

# BALÀNG D'ENERGIA

## FORMES ENERGÉTIQUES ASSOCIADES A LA MATÈRIA

Totes les formes d'energia es redueixen a:

- ① Energia cinètica ( $K$ ) energia que posseeix un cos segons el seu moviment.  $K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- ② Energia potencial ( $\Phi$ ) energia que posseeix el sistema degut a la seua posició relativa dins d'un camp potencial o de forces  $\Phi = m \cdot g (h - h^*)$   $h^*$  =  $h$  de referència
- ③ Energia interna ( $U$ ) energia deguda a l'estat atòmic i molecular, a l'energia d'enllat, al moviment de les molècules i a la interacció entre elles. Es manifesta a través de la  $T$  del sistema.  $\dot{U} = \int_{T_0}^T n \cdot \hat{c}_v \cdot dT$
- ④ Cabal de calor ( $Q$ ) cabal d'energia que flueix com a resultat d'una diferència de temperatura entre el sistema i l'entorn ( $Q > 0$  si el sistema rep,  $Q < 0$  si la perd)  $Q = U \cdot A \cdot \Delta T$   $U$  = coeficient
- ⑤ Cabal de treball ( $W$ ) el treball mecànic és l'energia que flueix en recorregut a l'aplicació d'una força ( $W < 0$  si es fa el sistema)  $W = \vec{F} \cdot \vec{r} = p \cdot S r = p \cdot \frac{dV}{dt}$

## EQUACIÓ DEL BME

$$A = \sum_{m=1}^T (E - S)_m$$

quantitat d'energia  
acumulada per unitat de temps

Entrada neta d'energia per unitat de temps

La generació no apareix al BME perquè l'energia ni es crea ni es destrueix, però sí que pot aparèixer com a transformació.

Un sistema pot acumular energia interna, potencial i cinètica (E associades a la matèria).  $A = \frac{\delta(U+K+\Phi)}{\delta t}$   
 → Entrada neta d'energia associada al flux de matèria ( $K, \Phi, U$ )

$$(E - S) = (E - S)_{\text{mat}} + W + Q \rightarrow \text{Entrada neta d'energia deguda a la transferència de } Q \text{ i } W.$$

$$(E - S)_{\text{mat}} = \sum_{m=1}^T (\hat{H}_m + \hat{K}_m + \hat{\Phi}_m) w_m$$

$$\frac{\delta [n((\hat{H} - \hat{H}^*) + (\hat{K} - \hat{K}^*) + (\hat{\Phi} - \hat{\Phi}^*))]}{\delta t} = A \quad \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{Acumulació, en magnituds relatives} \end{matrix}$$

$$\sum_{m=1}^T ((\hat{H} - \hat{H}^*)_m + (\hat{K} - \hat{K}^*)_m + (\hat{\Phi} - \hat{\Phi}^*)_m) w_m + W + Q + \frac{\delta(\delta U)}{\delta t} = \sum_{m=1}^T (E - S)_m$$

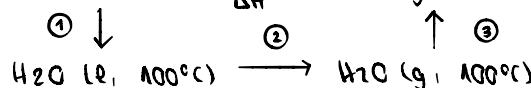
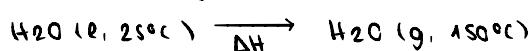
Quan tenim una reacció química hem d'incloure el coeficient de recorregut al BME. En aquesta nova equació podem omplir-se els termes  $K$  i  $\Phi$  perquè són molt inferiors als altres:

$$\frac{\delta}{\delta t} [n(\hat{H} - \hat{H}^*)] = \sum_{m=1}^T (\hat{H} - \hat{H}^*)_m \cdot w_m - \sum_{i=1}^k R_i \cdot \Delta \hat{H}_{i^*} + Q + W + \frac{\delta}{\delta t} (\delta U)$$

estat de referència per  $H^*$   $\begin{cases} \text{Reacció química: qualsevol estat de referència (un únic per tot el balanci)} \\ \text{Reacció química: estat de referència que correspons a l'entalpia } (T, V, \text{ fase}) \end{cases}$

- Si no hi ha canvi d'estat:  $w_m (\hat{H} - \hat{H}^*) = \sum_{m=1}^T w_{m,j} \cdot (\hat{c}_{p,j} (T_m - T^*)$
- Si hi ha canvi de fase:  $w_m (\hat{H} - \hat{H}^*) = w_m \cdot \Delta \hat{H}^*$

→ Si el canvi de fase no té lloc a la temperatura denada per l'entalpia s'ha de calcular una de nova:



$$\text{① } \hat{c}_{p,l} \text{H}_2\text{O}(l) \cdot (100 - 25)$$

$$\Delta H (\Delta T)$$

$$\text{② } \Delta \text{vap} H (100^\circ\text{C})$$

$$\Delta \text{vap} H^+ = \Delta \text{vap} H$$

$$\text{③ } \hat{c}_{p,g} \text{H}_2\text{O}(g) \cdot (150 - 100)$$

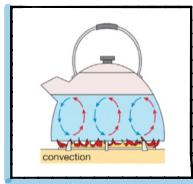
$$\Delta H (\Delta T)$$

## OPERACIONS UNITÀRIES DE TRANSFERÈNCIA D'ENERGIA

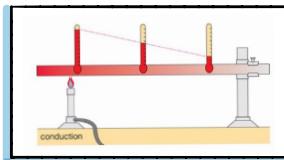
$$\hookrightarrow \text{Força impulsiva} = \Delta T$$

són aquells basades en l'intercanvi de calor entre dos fluids situats a banda i banda d'una superfície conductora de  $\Phi$  que els manté físicament separats sense mesclar-los.

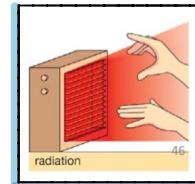
- Convecció:** transmissió de calor a causa del moviment d'un fluid per diferència de densitat o per agitació.
- Conducció:** transmissió de calor entre molècules d'un material (per interacció o desplaçament).
- Radiació:** transmissió de calor per ones electromagnètiques, no necessita un medi material.



En escalfar l'aigua, les molècules calentes s'escullen i removen les fredes.



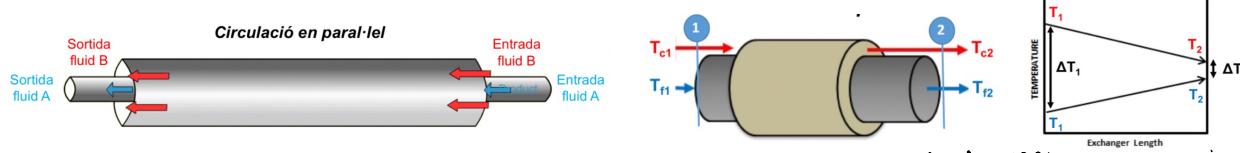
Si escalem l'extrem d'un filferro, la calor arriba a l'altre extrem



la radiació solar o la radiació d'una estufa

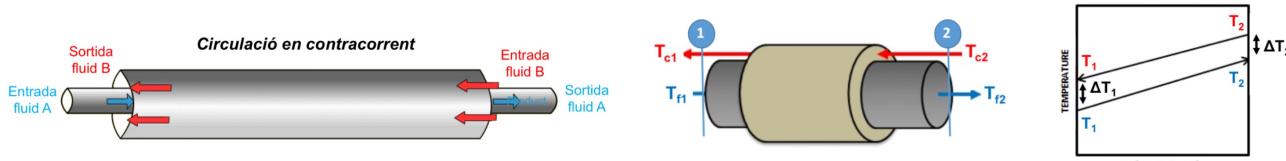
## BESCANVIADORS DE CALOR DE DOBLE TUB

- Circulació en paral·lel:



Model matemàtic: BNE C:  $Q = W_C \cdot (\hat{v}_C \cdot c \cdot (T_{C,1} - T_{C,2})) - Q$   
 $Q = W_C \cdot (\hat{v}_C \cdot c \cdot (T_{C,1} - T_{C,2}))$   
BHEF:  $Q = W_F \cdot (\hat{v}_F \cdot f \cdot (T_{F,1} - T_{F,2})) + Q$   
 $Q = W_F \cdot (\hat{v}_F \cdot f \cdot (T_{F,2} - T_{F,1}))$

- Circulació en contracorrent: és més eficient que en paral·lel perquè la forta impulsió mitjana és major.

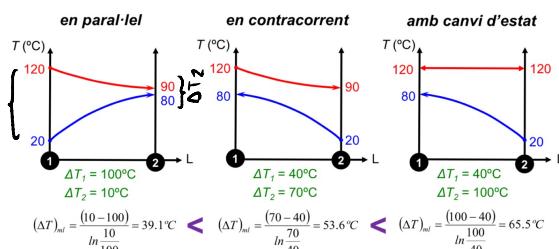


Model matemàtic: BNE C:  $Q = W_C \cdot (\hat{v}_C \cdot c \cdot (T_{C,2} - T_{C,1})) - Q$   
 $Q = W_C \cdot (\hat{v}_C \cdot c \cdot (T_{C,2} - T_{C,1}))$   
BHEF:  $Q = W_F \cdot (\hat{v}_F \cdot f \cdot (T_{F,1} - T_{F,2})) + Q$   
 $Q = W_F \cdot (\hat{v}_F \cdot f \cdot (T_{F,2} - T_{F,1}))$

$$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T)_{MI}$$

equació del disseny d'un bescanviador de doble tub (aplicada en paral·lel i contracorrent)

Si  $U = ct$   
 $(\Delta T)_{MI} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$



Si  $U \neq ct$   
 $(\Delta T)_{MIc} = \frac{U_1 \cdot \Delta T_2 - U_2 \cdot \Delta T_1}{\ln \frac{U_1 \cdot \Delta T_2}{U_2 \cdot \Delta T_1}}$

## BESCANVIADORS DE CALOR DE CARCASSA I TUBS

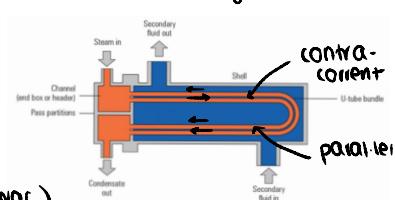
Operen en pseudo-contracorrent i, per tant, la forta impulsió  $(\Delta T)_{MI}$  és menor.

$$Q = U \cdot A \cdot F \cdot (\Delta T)_{MI}$$

$(\Delta T)_{MI}$  com si treballéssim a contracorrent.

Factor de convecció (com que treballem a pseudo-contracorrent)

$$F \leq 1$$



# ALTRES BESCANVIADORS DE CALOR

- ① **bescanviadors de calor de plaques:** substitució de les superfícies tubulars dels bescanviadors de tubs per superfícies planes molt fines i compactades, amb rugositat. Són més fàcils de manipular, rentar i reparar.
- ② **bescanviadors de calor de grafit:** no hi ha superfícies metàl·liques d'intercanvi de calor, el fluid circula per forats en el bloc de grafit. El grafit es tracta com un conductor tèrmic i molt resistent a les substàncies corostives.
- ③ **bescanviadors de calor en espiral** estan formats per dues superfícies planes enroillades formant una espiral de tal manera que el fluid 1 està en contacte amb el 2 per dalt i per baix. Són útils per fluids líquids.

