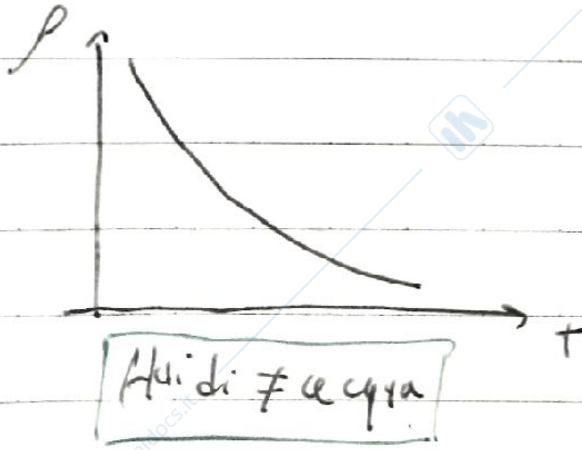
Convezione naturale

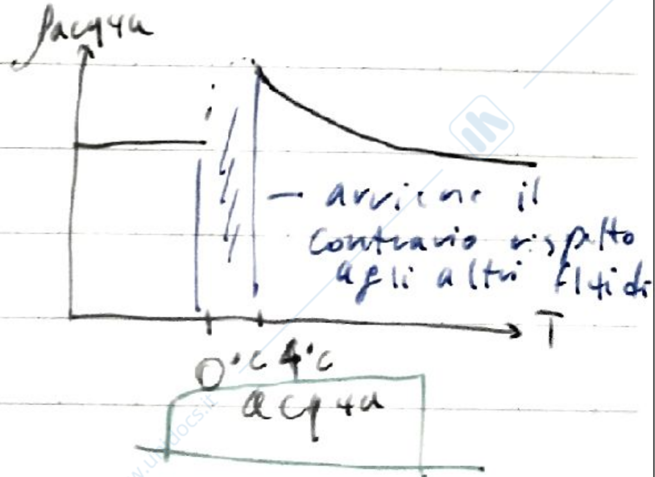
Fenomeno col quale il calore si trasmette da un corpo tendenzialmente solido a un fluido che si muove a causa della stessa convezione acquisendo forze di galleggiamento (per le variazioni di densità in relazione alla temperatura $\rho(t)$)

↓

fino a quando le forze di galleggiamento bilanciano le forze di viscose (si raggiunge un equilibrio)

La convezione naturale dipende dalla geometria del corpo e dalla gravità





Visto che non sappiamo la velocità non usiamo per la convezione naturale Reynolds ma il numero di Grasshof

coeff. di dilatazione volum.

$$\frac{g \beta \Delta t L^3}{\nu^3}$$

per i gas perfetti

β sempre positivo tranne per l'acqua tra 0° e 4°C

$\beta = \frac{1}{T}$ ~ in kelvin

$pV = mRT \left(V = \frac{mRT}{p} \right)$

da eq. stato gas perfetti $\rightarrow$ $\beta = \frac{\partial V}{\partial T} / V = \frac{mR}{pV} = \frac{1}{T}$

Avremo quindi $Nu(Gr, Pr)$ da cui si trova qui h_{NAT}

Si è scoperto che da una relazione del tipo
$Re\,(Gr, Pr) \longrightarrow h_f$

per cui si ottiene
$h_{TOT} = \sqrt{h_n^2 + h_f^2}$

No. FISICA TECNICA

Date 15 · 10 · 19

IRRAGGIAMENTO

L'origine è una emissione elettromagnetica da parte di un corpo

costante di Plank

$$E = \varepsilon \sigma A T^4$$

$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4}\right]$

energia irradiata dal corpo

superficie del corpo

$\varepsilon(\theta)$

può dipendere da un angolo

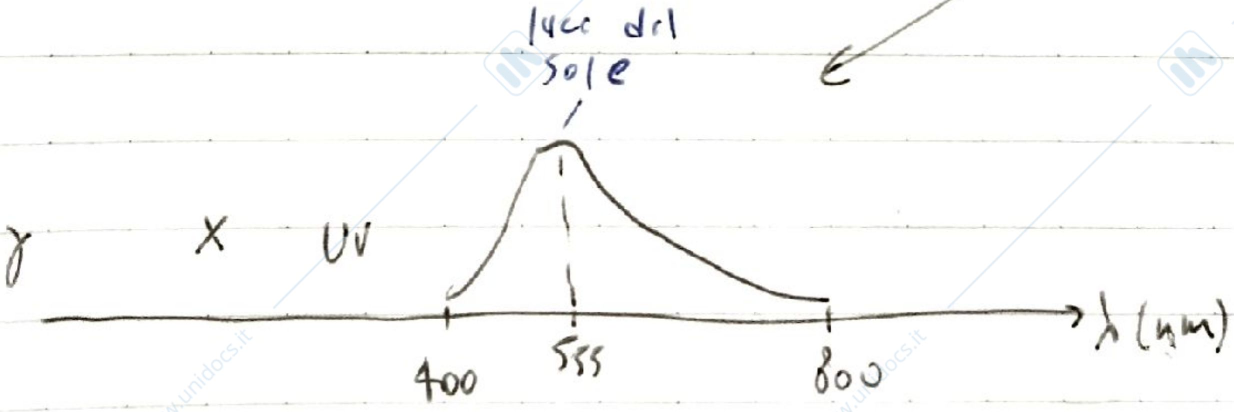
emissività ($0 \le \varepsilon \le 1$)

corpo non emette nulla

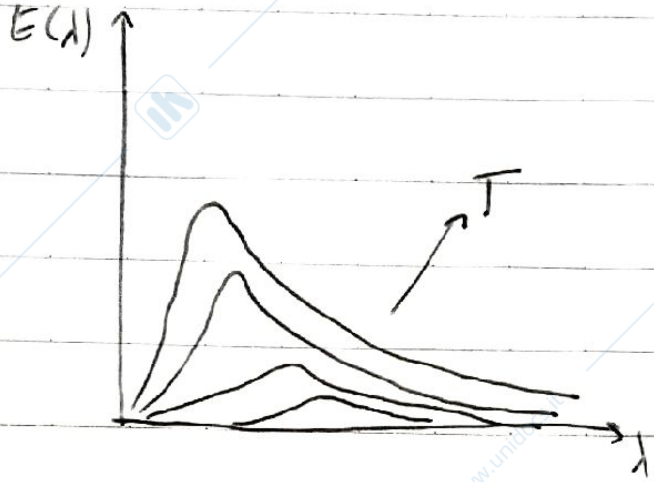
corpo nero

se sta in mezzo → corpo grigio

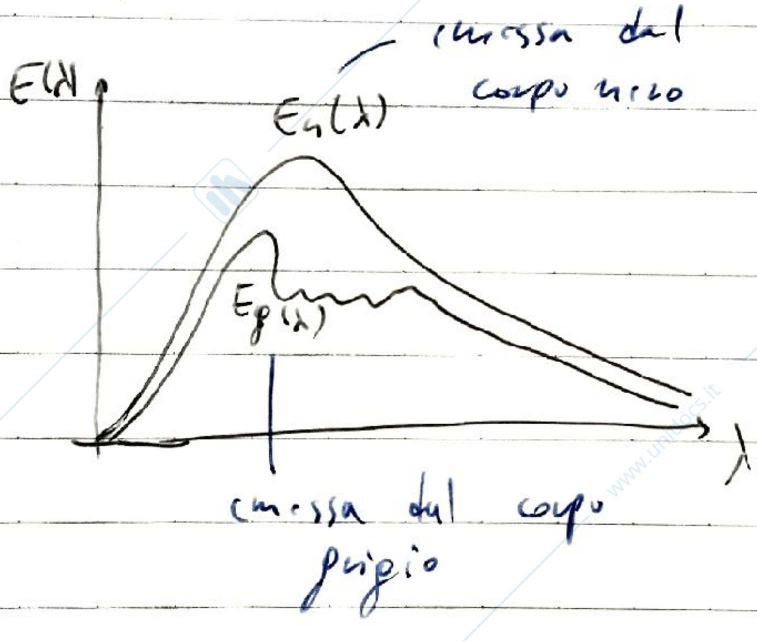
→ $\varepsilon(\lambda)$ ↪ dipende dalla lunghezza d'onda λ (quindi anche dai colori)



Spettro energia emessa dal corpo nero (λ)

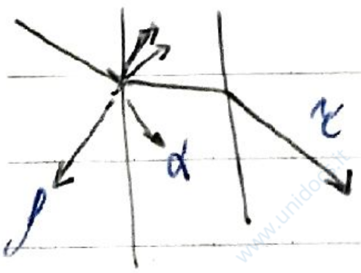


↳ In particolare



Parametri da tenere in considerazione:

<u>es.</u> vetro



Emissione ε

Assorbimento $\alpha = \varepsilon$

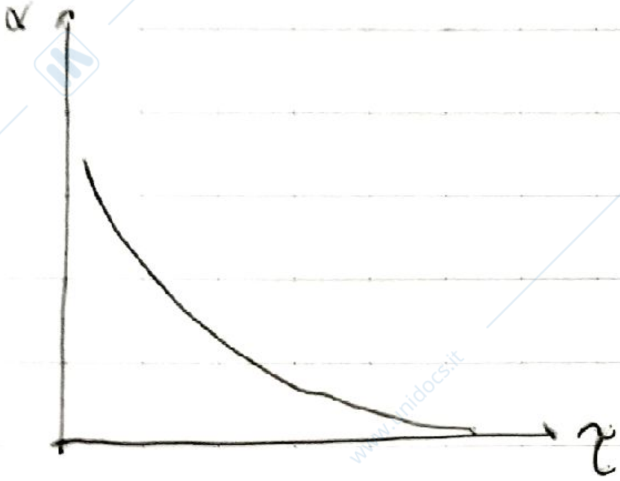
Riflessione ρ

Trasmissione τ

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

coeff.

di solito $\alpha = 1 - e^{-bL}$

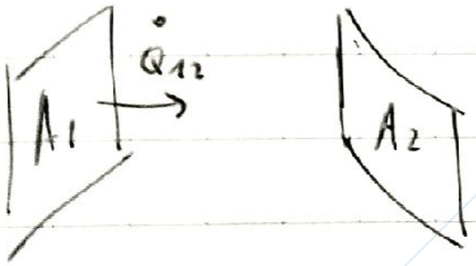


Se abbiamo 2 superfici:

$$\dot{Q}_{12} = A_1 F_{12}\, \sigma\, (T_1^4 - T_2^4)$$

fattore di vista → Se abbiamo 2 superfici parallele molto vicine o una dentro l'altra

$F_{12} = 1$



es.

corpo nero → $\varepsilon = 1$

$$E = A\varepsilon\sigma T^4$$

kelvin

$$1 \cdot 1 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 333^4 = 697\ W$$

Si consideriamo lo stesso esempio con la convezione con

$T_\infty = 20°C \quad h = 10$

$\dot{Q}_{conv} = hA\Delta T = 10 \cdot 1 \cdot 40 = 400\ W$

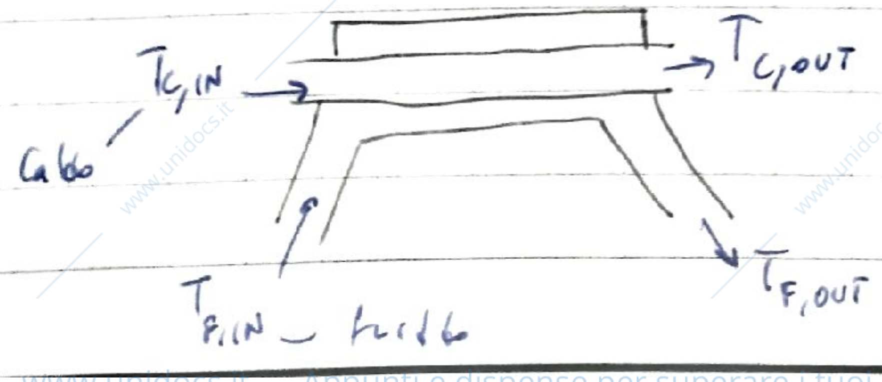
SCAMBIATORI DI CALORE

Uno scambiatore di calore ha lo scopo di trasferire calore tra 2 fluidi.

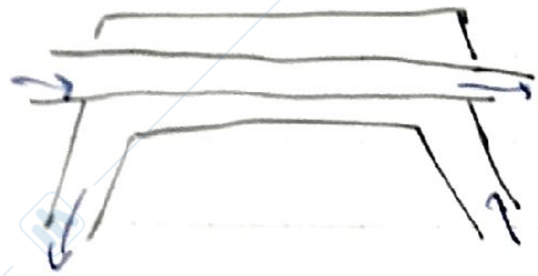
Otteniamo

$$\dot{Q}_{12} = \underbrace{U \overbrace{A_R}^{\text{area di riferimento}}}_{\text{si può chiamare } U_{TOT}} \Delta T^*$$

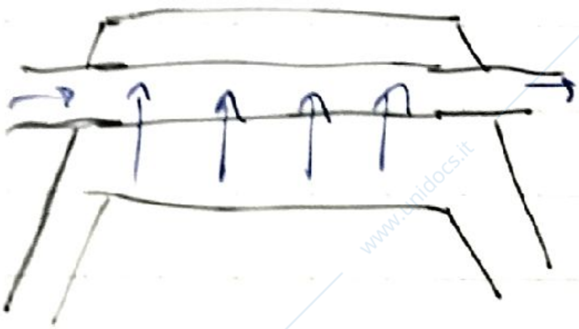
Lo scambiatore più elementare è fatto da 2 tubi uno dentro l'altro tipo:



(flussi equicorrenti) – meno efficienti – vanno dalla stessa parte

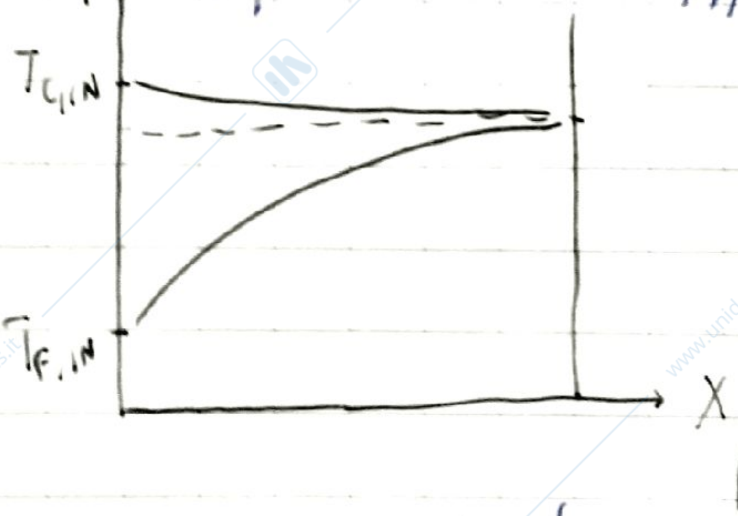


flusso controcorrente + efficiente

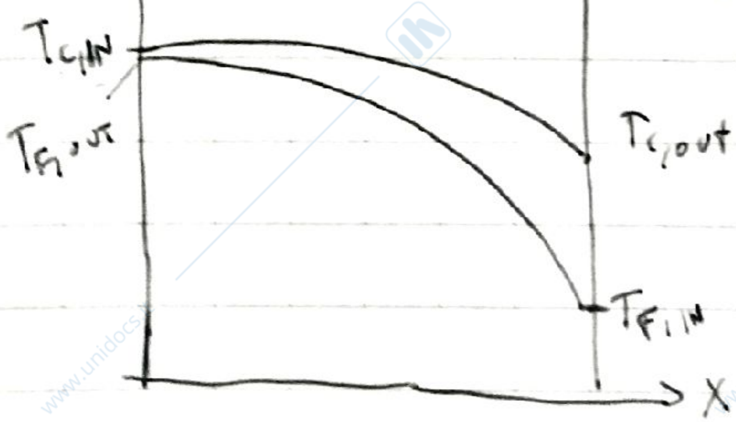


flussi incrociati

Equicorrente (caso peggiore)



Controcorrente (caso migliore)



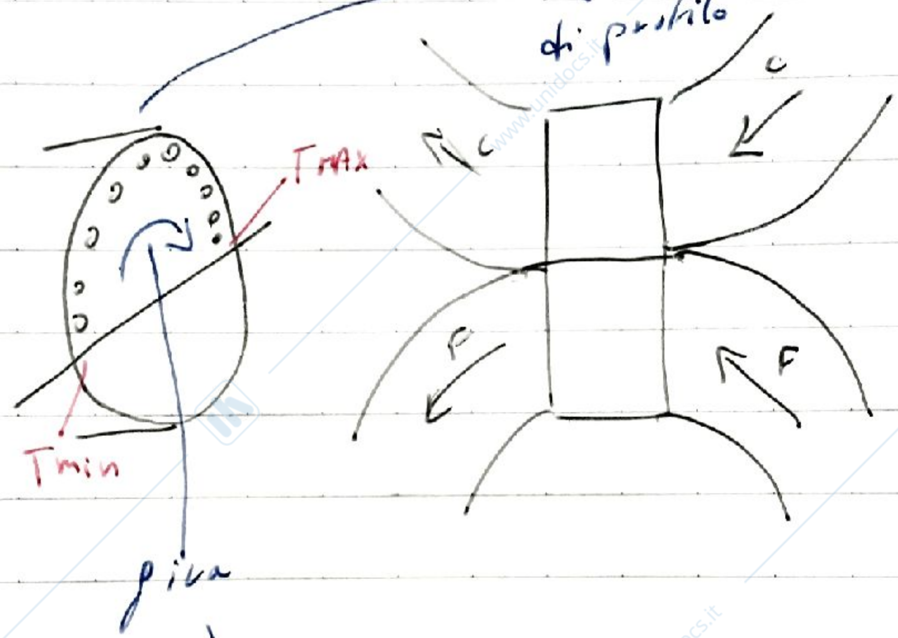
No. FISICA TECNICA

Date 15.10.19

Esistono vari tipi di scambiatori:

- a piastra
- fasci tubieri

ne esistono anche di tipi:



il fluido caldo scalda
il cilindro che gira
e scalda e bilancia
la temp. tra freddo e
caldo

→ Scambiatori controcorrente

Hp: SISTEMA STAZIONARIO

$$|\dot{Q}_C| = |-\dot{Q}_F| = \dot{Q}$$

ricordarsi dei segni per segni ΔT

Avremo poi una portata $\dot{m}_c$ e una $\dot{m}_F$ e dei calori specifici per il fluido caldo e quello freddo (c_c, c_F)

$$\hookrightarrow \dot{m}_c c_c \Delta T_c = \dot{m}_F c_F \Delta T_F$$

Osserviamo inoltre che

$$U_1 + U_2 = U_{TOT} = U_F$$

$$\hookrightarrow m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2 = (m_1 c_1 + m_2 c_2) T_F \quad \text{, finale}$$

$$T_F = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

$$T_{C_{ideale, OUT}} + T_{F_{ideale, OUT}} = \frac{\dot{m}_C c_C T_{C,IN} + \dot{m}_F c_F T_{F,IN}}{\dot{m}_C c_C + \dot{m}_F c_F}$$

Possiamo considerarla come un' efficienza (continuato)

$$\varepsilon = \frac{\Delta T}{\Delta T_{max}}$$

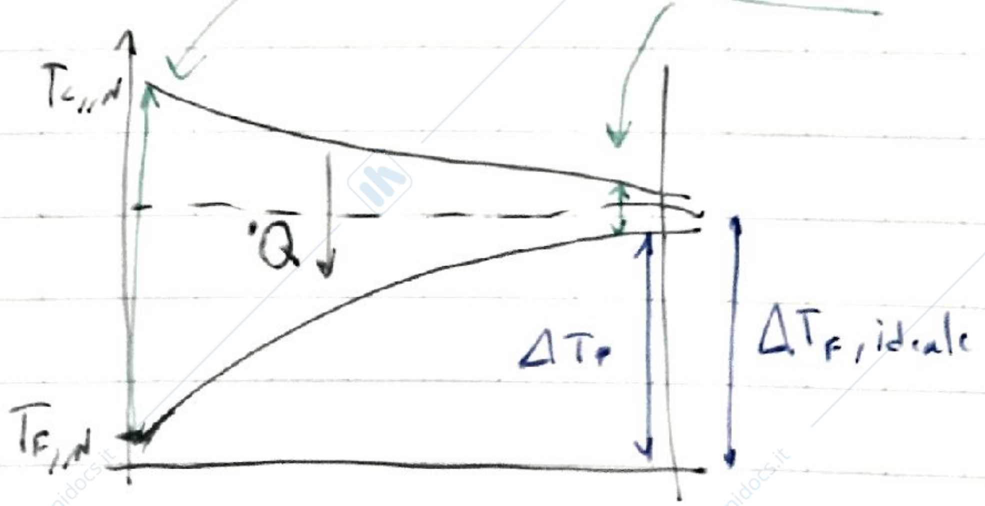
$$\dot{Q} = \dot{m}_c c_c \Delta T_c = \dot{m}_F c_F \Delta T_F$$

Vogliamo ottenere

$$\dot{Q} = h\, A\, \Delta T^*$$

chiamato anche U

una media fra il ΔT iniziale e il ΔT finale



$$\Delta T^* = \Delta T_{ML}$$

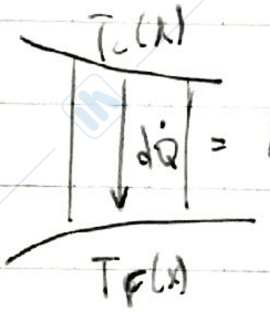
media log.

$$\hookrightarrow \Delta T_{ML} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$\downarrow$ ottenuto

Considerando $T(x)$

$\hookrightarrow$



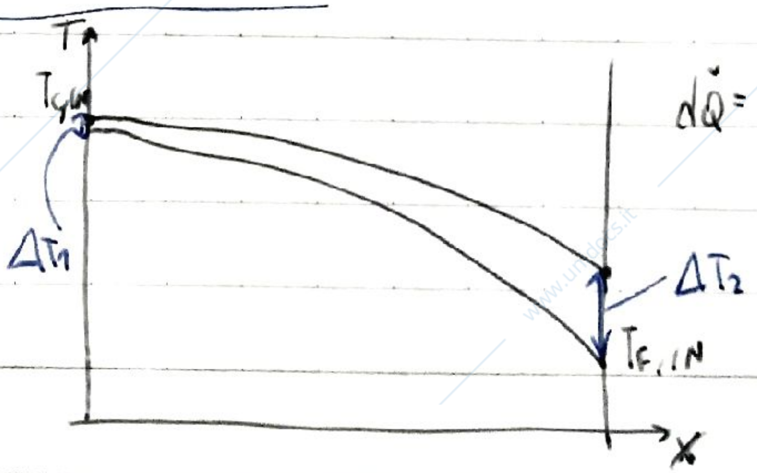
$$d\dot{Q} = h \, dA \, \Delta T(x)$$

$$d\dot{Q} = \dot{m}_c c_c \, dT_c = \dot{m}_F c_F \, dT_F$$

$$\dot{Q} = \int_0^A h \, dA \, \Delta T(x) = h A \Delta T^*$$

→ Scambiatore controcorrente

quello con l'$\dot{m}$ minore ha il ΔT maggiore



$$d\dot{Q} = \dot{m} c \, dT$$

No. FISICA TECNICA

Date 15·10·19

Anche in questo caso

$$\Delta T_{ML} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

Oss.

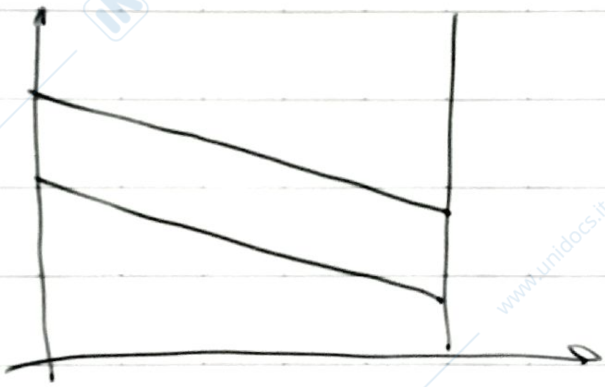
Se ΔT-cost

|

e

non

usiamo



$\Delta T^* = \Delta T_{ML}$

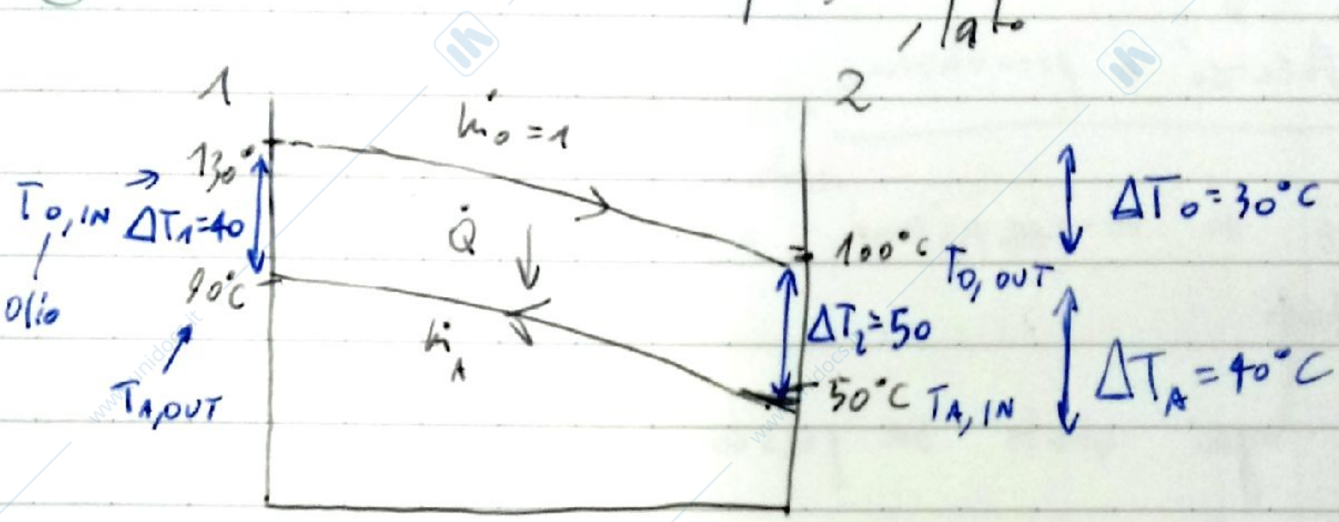
ma $\Delta T^* = \Delta T$

No. FISICA TECNICA

Date 16·10·19

Esercizi

(1) (es. 1. scamb. di calore dispensa)



$$\dot{Q} = \dot{m}\, c\, \Delta T = 1 \frac{kg}{s} \cdot 2500 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 30\, K = 75\, kW$$

$c_A = 4200$

$\hookrightarrow$ $75000 = \dot{m}_A \cdot 4200 \frac{J}{kg \cdot k} \cdot 40\, k$

$\rightarrow \dot{m}_A = 0{,}446 \frac{kg}{s}$

ΔT_1 e ΔT_2 molto simili

$\downarrow$

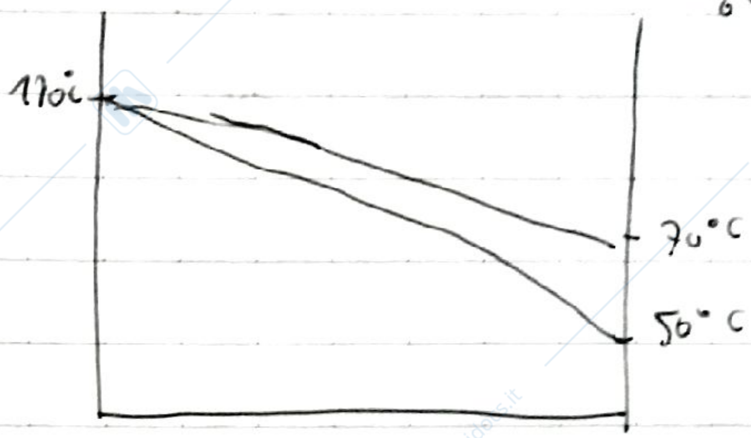
$\dot{Q} = h A \Delta T_{ML}$ $\qquad \Delta T_{ML} = \dfrac{50-40}{\ln \frac{50}{40}} = 44{,}8$

$75000 = U_{TOT} \cdot 44{,}8$

$\rightarrow U_{TOT} = 1673\ W/k$

Consideriamo il caso ideale

$\dot{m}_0 c_0 \Delta T_0 = \dot{m}_A c_A \Delta T_A$



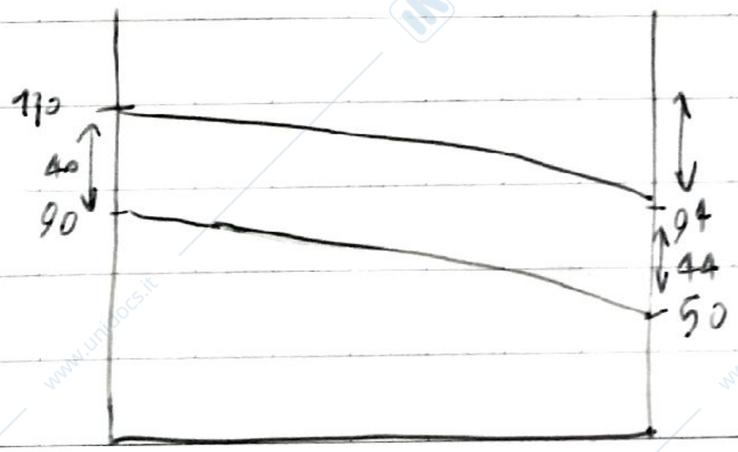
$\varepsilon = \frac{\Delta T}{\Delta T_{max}} = \frac{90-50}{130-50} = \frac{40}{80} = 50\%$

efficienza

↳ si poteva anche fare così: $\varepsilon = \frac{\Delta T_0}{\Delta T_{0\,max}} = \frac{130-100}{130-60} = 50\%$

$\dot{Q} = 75 \cdot 1{,}2 = 90\ kW$

↳ 20% in più



$\Delta T_0 = 30 \cdot 1{,}6 = 36$

$90 = \dot{m}_A c_A \Delta T_A$

↳ $\dot{m}_A = 0{,}448 \cdot 1{,}2 \cdot$

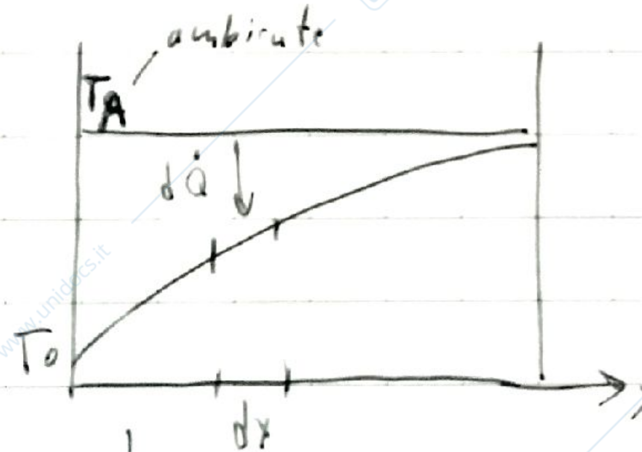
$\Delta T_{ML} = 42$

$\dot{Q} = 90000 = \underbrace{(UA)}\cdot 42$

$U_{TOT} = 2143 \frac{W}{K} \rightarrow (+28\%)$

Metodo ε-NTU (Dispensa 96)

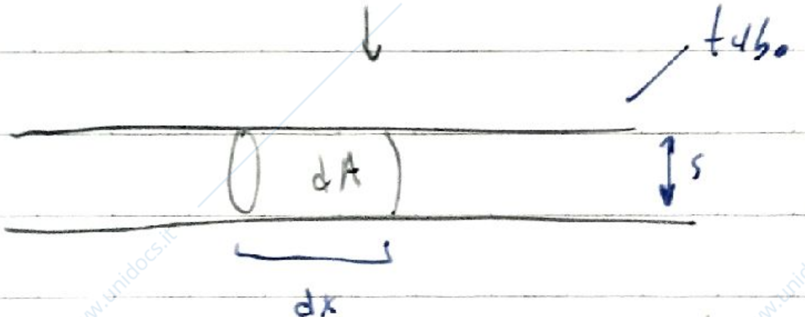
Supponiamo di avere uno scambiatore di calore



Non importa se equicorrente e controcorrente

— possiamo mettere t ← messo in relazione dalla velocità

profilo di temperatura di



$w = \frac{dx}{dt}$

↑ il fluido si muove a una certa velocità

porzione di liquido — $dV = S \cdot dx$

$m = \rho S \, dx$

$d\dot{Q} = h\,dA\,(T_\infty - T_{(x)})\,dt$ — poiché $\dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$

È come se fosse per parametri concentrati, ossia la porzione di fluido non cambia nel tempo, quindi analizziamo solo come varia la sua temperatura nel tempo.

Consideriamo

$$dQ = m c\, dT$$

$$hA(T_\infty - T)\,dt = m c\, dT$$ ← dobbiamo cercare una relazione con il tempo

$$d_x\, hA(T_\infty - T) = \dot{m} c\, dT$$

→ Soluzione: $T = T_A + (T_0 - T_A)\, e^{-\frac{x}{\dot{m} c_p / hP}}$

dove $dA = P\,dx$ (perimetro)

gruppo NTU → $\frac{\dot{m} c}{hP} = \frac{kg}{s}\cdot\frac{J}{kg\cdot K}\cdot\frac{m\,K}{W}$

↓

m

TERMODINAMICA

0 PdT → Equilibrio termico

1° PdT → $Q - L = \Delta U$ (conservazione dell'energia)

$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R}$ — resistenza

2° PdT → (energia si degrada, l'entropia aumenta sempre)

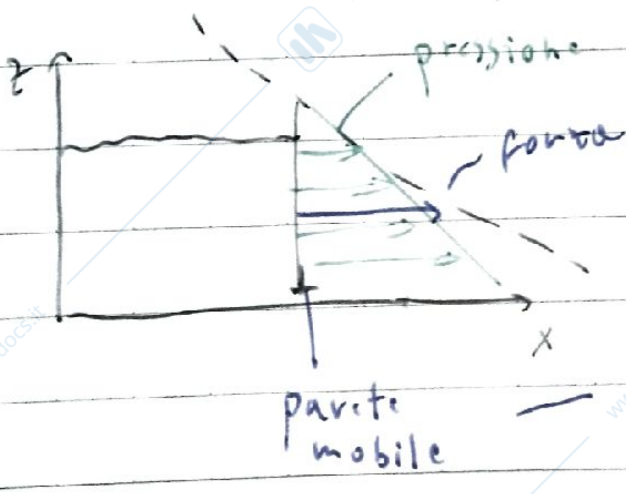
Sistemi:

QUASI-STATICO — REVERSIBILE

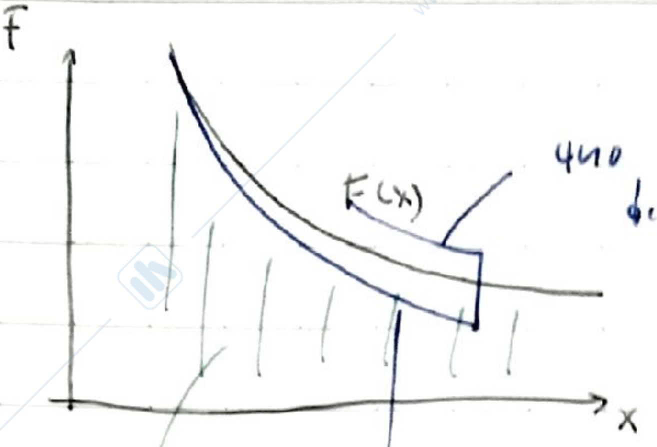
non è detto che se è quasistatico allora è reversibile

Supponiamo di sapere che un corpo ha una temperatura $T(x)$ e immaginiamo di avere

$p = \rho g z$



se gli spostamenti sono così piccoli che si assestano subito → È QUASISTATICA



uno da fuori deve fare più forza per l'attrito (gli sembra irreversibile)

MA

con attrito (internamente reversibile)

$L = \int F\,dx$

Se c'è dell'attrito la forza fatta dall'acqua deve vincere questo attrito

Se ci sono delle irreversibilità le porteremo all'esterno

Gas

$pV = mRT$ Eq. stato del gas perfetto

Vedremo grafici pV e $T(S)$ entropia

$dS = \frac{dQ}{T}$

$dQ = T\,dS$

e possiamo considerare

$L = \int p\,dV \rightarrow dL = p\,dV$

$l = \int p\,dv$