kW$$

Infine possiamo calcolare la temperatura del lago, che vale:

$$T_f = \frac{I^{in}_{E,term}}{I_S} = 276{,}5K = 3{,}5°C\,.$$

c) P_{term} = 300 W, perciò P_{el} = 300 W + 40 W = 340 W

d) $\omega_{R,rev} = \frac{T_c}{\Delta T}$ = 293 K/18 K = 17,8 $\omega_R = \frac{I^{out}_{E,term}}{P_{el}}$ = 5000 W/340 W = 14,7

$$\Rightarrow \quad \varepsilon = \frac{\omega_{TP}}{\omega_{TP,rev}} \approx 82{,}6\ \%$$

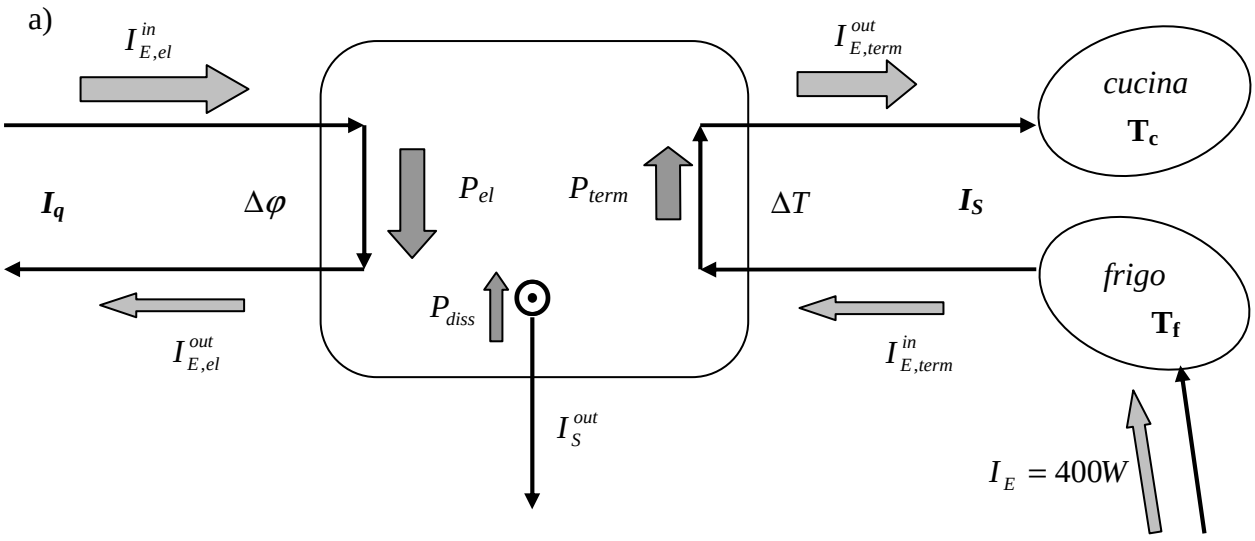
Esercizio 2

Un frigorifero si trova in cucina. La temperatura della cucina è 20 °C e quella all'interno del frigo 3 °C. Il compressore del frigorifero ha un'*efficienza* del 75%. In media, dal momento che il frigo non è un sistema completamente isolato, il flusso di energia (calore) che *entra nel frigorifero* dall'ambiente esterno vale 400 W.

a) **Disegna** lo schema del *trasferitore di energia* pompa di calore, indicando su di esso i dati del problema.
b) Trova il **flusso di entropia** che viene *prelevata dal frigo* con il compressore in funzione per mantenere la temperatura interna costante.
c) Calcola il **flusso di energia** che *entra in cucina*.
d) Calcola il **consumo elettrico** del compressore e il suo **rendimento**.

Soluzioni e commenti

a)



b) Il frigo è in uno stato stazionario perché, per mantenere la temperatura (interna) costante, la corrente di energia che entra è uguale a quella che esce. Perciò la corrente di entropia vale:

$$I_S = \frac{I^{in}_{E,term}}{T_f} = \frac{400 J/s}{276 K} = 1{,}45 \frac{Ct}{s}$$

c) Consideriamo la corrente di energia che entra in cucina sul portatore entropia che esce dal frigo. Conoscendo la temperatura della cucina, il portatore entropia può essere caricato con:

$$I^{out}_{E,term} = I_S \cdot T_c = 1{,}45 Ct/s \cdot 293 K = 425 W$$

Ciò significa che P_{term} = 25 W, che si può ottenere subito anche con $P_{term} = I_S \Delta T$.

d) Efficienza: $\varepsilon = 0{,}75$ Rendimento ideale: $\omega_{F,rev} = \frac{T_f}{\Delta T} = 16{,}2$

$\Rightarrow$ Rendimento: $\omega_F = \varepsilon \cdot \omega_{F,rev} = 12{,}2$

$\Rightarrow$ Consumo elettrico: $P_{el} = \frac{I^{in}_{E,term}}{\omega_R}$ = 400 W/12,2 ≈ 33 W

Ciò significa che vi è una potenza dissipata di $P_{diss} = P_{el} - P_{term}$ = 8 W evacuata anch'essa in cucina dall'entropia prodotta nei processi irreversibili. Dunque in cucina vengono liberati complessivamente 433 W. N.B: in ogni caso la cucina riceve più energia di quanta ne cede al frigo! Se la cucina fosse isolata dall'ambiente esterno, si riscalderebbe!

Esercizio 3

Si vuole acquistare un condizionatore d'aria per mantenere costante la temperatura di una stanza a 18 °C. Dalle finestre e attraverso le pareti, complessivamente, entra nella stanza, dall'esterno, un flusso di energia di 8,3 kW. Sapendo che il condizionatore d'aria (pompa di calore) ha delle "perdite" di energia pari a 50 W, e che la temperatura esterna è di 30 °C:

a) **Disegna** lo schema del *trasferitore di energia* pompa di calore, indicando su di esso i dati del problema.
b) Calcola il **consumo elettrico** del condizionatore d'aria.
c) Calcola il **rendimento** e l'**efficienza** del condizionatore.

Soluzioni e commenti

a) Vedi disegno dell'esercizio 2 dove al posto del frigo c'è la stanza e della cucina l'esterno.
b) Entrano nella stanza (= "ambiente freddo"!) dall'*esterno* 8300 W. Quindi la pompa di calore, per mantenere la temperatura costante a 18 °C, deve pompare fuori 8300 W dalla stanza!

Quindi $I^{in}_{E,term}$ = 8300 W

I_S = 8300 W/291 K = 28,52 Ct/s, I^{out}_E = 28,52 Ct/s · 303 K ≈ 8640 W

P_{term} = 8640 W – 8300 W = 340 W oppure $P_{term} = I_S \Delta T$ = 28,52 Ct/s · 12 K ≈ 340 W

$\Rightarrow \quad P_{el}$ = 340 W + 50 W = 390 W,

c) $\omega_F = \dfrac{I^{in}_{E,term}}{P_{el}}$ = 21,3, $\quad \omega_{F,rev} = \dfrac{T_f}{\Delta T}$ = 24,25 $\quad \Rightarrow \quad \varepsilon = \omega / \omega_{F,rev} \approx 88\ \%$

Esercizio 4

Una **macchina a vapore** fornisce una **potenza effettiva di 600 kW**. Gli organi di trasmissione del movimento causano una perdita di energia del 20%. La temperatura della caldaia è di **177 °C**. Il flusso di calore ceduto al condensatore è di **3 MW**. Il rendimento della macchina a vapore è **10/13** del rendimento massimo teorico.

a) Calcola il **flusso di calore** ceduto dalla caldaia.
b) Calcola la **temperatura** del condensatore.

Soluzioni e commenti

a) $P_{el} = 600kW$ corrisponde all'80 % della P_{term}, quindi $P_{term} = 750kW \Rightarrow I^{in}_{E,term} = 3{,}75MW$

b) $\eta = 10/13\eta_{\max}$, e $\eta = \dfrac{P_{el}}{I^{in}_{E,term}} = 0{,}16 \Rightarrow \eta_{\max} = 0.208 = \dfrac{\Delta T}{T_c} \Rightarrow T_f = 83°C$.