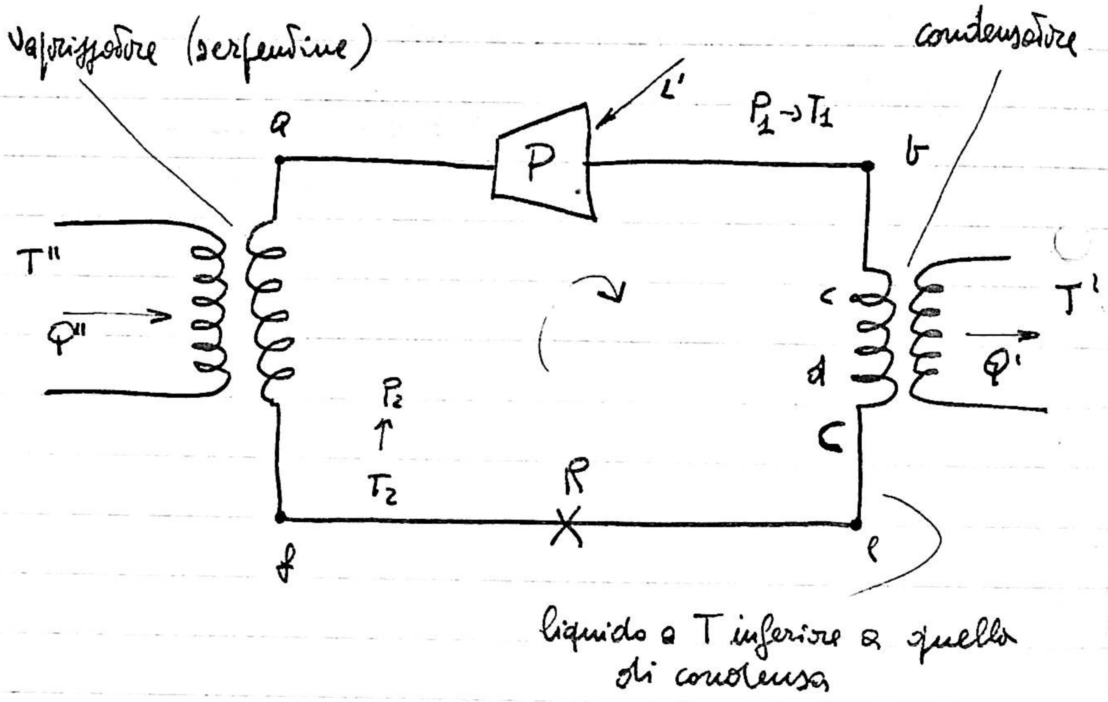
1969 – appunti di

Macchine termiche 5

fluidi nei condotti – convezione
irraggiamento – trasmissione
illuminotecnica – riscaldamento
raffreddamento – evaporazione

1·31·1·F

Impianti frigoriferi (NO)

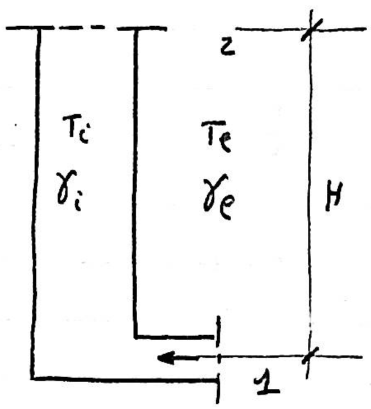


Dalla serpentina esce vapore <u>secco</u> $x=1$

R espansore totalmente dissipativo che non scambia calore con l'esterno (a entalpia costante)
[Processo di strozzamento - organo di laminazione]

Studio del movimento dovuto a differenza di densità (e quindi di temperatura) ad es. termosifoni.

Tiraggio camino



Studiamo in prima approssimazione

1) T_i costante nel condotto

2) T_e " all'esterno usiamo Bernoulli

$$\frac{W_2^2 - W_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + h'_e + h_g + \int \frac{dp}{\gamma} = 0$$

$$\int \frac{dp}{\gamma} = \frac{P_2 - P_1}{\gamma_i} \qquad z_2 - z_1 = H$$

$$W_1 \simeq 0$$

NB 1 è da considerarsi a monte del bruciatore

$P_a = P_2 \qquad P_1 = P_2 + \gamma_e \cdot H$

quindi

peso specifico aria

$$\boxed{\frac{w_2^2}{2g} + H + h_a = \gamma_e \frac{H}{\gamma_i} - h'_e}$$

h'_e lavoro esterno netto

1° caso **Tiraggio naturale** : $h'_e = 0 \implies$

$$\frac{w_2^2}{2g} + H + h_a = \frac{\gamma_e H}{\gamma_i} ; \qquad \gamma_i \frac{w_2^2}{2g} + \gamma_i H + \gamma_i h_a = \gamma_e H ;$$

$$\boxed{(\gamma_e - \gamma_i) H = \gamma_i \left(\frac{w_2^2}{2g} + h_a \right)}$$

$h_a = h'_a + h''_a$

resist. distrib. resist. loc.

$(\gamma_e - \gamma_i) H$ differenza di pressione disponibile alla base
(e' funzione del tempo.)

$$h'_a = \lambda \frac{L}{D} \frac{w^2}{2g} = \lambda \frac{H}{D} \frac{w^2}{2g}$$ (trascurando il tratto orizzontale)

dove $\lambda = f(Re)$ e $Re = \frac{w \cdot D}{\nu}$

$\nu = \frac{\eta}{\delta}$ = viscosita' cinematica

2·13·2·eF

32

$$\Delta p' = \lambda' \gamma \frac{W^2}{2g}$$

$$h_a'' = \frac{W^2}{2g}\lambda' \; ; \qquad h_a = \frac{W^2}{2g}\left(\lambda \frac{H}{D} + \lambda'\right)$$ sostituendo

$$(\gamma_e - \gamma_i) H = \gamma_i \left[\frac{W^2}{2g} + \frac{W^2}{2g}\left(\lambda \frac{H}{D} + \lambda'\right)\right] = \gamma_i \frac{W^2}{2g}\left(1 + \lambda \frac{H}{2} + \lambda'\right)$$

di qui

$$W_2 = \sqrt{\frac{2g(\gamma_e - \gamma_i)\cdot H}{\gamma_i} \cdot \frac{1}{\left(1 + \lambda \frac{H}{D} + \lambda'\right)}}$$

poiché di solito tra i dati compare la portata, questa è praticamente una equazione risolutiva, infatti: tenendo presente l'equazione di continuità:

$$G_{TOT} = \omega W \gamma = cost$$ in ogni sezione (portata di massa)

nota G ci ricaviamo W
e di qui la H del camino

<u>NB</u> di solito la W è $0{,}6\ \frac{m}{s} \div 1\ \frac{m}{s}$

il dimensionamento può non riuscire al primo colpo, a seconda del valore di ω (sezione) perchè in conseguenza con esso sta R_e e quindi A'.

Vediamo di esprimere γ_e e γ_i in funzione della temperatura. Per fare ciò facciamo questa approssimazione: supponiamo identici i gas all'ingresso e all'uscita, ne segue

$$\frac{p_a}{\gamma_e} = R_1 T_e \; ; \quad \frac{p_a}{\gamma_i} = R_1 T_i \; ; \quad \frac{p_a}{\gamma_0} = R_1 T_0 \quad (\text{alla } T \text{ di rif.})$$

di qui scende
$$\frac{\gamma_e}{\gamma_0} = \frac{T_0}{T_e} \qquad \frac{\gamma_i}{\gamma_0} = \frac{T_0}{T_i}$$

sostituendo

$$\frac{\gamma_e - \gamma_i}{\gamma_i} = \frac{\cancel{\gamma_0 \frac{T_0}{T_e}} - \cancel{\gamma_0 \frac{T_0}{T_i}}}{\cancel{\gamma_0 \frac{T_0}{T_i}}} = \frac{\frac{T_i - T_e}{T_i T_e}}{\frac{1}{T_i}} =$$

$$= \frac{T_i - T_e}{T_e} \qquad \text{di qui}$$

$$W_2 = \sqrt{2g \frac{T_i - T_e}{T_e} \cdot H \cdot \frac{1}{1 + \lambda \frac{H}{D} + \lambda'}}$$

NB va bene solo se i pesi specifici dentro e fuori sono uguali.

3·13·2· eF

33 2° caso <u>Tiraggio forzato</u>

$$\gamma_i \frac{W_2^2}{2g} + \gamma_i H + \gamma_i h_a = \gamma_e H - \gamma_i h'_e$$

$$\boxed{(\gamma_e - \gamma_i) H} - \gamma_i h'_e = \gamma_i \left(\frac{W^2}{2g} + h_a \right)$$

è trascurabile data la presenza della pompa ⇒

$$-\gamma_i h'_e = \gamma_i \left(\frac{W^2}{2g} + h_a \right)$$

poiché $h_m = -h'_e$

$$\cancel{\gamma_i} h_m = \cancel{\gamma_i} \left[\frac{W^2}{2g} + \frac{W^2}{2g} \left(\lambda \frac{H}{D} + \lambda' \right) \right] ;$$

$$h_m = \frac{W^2}{2g} \left(1 + \lambda \frac{H}{D} + \lambda' \right);$$

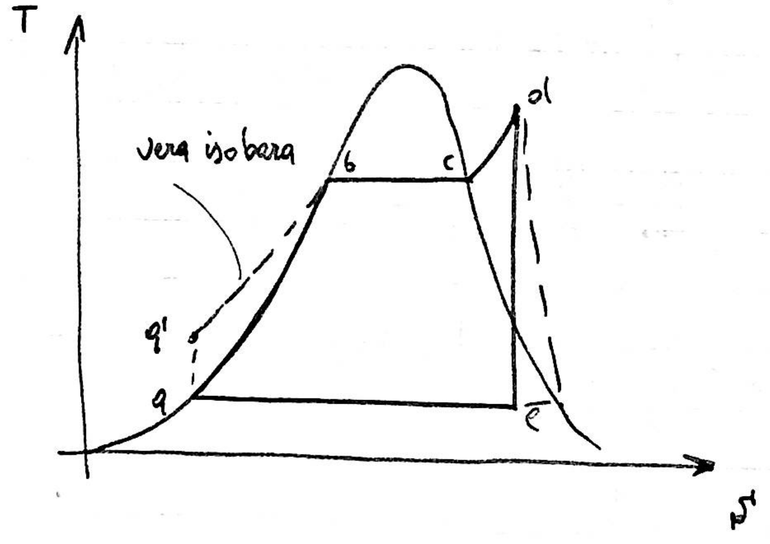
$$W_2 = \sqrt{2g \, h_m \frac{1}{1 + \lambda \frac{H}{D} + \lambda'}}$$

$h_m G$ = potenza propulsore [G : portata in peso]

Accenniamo brevemente a cosa succede in <u>2ª approssimazione</u>

Pensiamo il cammino diviso in tanti tronchi parziali. Per ciascuno di essi si determina la Δp_i, è evidente che
$$\Delta p = \sum_i \Delta p_i$$
e poi si prosegue come prima; $\exists$ diagrammi che danno la soluzione dei problemi pratici

---



$$\text{frazione utilizzabile} = \eta = \frac{\sum Q' + \sum Q''}{\sum Q'}$$

$\sum Q''$ — scambiato dalla sorgente inferiore

$\sum Q'$ — scambiato dalla sorgente sup.

4.13.2. eF

34

poiche' il sistema é aperto e $dp \simeq 0$

$$\Sigma q' = I_d - I_a$$

entalpia alla uscita caldaia — entalpia allo ingresso caldaia

$$|\Sigma q''| = I_e - I_a \Rightarrow \eta = \frac{I_d - \cancel{I_a} - I_e + \cancel{I_a}}{I_d - I_a} =$$

$$= \frac{I_d - I_e}{I_d - I_a}$$

NB questo e' un risultato approssimato perché si e' trascurato il lavoro della pompa (errori inferiori 1%)

Moto dei fluidi nei condotti

si usa l' equazione di Bernoulli

e $\Delta p = \gamma h_a = \lambda(Re) \cdot \gamma \cdot \frac{W^2}{2g} \cdot \frac{L}{D}$ attriti uniformi

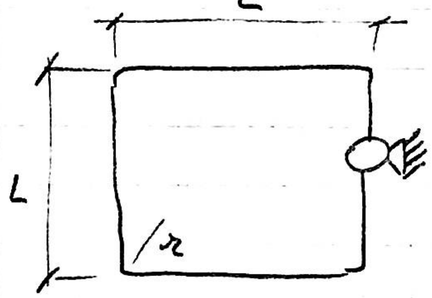
$\lambda(Re)$ lo si trova tabulato

$$h_a = \lambda(Re \frac{W^2}{2g} \frac{L}{D}$$

$$\Delta p' = \lambda' \gamma \frac{W^2}{2g} \quad \text{per le } \underline{\text{localizzate}}$$

$$h'_a = \lambda' \frac{W^2}{2g}$$

<u>Calcolo della potenza di una pompa</u>



$10 \ \ell/s$

$W = 2 \ m/s$

$G = 10 \ \ell/s$

$t = 10°C$

$L = 10 \ m$

$\frac{r}{d} = 4$

$$\cancel{\frac{W_2^2 - W_1^2}{2g}} + \cancel{z_2 - z_1} + h'_e + h_a + \cancel{\int_1^2 \frac{dp}{\gamma}} = 0$$

$$-h'_e = h_a \quad \Rightarrow \quad h_m = h_a$$

5.13.2. eF

35

NB il circuito non può essere adiabatico perchè altrimenti aumenterebbe t a causa del lavoro di attrito.

Troviamo h_a

$$h_a = h'_a + h''_a \qquad h'_a = \lambda(Re)\,\frac{4L}{D}\,\frac{W^2}{2g}$$

distr. loc.

$\lambda(Re)$ non è immediato

$$Re = \frac{WD}{\nu}$$

viscosità cinematica

usando la portata

$$G = \omega W \qquad \omega = \frac{G}{W}$$

$$\longrightarrow \omega = \pi \frac{D^2}{4} \Rightarrow$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi}\,\omega}$$

noto $D \longrightarrow Re$

con le tabelle $\longrightarrow \lambda(Re)$

$$h''_a = \lambda' \frac{\alpha}{90°} \frac{w^2}{2g}$$ λ' dal manuale

formula empirica

noti h'_a h''_a $\longrightarrow$ $h_m =$

da cui $W = G_p \cdot h_m$

portata in peso

per avere la pot. in CV : $\frac{W}{75}$

per avere la potenza da consumare $\frac{W}{0{,}85}$

1-20-2-cF

36 <u>Conduzione del calore</u>

La studiamo presupponendo l'ipotesi di Fourier

$\varphi = K S \frac{\Delta t}{l}$ — <u>K</u> conduttività termica <u>caratteristica del mezzo</u> : è influenzata dalla temperatura, poco da P

I metodi per determinare K variano a seconda che si misura su un liquido o un solido (per i liquidi è molto difficile)

per un conduttore $K \simeq 100 \frac{Kcal}{m\, h\, °C}$

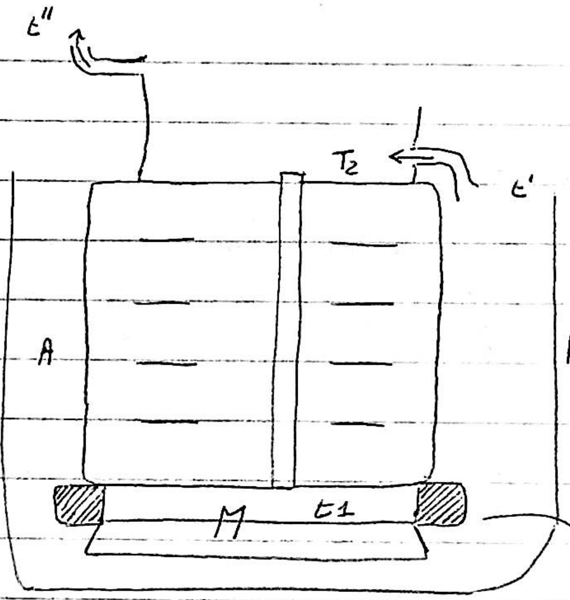
" " isolante $K \simeq 1$

<u>Metodi per determinare</u> K, due categorie:

<u>calorimetrici</u>	<u>Termometrici</u>
(diretti)	(indiretti)

in tutti si usano <u>le equazioni valide in regime permanente</u>

La condizione in cui ci dobbiamo porre per fare una giusta misura è che il nostro provino sia un tubo di flusso (senza dispersimenti laterali quindi)



A camicia di guardia

è riscaldato con resistenze

Se la camicia è ad aria ci sono setti per evitare i venti
" " può essere un tubo isolante
In queste condizioni il provino diventa un tubo di flusso

misuriamo t_1 e t_2

$$\varphi = K S \frac{t_1 - t_2}{\ell}$$

φ si misura dalla portata $G \left[\frac{Kg}{h}\right]$ dell'acqua:

$$\varphi = G c (t'' - t')$$

c calore specifico

sostituendo

2-20-2-e.F

37

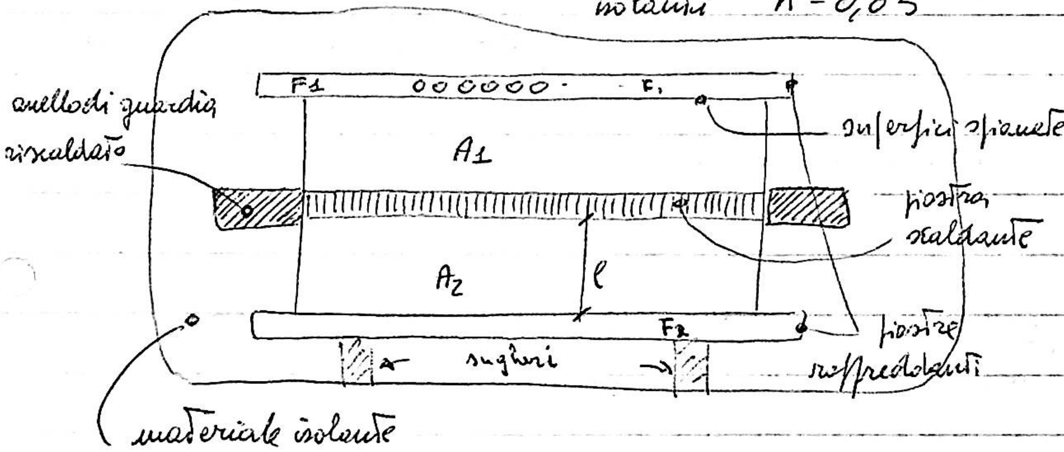
$$K = \frac{G\,c\,(t''-t')\,\ell}{S\,(t_1 - t_2)}.$$

lo schermo N serve per evitare i moti convettivi, dentro è argentato per evitare l'irraggiamento

Determinazione di K per un isolante

Ag	$K = 360$
Cu	$K = 320$
Fe	$K = 40$
mattoni	$K = 1 \div 1,5$
isolanti	$K = 0,05$

Metodo a piastre



(farina fossile per temp. alte, sughero per temp. basse)

- Mediante H_2O si raffreddano (con costanza nel tempo)
- l'anello di guardia evita il flusso laterale
  (la temp. dell'anello e della piastra sono uguali)

- L'anello ha una alimentazione indipendente
- Si determinano le temperature sulle facce di R:
  sulla inferiore di F_1
  " superiore " F_2
- $\Delta T \simeq$ alcune decine di gradi

- con apposite termocoppie si vede se si è raggiunto il regime
- poiché il flusso si biparte si ha

$$\frac{\varphi_1}{2} = K S \frac{\Delta t}{l} \qquad \text{ma } \varphi = VI \ (W)$$

$$\downarrow$$

$$\varphi = 0{,}86\ VI \ \frac{Kcal}{h} \longrightarrow$$

$$\rightarrow K = \frac{0{,}43\ VI\ l}{S\ \Delta t}$$

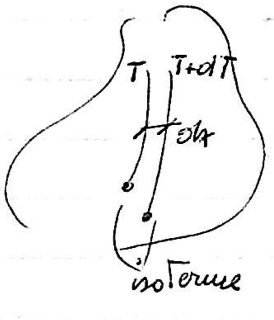
<u>Metodo per i liquidi</u> come il precedente ma con questo accorgimento:

Temperatura più alta in alto — così non ci sono
" " bassa " basso — correnti convettive

<u>Metodo per i gas</u> poiché K non dipende da P si sperimenta a $\simeq 100$ (mm) ATA (assoluti) così che non si ha convezione

3-10-2. eF

38



$$dq = -K\left(\frac{dt}{dx}\right) S\, dz$$

il segno − è dovuto al fatto che se si va come il flusso, la temperatura diminuisce

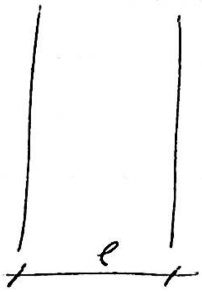
Si può definire una resistenza termica $d\rho = \dfrac{dx}{KS}$

allora $\varphi = \dfrac{dq}{dz} = -KS\dfrac{dt}{dx} = -\dfrac{dt}{d\rho}$ [analogo a Ω]

$$\boxed{\varphi\, d\rho = -dt}$$ vale sempre purchè in regime

integrando su un tubo di flusso $\boxed{\varphi\, \rho = -\Delta t}$

Caso piano

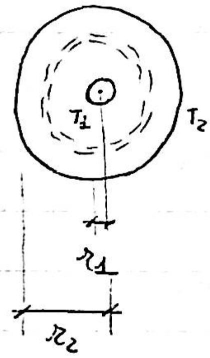


$$\delta\rho = \frac{dx}{S'K}$$

$$\boxed{\rho = \frac{\ell}{KS}}$$

Caso cilindrico

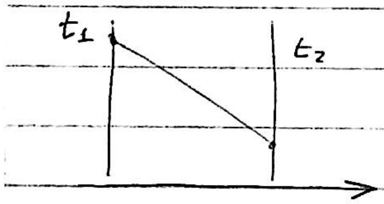
$$d\rho = \frac{dr}{K\, 2\pi r\, l}$$



altezza l

$$\boxed{\rho = \frac{1}{2\pi K l} \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Vediamo l'andamento delle temperature nei due casi



$$\varphi = -K \frac{dt}{dx} S \quad \Rightarrow \quad \frac{dt}{dx} = cost$$

$$\frac{dt}{dx} = -\frac{\varphi}{KS} \qquad t = -\frac{\varphi}{KS} x + A$$

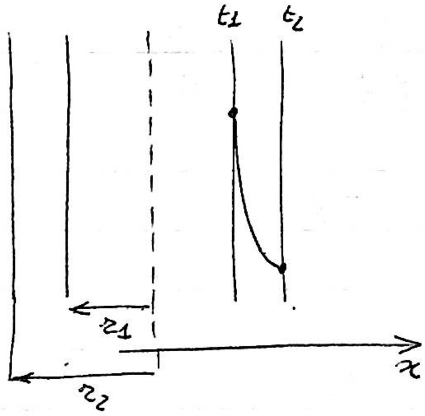
dalle condizioni ai limiti $A = t_1 \Rightarrow t = -\frac{\varphi}{KS} x + t_1$

$$t_2 = t_1 + C\, l \Rightarrow C = \frac{t_2 - t_1}{l} \quad \Rightarrow$$

$$\boxed{t = \frac{t_1 - t_2}{l} x + t_1}$$

4-20-2-F

39



$$dR = \frac{dr}{k 2\pi r l}$$

$$q = -\frac{dt}{dR} = -\frac{dt}{dr} 2\pi r k l$$

$$dt = -\frac{q}{2\pi r k l} dr \rightarrow$$

$$dt = \frac{A}{r} dr \qquad t - t_1 = A \ln r + C$$

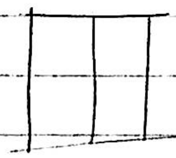
$$r = r_1 \quad t = t_1 \qquad \begin{cases} A \ln r_1 + C = 0 \\ A \ln r_2 + C = t_2 - t_1 \end{cases} \qquad C = -A \ln r_1$$

$$r = r_2 \quad t = t_2 \qquad\qquad A \ln \frac{r_2}{r_1} = t_2 - t_1$$

$$A = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \qquad C = -\frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \ln r_1$$

$$\boxed{t = t_1 + \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \ln r - \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \ln r_1 = t_1 + \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (\ln r - \ln r_1)}$$

Stesso flusso $\rho_1 = \frac{l_1}{K_1 S_1}$ $\rho_2 = \frac{l_2}{K_2 S_1}$



$\rho_t = \sum \rho_i$

se in parallelo $\frac{1}{\rho} = \sum \frac{1}{\rho_i}$

Esempi

La volta di un forno ha temperatura interna $T_1 = 1000$ °C

esterna $T_2 = 200$ °C

mattoni $l = 0,25$ m $K = 1,1$

Trovare la perdita/h di calore per m² di superficie:

$\frac{q}{S} = q_1$ $q = -KS \frac{dt}{dx}$ se è piano $\rho = \frac{l}{KS}$

$$|q_1| = \frac{\Delta t}{d} K = 1,1 \frac{800}{0,25} = 3520 \frac{Kcal}{h\, m^2}$$

5-20-2-eF

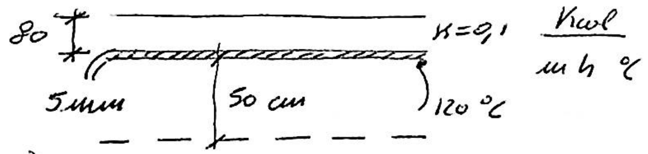
Tubo

40

D_{est} 100 cm acqua calda $T = 120°C$

$G = 30 \frac{m^3}{h}$

e' isolato con uno strato di 80 cm



per un calorimetro $\varphi = G\, c\, (t'' - t')$

Te isolamento = 40 °C

Determinare la perdita oraria di $\frac{Kcal}{m^2}$ e Δt per ogni metro di tubo:

⊖ per un tubo $S = \frac{1}{2\pi K \cdot 1} \ln \frac{r_2}{r_1}$

$$S_{tubo} = \frac{1}{2\pi K} \ln \frac{1000}{990} = \frac{10^{-3}}{251} \simeq 4 \cdot 10^{-5}$$

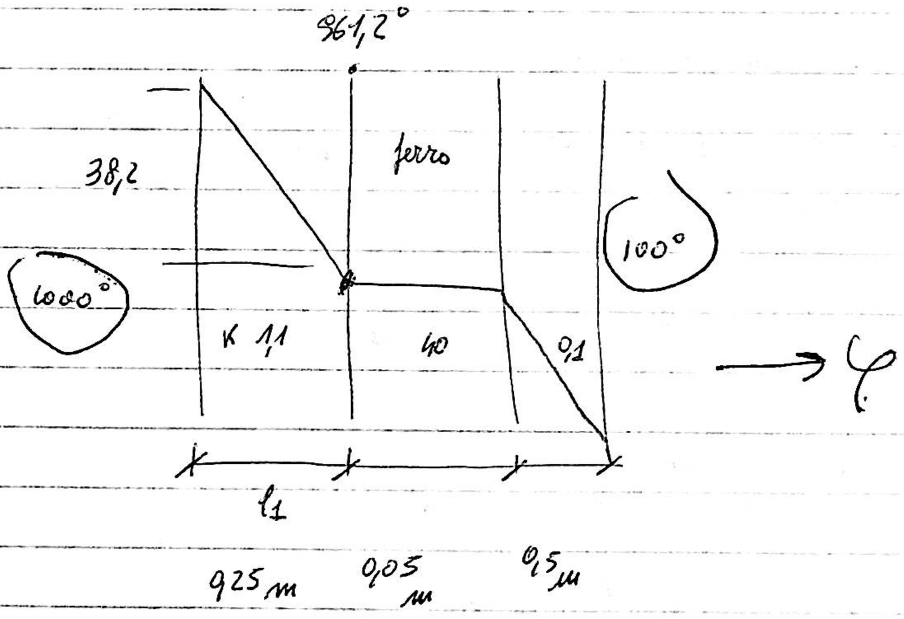
$$S_{isolante} = \frac{1}{2\pi K} \ln \frac{1,3}{0,5} \simeq 1,525$$

S_{tubo} e' trascurabile

$$\varphi = \frac{\Delta t}{S} = \frac{120-40}{1,525} = 52,6 \ \frac{Kcal}{h \ m}$$

$$G \, c \, \Delta t = \varphi \qquad 30 \cdot 10^{3} \cdot 1 \cdot \Delta t = 52,6$$

$$\Delta t = \frac{52,6 \cdot 10^{-3}}{30}$$



$\boxed{\text{Rame } 360}$

6-20-2-eF

41 vediamo le cadute di Temperatura

$$S_b = \sum \frac{l_i}{K_i S} = \sum \frac{0{,}25}{1{,}1} + \frac{0{,}05}{40} + \frac{0{,}5}{0{,}1} =$$

$$= 0{,}227 + 1{,}25 \cdot 10^{-3} + 5 = 5{,}22825 \simeq 5{,}228$$

$$q = \frac{\Delta T}{S_{tot}} = \frac{900}{5{,}228} = 171 \quad \frac{Kcal}{h\, m^2}$$

$$q = \frac{\Delta T'}{S_1} \qquad \Delta T' = 0{,}227 \cdot 171 = \boxed{38{,}8 = \Delta T'}$$

1-5-3. eF

<u>Convezione</u> scambio di calore tra un fluido e un corpo lambito ~~in assenza~~ a causa di moti convettivi

$\exists$ la definizione di coefficiente di convezione

$\varphi = \alpha_c \, S \cdot \Delta T$ $\qquad \alpha_c$ e' in $\left[\dfrac{Kcal}{m^2 \, h \ {}^\circ C} \right]$

$\alpha_c \quad 1 \div 10^5$ $\qquad$ aria o vento $\quad 10 \div 20$

acqua bollente $\quad 10^5 \div 2 \cdot 10^5$

α_c dipende da ΔT, W, c, K (conduttività termica),
βg, ν, δ

con l'analisi dimensionale ci si può ridurre allo studio di 3 numeri adimensionali

Ricordiamo

$$N_u = \frac{\alpha_c \cdot l}{K}$$

lunghezza caratteristica radiatore

conduttività fluido

2-5-3- eF

42 i tre numeri $\qquad Re = \dfrac{w D \delta}{\mu}$

viscosità

calore ~~...~~ massico

$$P_r = \frac{c \nu \delta}{K} = \frac{c' \nu}{K}$$

calore per unità di ~~massa~~ vol.

$$c' = c \delta$$

$$G_r = \frac{\beta g \Delta T \, l^3}{\nu^2}$$

Re è sempre importante nella convezione forzata

G_r è " dove è $\beta g \Delta T$ è caratteristico della convezione naturale

P_r c'è sempre in quanto rappresenta la natura del fluido

N_u coefficiente di scambio generalizzato.

Con l'analisi dimensionale si arriva a

$$N_u = f(R_e, G_r, P_r)$$

<u>Naturale</u> $Nu = f(Pr, Gr)$

<u>Forzata</u> $Nu = f(Pr, Re)$

per i monoatomici $Pr \cong cost$

<u>α_c non è tabellato</u>

di solito $\varphi_1 = \sigma\,(T_1^4 - T_2^4)\,X_a$ tiene conto del fattore di assorbimento per le superfici

$$X_t' = \frac{T_1^4 - T_2^4}{T_1 - T_2} = \frac{T_1^4 - T_2^4}{\Delta T} =$$

$$= 10^8 \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{\Delta T} = 10^8\, x_t$$

$$\varphi = \sigma\, 10^8 \cdot x_t \cdot \Delta T \cdot X_a =$$

$$= \sigma_z \cdot x_t \cdot X_a \cdot \Delta T = \alpha_i\, \Delta T \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \quad \alpha_i = \sigma_z \cdot x_t \cdot X_a$$

3-5-3. eF

costante ridotta

43 $\sigma \cdot 10^{8} =$ ~~[illegible]~~ $4{,}96 = \sigma_r$ di irraggiamento

$\exists$ tabelle che danno α_t II Vol. pag 192

possiamo scrivere

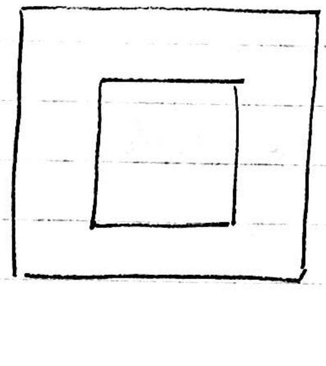
$$\alpha_t = 10^{-8} \cdot 4\, T_m^{3} \left[1 + \left(\frac{\Delta T}{T_m} \right)^{2} \right] \simeq 10^{-8}\, 4\, T_m^{3} .$$

T_m temperatura media

X_c è difficile da trovare

Quale è la perdita per irradiazione attraverso una apertura quadrata di spia di un forno di lato 7 cm ; dentro 1650 °C

fuori. $t_2 = 20°C$



l'apertura può essere considerata un corpo nero quindi si può usare

$\varphi = \sigma \left(T_1^4 - T_2^4 \right) S =$ (manca cioè il termine di assorbimento) $=$

$= 4{,}96 \cdot 10^{-8} \left(1923^4 - 293^4 \right) \cdot 49 \cdot 10^{-4} =$

$= 4{,}96 \left[\left(\frac{1923}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] \cdot 49 \cdot 10^{-4} =$

$= 4{,}96 \cdot 10^{-4} \cdot 49 \left(19{,}23^4 - 2{,}93^4 \right) =$

$= 4{,}96 \cdot 10^{-4} \cdot 49 \left(138'000 - 74 \right) =$

$= 4{,}96 \cdot 49 \cdot 13{,}8 = 3350 \quad \frac{Kcal}{h}$

Calore assorbito da una griglia tubolare di raffreddamento ad alta pressione in una camera a carbone. Griglia $200\ °C$

$T \quad 1400\ °C$

qui si può considerare la griglia immersa in una cavità →

4·5·3·eF

44 quindi si può usare

indice 1 per l'interno (a_1 e' per il forno)

$$\varphi = \sigma \left(T_1^4 - T_2^4\right) S\, X_a$$

indice 2 per la griglia

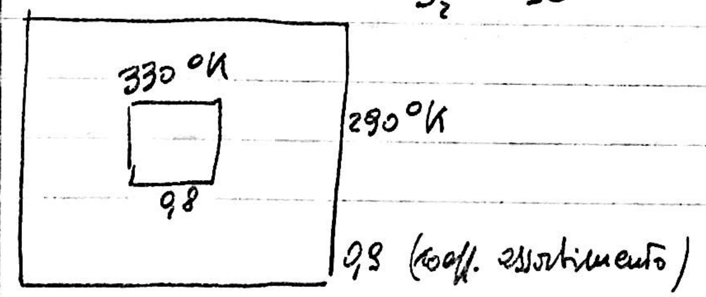
$$X_a = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{S_2}{S_1}\left(\frac{1}{a_2} - 1\right)} \simeq a_1$$

qui $a_1 \simeq 0{,}7 \implies \varphi_1 = a_1 \cdot \sigma \left(T_1^4 - T_2^4\right) =$

$= 0{,}7 \cdot 4{,}9 \cdot 10^{-8} \left(1673^4 - 473^4\right) = 270'000 \ \frac{Kcal}{m^2 \cdot h}$

Abbiamo un corpo a $T = 330\,°K$ circondato completamente da un involucro a $280\,°K$ rapporto tra le superfici 50 (potrebbe essere un radiatore)

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{1}{50}$$



$$q = \sigma \, (T_1^4 - T_2^4) \, S_1 X_a$$

$$X_a = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \cancel{\frac{S_1}{S_2}\left(\frac{1}{a_2} - 1\right)}} = a_1 = 0{,}8 \qquad *$$

e' piccolo

$$q_1 = 4{,}96 \cdot 10^{-8} (330^4 - 290^4) \, 0{,}8 = 4{,}7 \cdot 40 = 188 \ \frac{Kcal}{m^2 h}$$

vediamo l'errore commesso in *

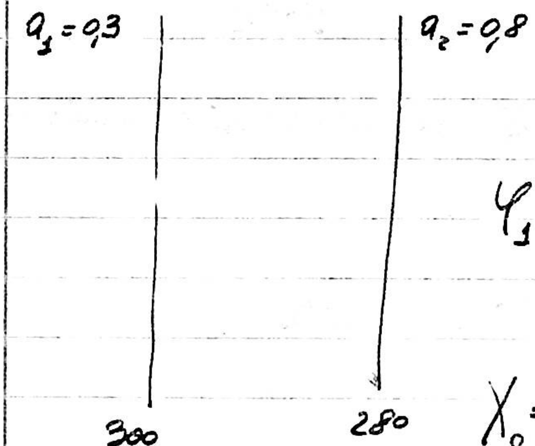
$$X_a = \frac{1}{1{,}25 + \frac{1}{5}(1{,}11 - 1)} = \frac{1}{1{,}25 + 0{,}22 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{1{,}2522} = 0{,}799$$

$T_m = 310\,°K = 37\,°C \qquad \alpha_i \simeq 1{,}20 \cdot 4{,}96 \cdot 0{,}8 =$

$=$ dalle tabelle $= 4{,}75$

5.5.3. eF

45 Siano date due superfici affacciate, molto estese (infinite) a 300 °K e 280 °K



$$\varphi_1 = \sigma \left(T_1^4 - T_2^4\right) \chi_{a\,f}$$

$$\chi_a = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1} =$$

$$= \frac{1}{3{,}33 + 1{,}11 - 1} = \frac{1}{3{,}44} = 0{,}29$$

Troviamo α_i : $T_m = 290\ °K = 17\ °C$

dalle tabelle $x_t = 0{,}97$

$$\alpha_i = x_t\, \chi_a\, \sigma_t = 0{,}97 \cdot 0{,}29 \cdot 4{,}96 = 1{,}1$$

$$\varphi_1 = \alpha_i\, \Delta T = 1{,}1 \cdot 20 = 22\ \frac{Kcal}{m^2 h}$$

Irraggiamento + convezione

L'esterno di un serbatoio è a 50°C

di S parte è coperta con pittura di alluminio

con $a = 0,5$

vento $6 \frac{m}{s}$ $T_{est} = 10°C$

trovare q_1

$$q_1 = (\alpha_{irr} + \alpha_{conv.})(t_1 - t_2)$$

∃ tabelle che danno $\alpha_c = f(W)$

se ne usano due : $\boxed{v \leq 5 \, m/s \Rightarrow \Rightarrow \alpha = 4,8 + 3,4 \, v}$

$\boxed{v > 5 \frac{m}{s} \quad \alpha = 6,14 \cdot v^{0,78}}$ $\alpha \left[\frac{Kcal}{m^2 \, h \, °C}\right]$

6.5.3. eF

46

v deve essere in $\frac{\text{metri}}{\text{secondo}}$

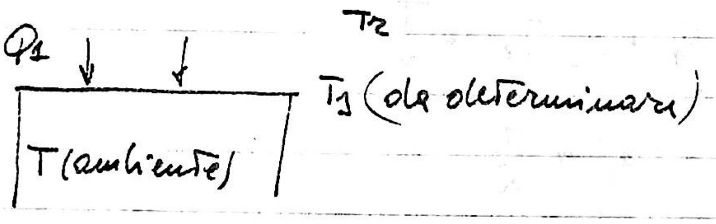
$$\alpha_c = 6,14 \cdot 6^{0,78} = 6,14 \cdot 4,08 = 25,1$$

$$\alpha_{irragg.} = x_t \, X_a \, \sigma_2 = 4,96 \cdot \underbrace{0,5}_{X_a} \cdot \underbrace{1,11}_{x_t} = 2,76$$

quindi

$$\varphi_1 = (25,1 + 2,76)\, 40 = 27,86 \cdot 40 = 1120 \quad \frac{Kcal}{m^2\, h}$$

Trovare la T di un solaio esposto al sole



Q_1 calore orario che manda il sole (è una cost. solare) $= 1 \frac{Kwatt}{m^2} = 860 \frac{Kcal}{h\, m^2}$

$$\boxed{Q_2 = \alpha_c' \,(T_1 - T_2)}$$

$$R = \frac{1}{K} + \frac{1}{\alpha_c''} \qquad\qquad Q_3 = (T_1 - T_a)\,\frac{1}{\frac{1}{K} + \frac{1}{\alpha_c''}}$$

a regime

$$a\,Q_1 = Q_2 + Q_3 = \alpha_c' \,(T_1 - T_2) + (T_1 - T_a)\,\frac{1}{\frac{1}{K} + \frac{1}{\alpha_c''}} \;;$$

$$T_1 \left(\alpha_c' + \frac{1}{R}\right) = a\,Q_1 + \alpha_c' T_2 + \frac{T_a}{R}$$

$$T_1 = \frac{a\,Q_1 + \alpha_c' T_2 + \frac{T_a}{R}}{\alpha_c' + \frac{1}{R}}$$

$$R = \frac{1}{K} + \frac{1}{\alpha_c''} = 0{,}3 + 0{,}1 = 0{,}4 \;; \quad \frac{1}{R} = 2{,}5$$

$T_1 = \dots$

1-26 · 3 · F

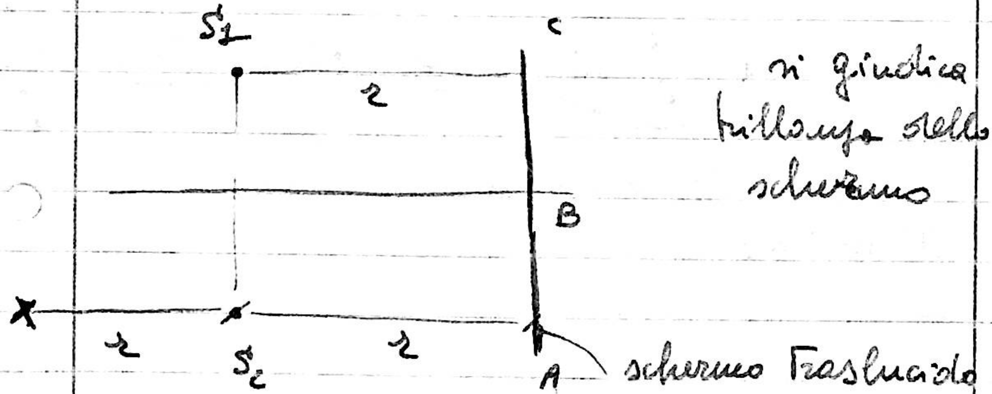
47

Unita' fotometriche

Ad ogni radiazione e' associata una energia che non e' la sola ad avere effetti fisiologici [e' importante infatti il colore e quindi λ]

Solo con luci dello stesso colore la intensita' di radiazione ≡ energia radiazione per questa ragione si introducono grandezze fotometriche -

Si usa una legge empirica così ricavata:



si giudica la brillanza dello schermo

se porto S_2 in X si ha una diminuzione di luminosita' - Se in X aggiungo altre 3 sorgenti S_2

vedo che la luminosità sullo schermo ritorna uniforme : concludendo

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

<u>Intensità luminosa</u> e' quella di

1 cm^2 di platino alla temp. di fusione

e' <u>la candela Violle</u>

oggi si usa <u>$\frac{1}{20}$ Violle = candela internazionale</u>

sono preferiti campioni a filo di tungsteno

<u>Flusso luminoso</u> <u>lumen</u>

e' una candela nell'angolo solido

2·26·3·5

48

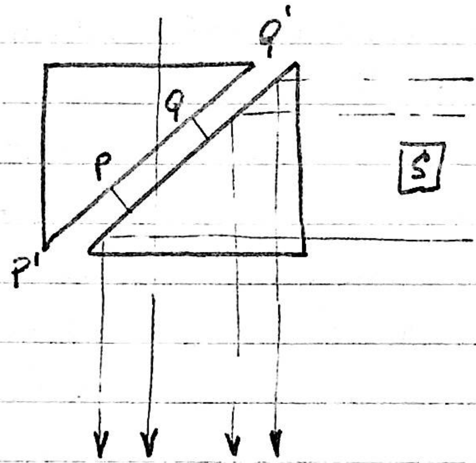
Illuminazione **lux**

una candela ad un metro dal piano di lavoro di $1\ m^2$

Misure : I luminosa in una direzione si fa per confronto con un campione (lo occhio distingue solo due luminosità identiche, non sa valutare una scala di ")

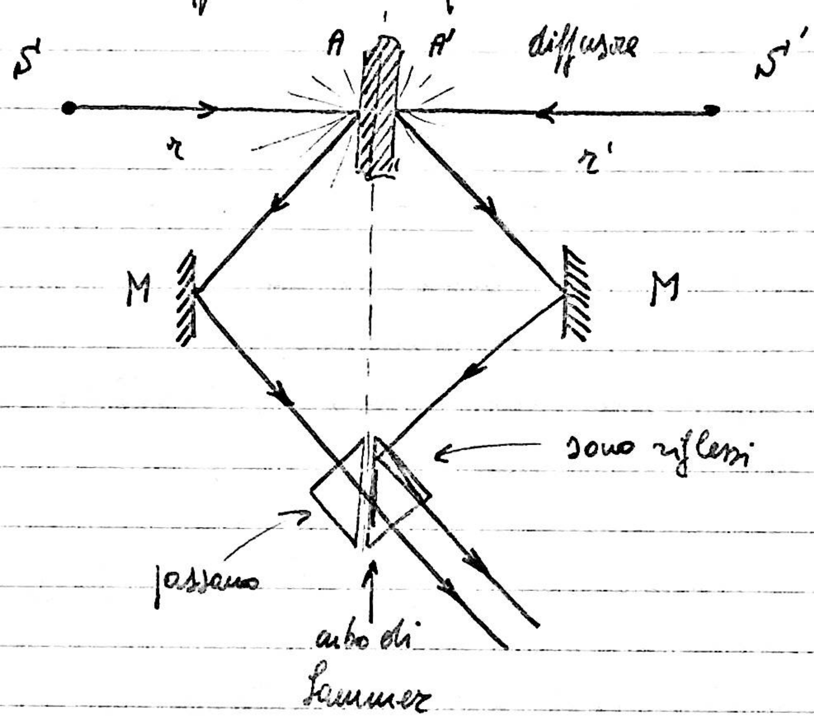
Queste misurazioni sono fatte col cubo di Lummer

Sono due prismi a riflessione totale



è trasparente solo tra P e Q

Vediamo l'apparecchio completo



Oculare

i due raggi si vedono appaiati così che si può giudicare della diversa entità.

Si eseguono le seguenti operazioni

x si può variare r, o r' il che si ottiene spostando le lamine che diffondono finchè si ha la stessa illuminazione delle due regioni, allora si può scrivere la relazione:

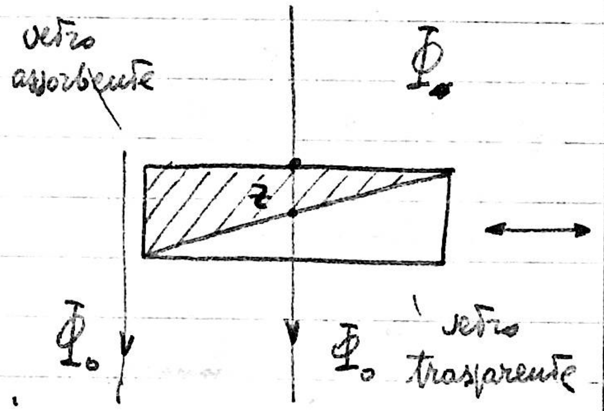
3-26-3-F

49

$$\boxed{\frac{I'}{I} = \frac{r'^2}{r^2}}$$

una sorgente e' campione, quindi si ricava l'altra

<u>Altro metodo</u>

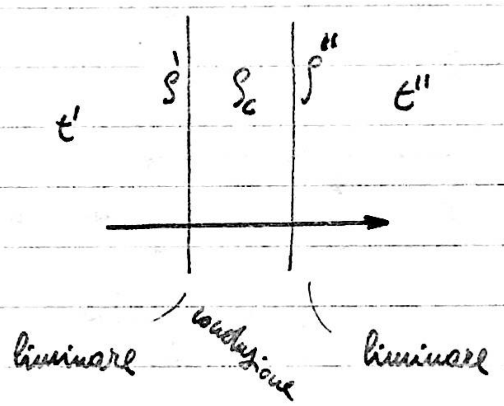


se il raggio e' puntiforme si ha $\boxed{\Phi = \Phi_0 \, e^{-Kz}}$ *

spostando il vetro si riesce ad ottenere due intensita' uguali a quella campione, con la * si ha l'intensita' incognita.

1·26·3·eF

Tecnica di trasmissione – Si tratta di trovare il flusso termico scambiato – Il flusso nel passare incontra delle resistenze ....



- $\rho' = \dfrac{1}{(\alpha_c+\alpha_i)'} = \dfrac{1}{\alpha'}$ coeff. di adduzione

- $\rho'' = \dfrac{1}{(\alpha_c+\alpha_i)''} = \dfrac{1}{\alpha''}$ coeff. di disperdimento

- $\rho_c = \dfrac{l}{K}$ conduttività

2-26-3-cF

50

poiché sono in serie $\rho_t = \rho' + \rho'' + \rho_c$

$$\boxed{\varphi = \frac{\Delta t}{\rho_t} = K S \cdot \Delta t}$$

K coefficiente di trasmissione

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'} + \frac{1}{\alpha''} + \frac{l}{K}}$$

NB Tutte queste resistenze sono riferite alla unità di superficie

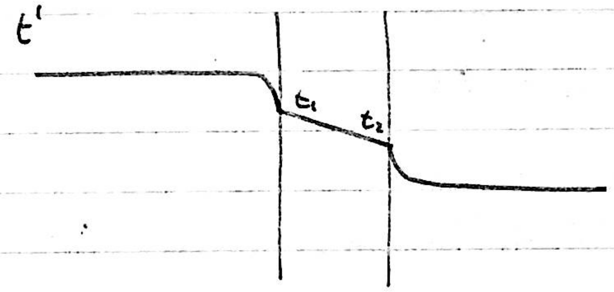
---

cilindro

$$\varphi = U \cdot H \cdot \Delta t$$

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{D\alpha'} + \frac{1}{2K} \ln \frac{r_e}{r_i} + \frac{1}{D_e \alpha''}}$$

① esercizio parete che separa due ambienti



ing Molinari 308357

23.4.'67 Riscaldamento e raffreddamento di un corpo.

Bisogna controllare la "rapidità" di raff. o risc. e la distribuzione di temperatura nell'interno.

1) solidi 2) liq. 3) aerif.

<u>riscaldamento solidi</u> in genere nei forni e si riscalda coi fumi (magari sono fumi di scarico di altri impianti)

Nel forno il materiale deve presentare la max sup. all'irraggiamento, tra un pezzo e l'altro si deve esser posto per il passaggio dei fumi.

Si usano le leggi per trasmissione di calore in transitorio.

• Si studia il fenomeno per stadi successivi..

<u>raffreddamento solidi</u>

rapid. di raff. $\frac{dt}{d\tau} = -\frac{\alpha S}{E}(t - t_a)$ (1)

capacità termica

α coeff. di scambio $= \alpha_i + \alpha_c$

posso aumentare lo scambio agendo su R

per esempio usando H_2O e con convezione forzata oppure potrei spruzzare i pezzi con H_2O. Se voglio diminuir. posso immergere in un mat. coibente o usare schermi riflettente.

Riscaldamento liquidi

directo con fumi caldi o fiamme
(si usano anche pione opere riscaldate) spesso è necessario agitare per evitare surriscaldamento locale (ad es. l'olio può cambiare caratteristiche) [Cracking] e si formano croste -
Molta attenzione si vuole per es. per gli zuccheri

indiretto con scambiatore di calore

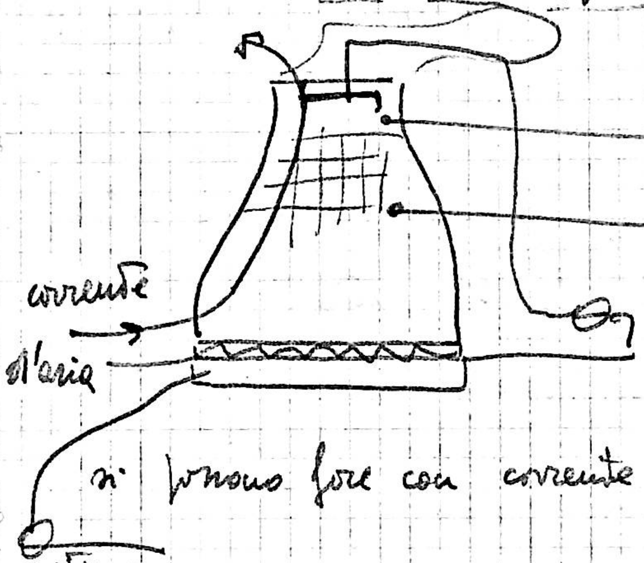
raffreddamento liquidi

indiretto con scambiatore di calore

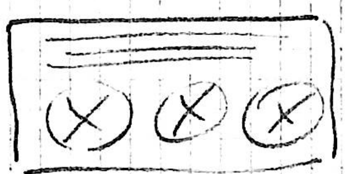
Torri di raffreddamento

l'acqua costa → bisogna riutilizzarla

quando esce è calda, per raffreddarla si usano le torri di raffreddamento



si possono fare con corrente d'aria forzata



Altro metodo: lasciarlo evaporare

ottimo per le soluzioni saline che si vogliono concentrare, dove

$$\boxed{M = c\,S\,\frac{P_s - P_v}{H}\,\tau}$$

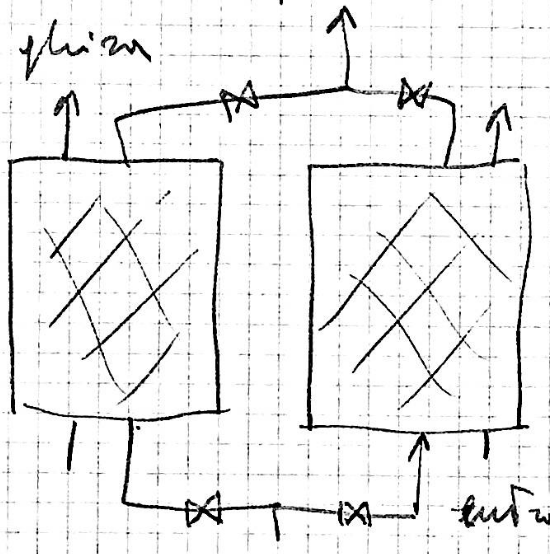
il calore assorbito è $\quad \varphi = \frac{M}{\tau} r$

r calore di vaporizzazione
(spesso bisogna studiare la funzione a tratti perché T varia)

<u>riscaldamento gas</u> scambiatori di calore

usati anche per il raffreddamento

altro metodo: due ambienti pieni di un riempimento o un refrattario o ghiaia



scaldo uno con residui di fumi poi cambio e lì faccio passare il gas da scaldare - - - — ~

anche per il raffredd. si può usare questo metodo: recipienti con dentro un foglio di alluminio con ampia superficie -

idem il processo

---

fare passare il gas in pioggia di H_2O

si usa per i condizionamenti d'aria (poi si postriscalda per avere la i voluta)

(bene per le polveri che cadono con H_2O)

Raffreddamento o riscaldamento per mescolamento (per liquidi e solidi)

1) senza passaggio di stato

abbiamo $M_1 \; c_1 \; t_1$ lo mescoliamo con $M_2 \; c_2 \; t_2$

$t_1 > t_2$

quale è t finale? supponiamo il recipiente adiabatico:

$$M_1 c_1 (t_1 - t) = M_2 c_2 (t - t_2)$$

$$\rightarrow \quad t = \frac{M_1 c_1 t_1 + M_2 c_2 t_2}{M_1 c_1 + M_2 c_2} \qquad \text{se pongo } \gamma = \frac{M_1 c_1}{M_2 c_2}$$

si ha $t = \frac{\cancel{t_2} \; t_2 + \gamma t_1}{1+\gamma}$

se ci sono disperdimenti si ha

$$M_1 c_1 (t_1 - t) = M_2 c_2 (t - t_2) + q_d$$

è diff. dire quanto è q_d

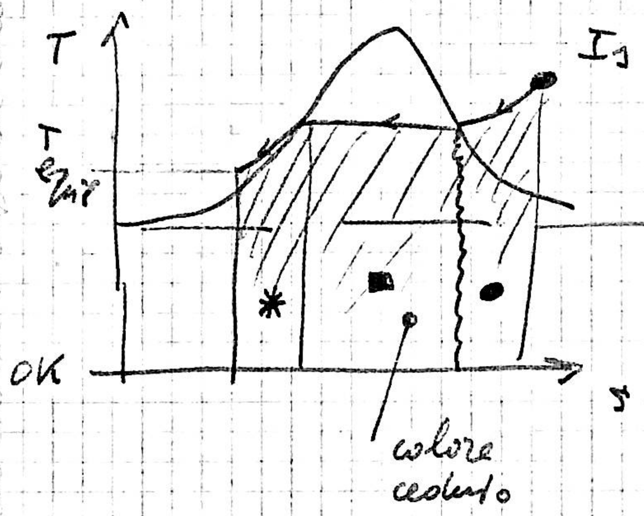
la cosa più comoda è esprimerlo in % del calore lib. del corpo caldo

cioè $\quad q_d = \frac{\varepsilon}{100} \left[M_1 c_1 (t_1 - t) \right]$

ε = percentuale

$$\begin{cases} M_1 c_1 (t_1 - t) = (M - M_1) \cdot c_2 (t - t_2) \\ M_2 = M - M_1 \end{cases} \longrightarrow M_1 \text{ da } M_2 \text{ ottengo}$$

altro caso: gorgogliamento vapore



(avviene a $p = \text{cost}$)

il calore ceduto e' ● $G\,(I_s - I_v)$

■ r * $c\,(t_v - t)$

quindi $G\left\{(I_s - I_v) + r + c(t_v - t)\, c\right\} =$

$= G_H\, C\, (t - t_1)$

portata scaldatore

G_H portata del liq. da scaldare

T_1 temp. liq. da   ''

calore che cede un V_q di ~~[illegible]~~ flusso

$$q + 2 = 608 + 0{,}311 \cdot t$$

$$Q = (608 + 0{,}311\, t_1 - 1 \cdot t)\, x + (1-x)(t - t_1)$$

cal. spec. H_2O $\quad - (t - t_0)$ con $t_0 = 0$

23-4 ...

es. sulla evaporazione

vogliamo det. o il tempo che ci mette ad arrivare a t o t dopo un certo tempo

Dati

80°C adiabatica

$1\,m^3$ $S = 1\,m^2$

Trovare t dopo 1 ora sapendo $p_v = 4\,mm\,Hg$

dalle tabelle p_s a 80°C : 356,1 mm Hg

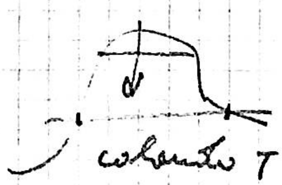
$$M = C\,S\,\frac{p_s - p_v}{H}\,\tau = 13 \cdot 1 \cdot \frac{356{,}1 - 4}{760} \cdot 1$$

τ in ore

$= 6{,}023$ Kg evaporati

calcolo il calore perduto

$$\varphi = \frac{M}{\tau} \cdot r$$



calando T r aumenta

prendo $(r)_{80°C}$ $\Longrightarrow$

$$Q = \frac{6,023}{1} \cdot 551 = 3319 \ \text{Kcal}$$

$$Q = M\,c\,(t_1 - t_2) \Rightarrow t_2 = t_1 - \frac{Q}{M\,c} =$$

$$= 80° - \frac{3319}{1000 \cdot 1} = \quad [\text{suppongo } c = \text{cost}]$$

$$= 76,7°C$$

---

2 liquidi

1) $50°C$ $\quad c = 0,57 \ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot \text{K}°}$ (alcool)

2) $20°C$ $\quad c = 0,4$ " (olio)

si vuole preparare una miscela di $\underbrace{50 \text{ Kg}}$ e $\underbrace{t = 34°}$

det. i pesi dei due componenti

$$\begin{cases} M_1 c_1 (t_1 - t) = (M - M_1) c_2 (t - t_2) \\ M = M_1 + M_2 \end{cases} \longrightarrow M_1 \quad M_2$$

$$M_1 = \frac{M c_2 (t - t_2)}{c_1 (t_1 - t) + c_2 (t - t_2)} = \frac{50 \cdot 0{,}4 \cdot (34-20)}{0{,}57 (50 - 34) + 0{,}4 \cdot (34-20)} =$$

$$= 18{,}9 \text{ Kg}$$

$$M_2 = M - M_1 = 50 - 18{,}9 = 31{,}1 \text{ Kg}$$

---

due serbatoi versano in una vasca la loro portata 1) 300 $\frac{Kg}{h}$ a 70° C

2) 210 $\frac{Kg}{h}$ a 50° C

una pompa estrae la portata complessiva di 510 : det. la temperatura della acqua ammettendo i disperdimenti siano eguali al 3% del calore della corrente calda -

$$G_1 c (t_1 - t) = G_2 c (t - t_2) + q_d$$

$$G_1 c (t_1 - t) = G_2 c (t - t_2) + \frac{\varepsilon}{100} G_1 c (t_1 - t)$$

$$G_1 (t_1 - t)\left(1 - \frac{\varepsilon}{100}\right) = G_2 (t - t_2) \Longrightarrow$$

$$t = \frac{G_1 t_1 \left(1 - \frac{3}{100}\right) + G_2 t_2}{G_2 + G_1 \left(1 - \frac{3}{100}\right)} = \frac{300 \cdot 70 \cdot 0{,}97 + 210 \cdot 50}{210 + 300\,(0{,}97)}$$

$= 61{,}42\,°C$ (è bene saperlo perché le pompe non cavitino (si usurano battendo di almeno 1 metro) quindi è meglio in pompe immerse

<u>Raffreddamento</u> con ghiaccio per es.

$T_{1\,H_2O} = 25°C$ $\qquad t_2 = 0°$

e alla fine si abbiano 100 Kg_{H_2O}

$$\bar{M}(t_1 - t) = \underset{\text{ghiaccio}}{G} \cdot r_f + G\,(t - \underset{0°C}{t_0})$$

le incognite sono G e $\bar{M}$

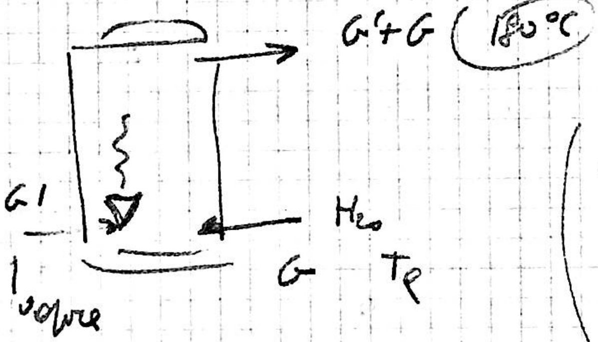
- $M = \bar{M} + G$

$$\begin{cases} \bar{M}(25-10) = G \cdot 79{,}5 + G \cdot 10 \\ \bar{M} + G = 100 \end{cases}$$

$\longrightarrow$ $G = 14{,}4$ Kg

$\bar{M} = 85{,}6$ Kg

Miscelazione con vapore (in un termiscaldatore un liquido) Supponiamo $P_{vapore} = P_{H_2O}$



$G_{H_2O} = 80 \frac{t}{h}$

a 20 ata

$t_e = 20°C$

la si vuole a 180 °C con vapore a 20 ata e 300 °C

(disperdimenti nulli)

Trovare la portata di vapore necessario

calc. le stesse per vapore saturo con $x = 0,8$

(1)

$$G'\left\{\left(I_s - I_v\right) + r + c\left(t_v - t_u\right)\right\} =$$

$$= G\,c\,\left(t_u - t_e\right) \rightarrow$$

$$G' = \frac{G\,c\,(t_u - t_e)}{I_s - I_v + r + t_v - t_u} =$$

$$= \frac{80000 \cdot 1 \cdot (180 - 20)}{721,3 - 668,2 + 452,9 + 211 - 180} = 23858 \ \frac{kg}{h}$$

$$G_{tot} = 80 + 23,85 = 103,85 \ \frac{t}{h}$$

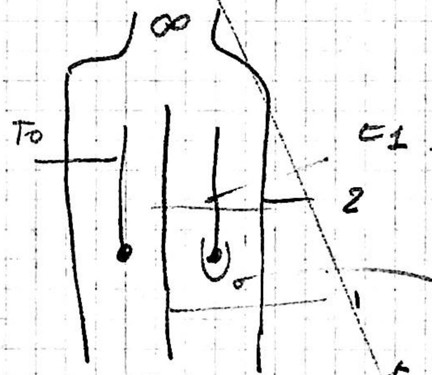
caso di vap. saturo

$$G' \{ rx + c(t_v - t_u) \} = G\,c\,(t_u - t_e)$$

G' qui è incognita

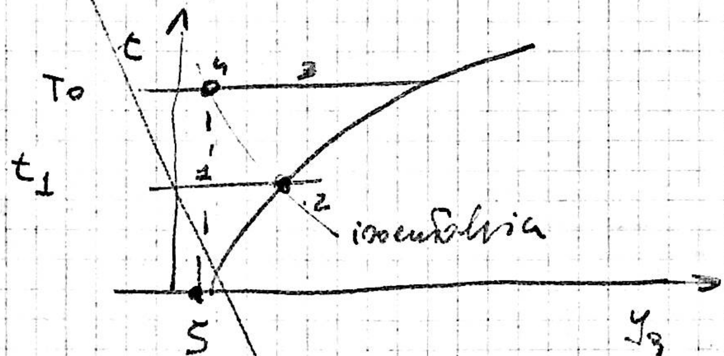
24-4. F

Psicrometro



$$\cancel{Q_{12}} = \Delta I + A \int \zeta + \cancel{A L'_e}$$

qui l'aria è satura



Diag. di Mollier

in pratica ciascun psicrometro ha un suo grafico su cui si misura–

Condizionamento

$$Q_{1,2} = \Delta U + A \cancel{L_{12}}$$

$$Q_p + Q_s = \cancel{\Delta U} = 0$$

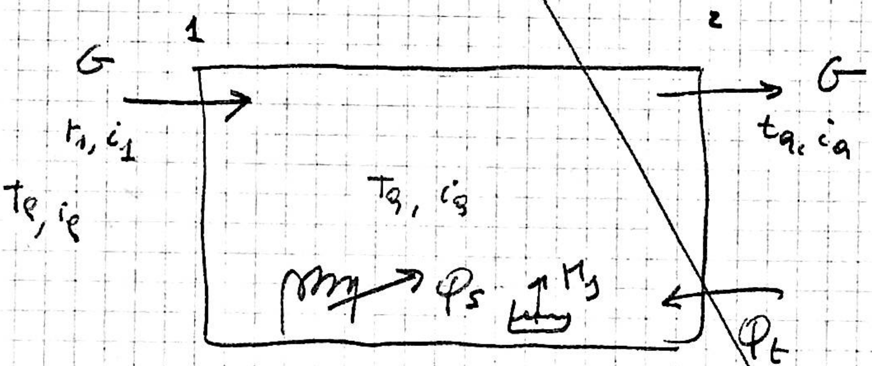
$$Q_s = E + R + C$$

dove $E = f(t_a, i_a)$ (a ambiente)

$R + C = f(t_a, w_a)$ vel. aria

$w_a \simeq 0{,}1 \div 0{,}2$ m/s

condizioni di progetto $\underline{t_a}, \underline{i_a}$



$$Q_{12} = \Delta I + A \cancel{L_i} + \cancel{A L_e}$$

(pressioni ingr. e uscita uguali)

$$\Delta I = I'_2 - I'_1 = 0{,}24\, t_2 + (595 + 0{,}46 t_2)\, y_2 -$$

$$- \left[0{,}24\, t_1 + (595 + 0{,}46\, t_1)\, y_1 \right] = q_{1,2}$$

dove $y = 0{,}622 \dfrac{i\, p_s}{p_t - i\, p_s}$

le incognite sono t_1, y_1, q_{12}

ma $q_{1,2} = q_e + q_s = KS(t_e - t_a) + n \cdot 100 + 860 \cdot \left(\frac{kW}{h}\right)$

q una persona

q lampade

inoltre

$$\varphi = G\, q_{1,2} = G \cdot \Delta I$$

G è anche esso incognita

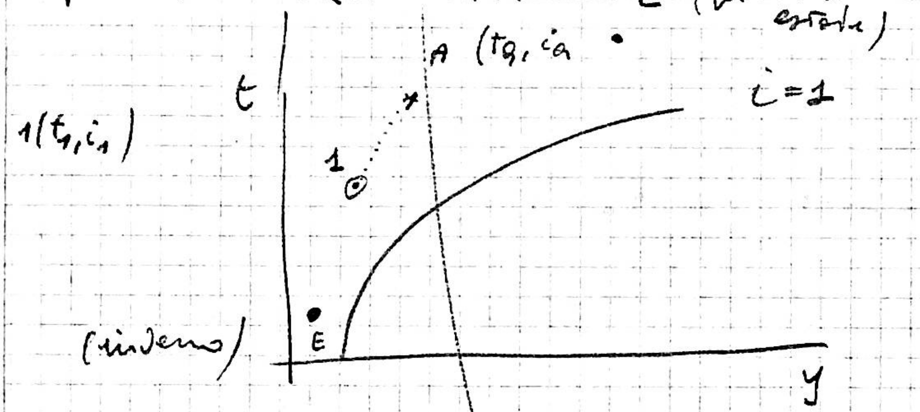
introduco il bilancio di massa di H_2O vap. vap. nella portata

$$G(y_1 - y_2) = M_s$$

poiché ne ci sono altre eq. bisogna fissare una incognita di solito si fissa $t_1 \to y_1$ e G

NB G portata in aria secca, idem per I

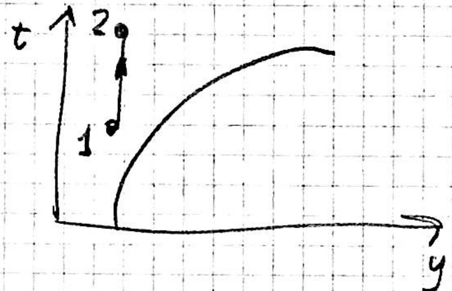
prendiamo ora Mollier   E (per ~~Fiden~~ estate)



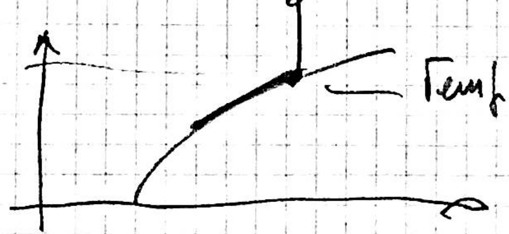
Vediamo come funziona lo scambiatore di calore

il flusso è del tipo

$$\varphi = KS(\Delta T)^*$$



$$\varphi = 0{,}24\cdot(t_2-t_1)+0{,}46\,y_1(t_2-t_1)$$



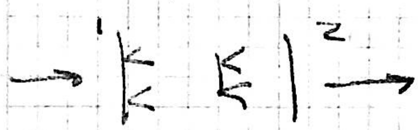
Temp. di rugiada

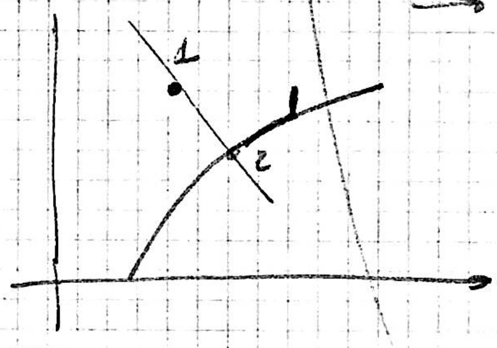
se abbassa oltre la temp. si segue la $i = 1$ (l'eccesso di acqua viene espulso)

quindi poiché sottrae vapore si può usare come deumidificatore.

per inumidire si spruzza acqua

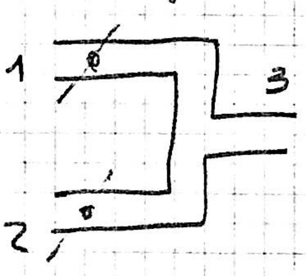
nei condotti si hanno sempre isoentalpiche





---

altro stadio di regolazione:
miscelazione aria in due stati



$$G_1 I'_1 + G_2 I'_2 = G I'_3$$

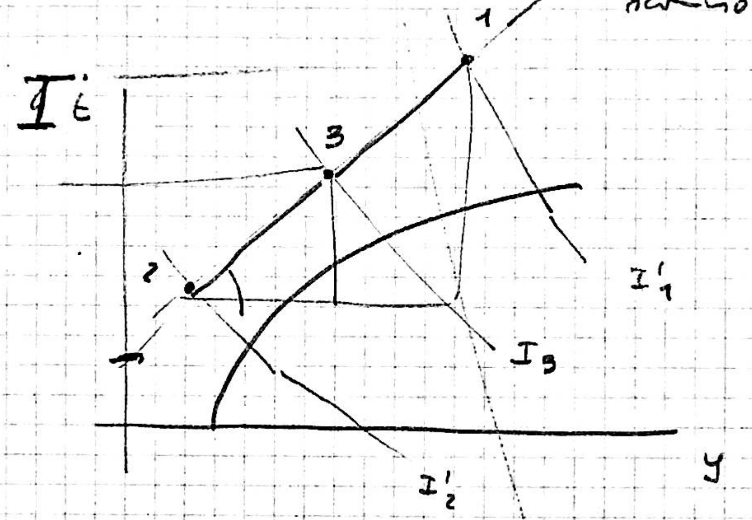
$$G = G_1 + G_2 \longrightarrow$$

$$G_1(I'_1 - I'_3) + G_2(I'_2 - I'_3) = 0$$

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{I'_3 - I'_2}{I'_1 - I'_3}$$

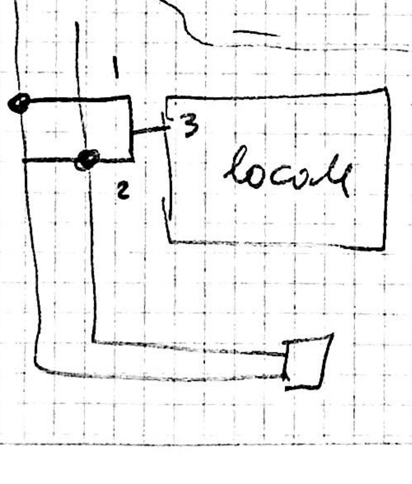
stanno su una retta q perché c'è scambio di calore

(X)



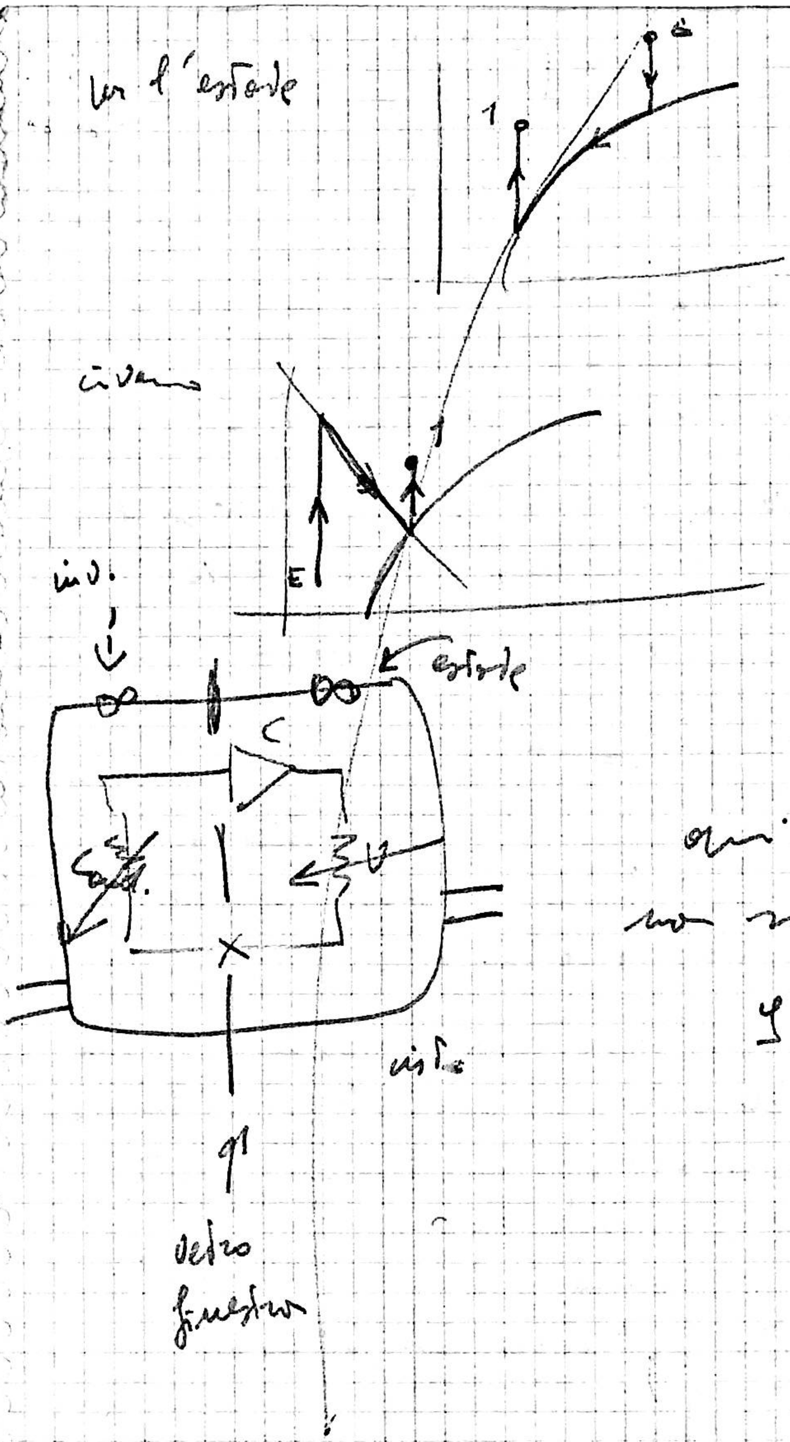
bisogna div. il seg. in parti inv. prop. alle portate

(X) infatti $G_1 y_1 + G_2 y_2 = (G_1 + G_2) y_3$



con le valvole sono sporche

3 sulla retta q



qui
non si regola
φ

29-4° F

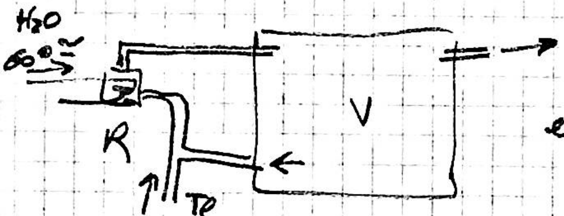
inverno $\begin{cases} t = 19 \div 21 & \text{edifi.} \\ 18 & \text{lavoro} \\ 16 & \text{" pesante} \end{cases}$

estate $\simeq T_{esterna} - 5°$

Vediamo i metodi di riscaldamento.

Se sostituiamo l'aria si dice che si fa il ricambio: n° dei ricambi da 1 a 12 all'ora

1 in casa. 12 per un cinema - 10 laboratori

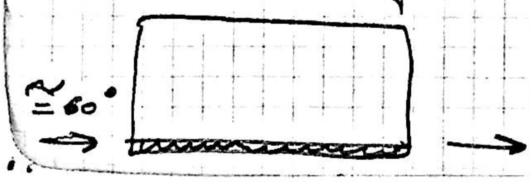


se il corpo scaldante è esterno necessitano tubazioni e il ricambio avviene con l'aria che entra.

L'aria è quella esterna quindi poiché fa freddo richiede — notevole carico termico

Per risparmiare si prende una parte dell'aria dell'ambiente.

Il riscaldatore può essere sul pavimento



ci sono le tre forme di scambio:

conduzione, convezione

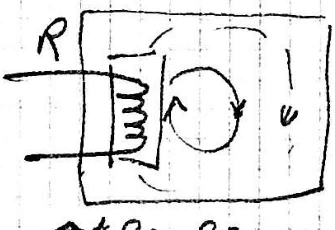
irraggiamento

ha inconvenienti: 1) se si deteriora bisogna smontare tutto.

2) se si screpola il pavimento nel giro di pochi anni il tubo va in malora

3) se il locale è polveroso la polvere si solleva dal pavimento

Riscaldatore entro il locale

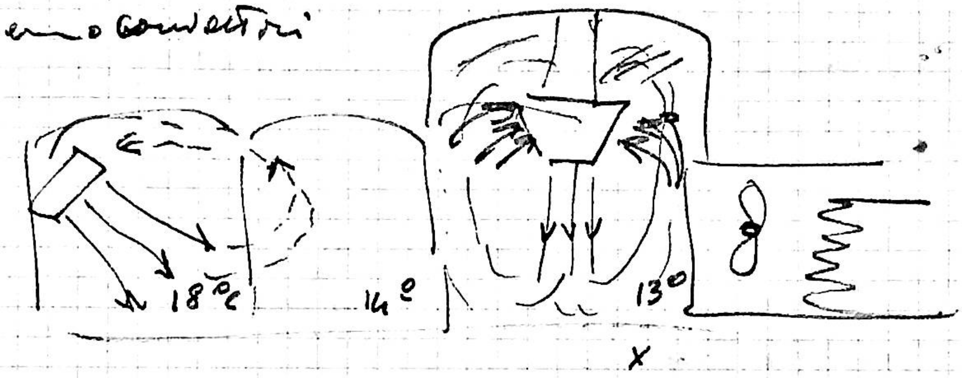


ottimo per locali di piccole o medie dimensioni

$\simeq$ 80 - 85

vediamo ora per locali di grandi volumi

l'ultimo no perché troppo dispendioso perchè riscalda tutta l'aria si fa invece così: scambio termico per termoconvettori



la corrente d'aria investe la zona di lavoro mentre il resto del locale rimane freddo.

Possono essere a parete o a soffitto

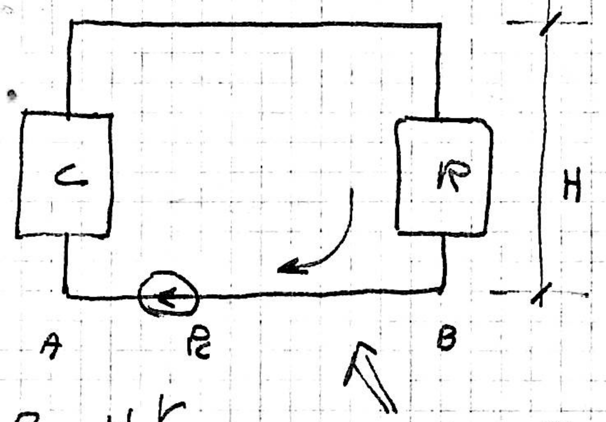
→ per capannoni alti

Se il capannone è aperto non va bene

→ si usa quello per irraggiamento

nei tubi gas — fluido caldo

Vediamo l'impianto ad acqua calda



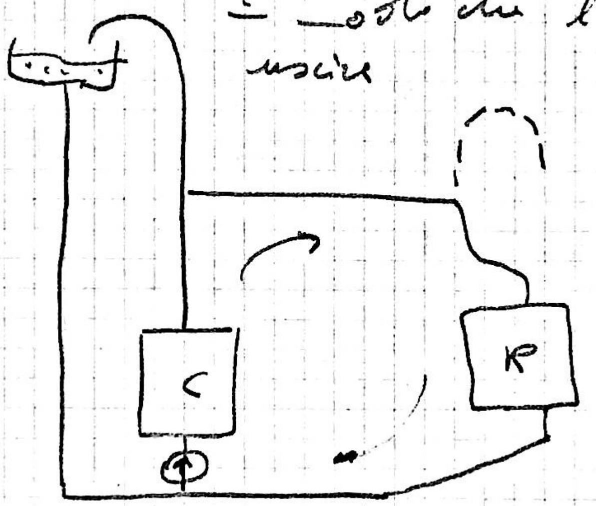
$P_B = H\gamma_1$

$P_A = H\gamma_{II}$

$P_B > P_A$

ci vuole 1) sistema di carico che mantenga la stessa quantità d'acqua

2) non ci deve essere sacche nei tubi. l'impianto deve avere la "pendenza" in modo che l'aria possa uscire



l'aria esce solo a impianto fermo (va bene in casa)

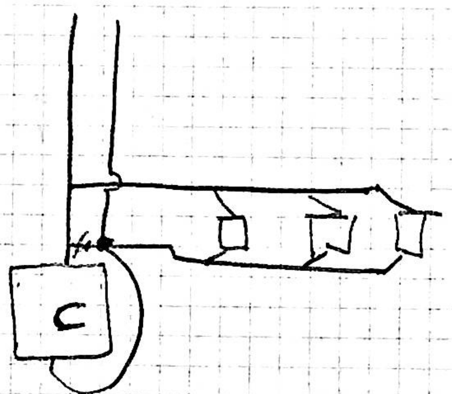
altrimenti si deposita nel calorifero

si può usare uno sfiato nella colonna montante

Impianti a più piani

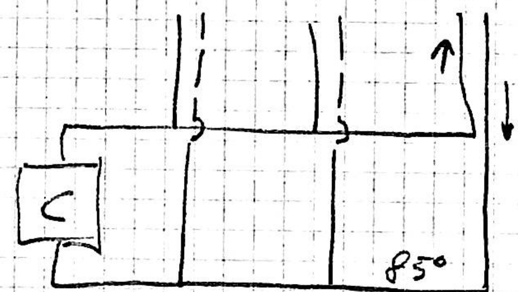
1) ~~a colonne montanti~~

a colonna montante



bene per piccole superfici orizzontali

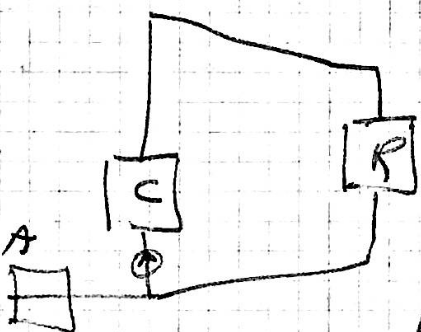
2) a colonne montanti



è più costoso ma permette facile distribuzione e migliore distr.

funzione della temperatura

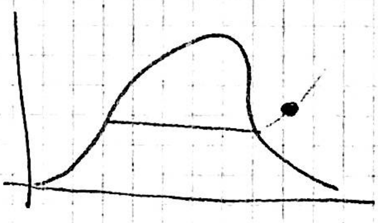
col ~~...~~ acqua surriscaldata (pressurizzata)



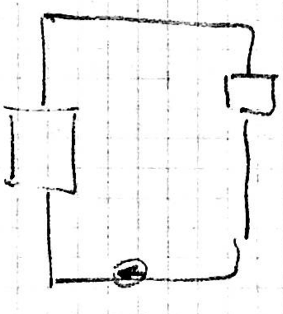
1÷2 ata

vi sono ~~...~~ inconvenienti per la disaerazione

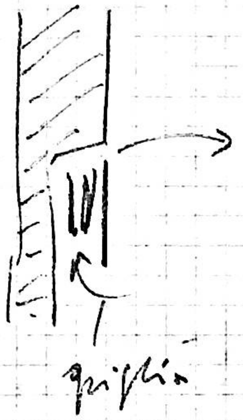
allora si preferisce il vapore saturo



così che arriva negli elementi sotto forma di v.s.s. ed uscire sotto forma di l.s.n. poi va a pompe



1) gli scambiatori sono piccoli e non possono essere messi direttamente nell'ambiente

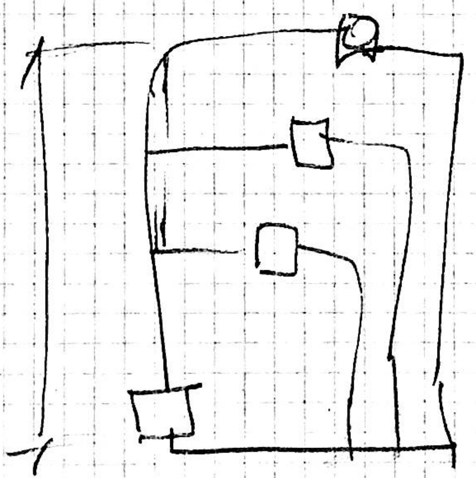


poiché qui si sviluppa molto calore in piccolo volume si possono usare tubi piccoli

1) es. soffiamo ricircolo 500 col.
il tubo qui è 5 volte più piccolo

2) elementi piccoli

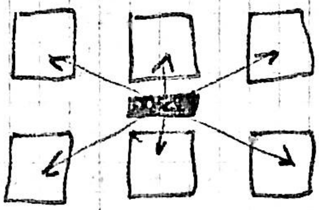
3) ~~#~~ in un grattacielo (300 m) la colonna d'acqua sarebbe troppo pesante – con questo metodo invece



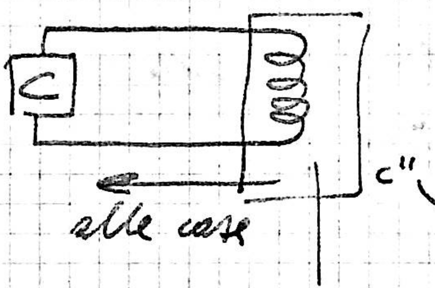
nell'elemento in basso preme una colonna che è di sopra del suo piano –

quartiere

conviene fare un unico impianto



si usano due circuiti accoppiati



acqua surriscaldata (perché il fuochista [patentato] costa)

scambiatore

Spesso si usano fluidi tipo (idrosopuolem)

con $c = c_{H_2O}$ e si usa a 480°

scalda per Kg 320 cal. [non è corrosivo]

$bil_z \longrightarrow \frac{75000}{500} \quad \frac{2000}{1300}$

2 - 5 - 06

1) compito in classe

colloquio a ruota su tutto il programma

in nota prima e viene il giorno ufficiale del 30

lo scritto è il giorno dell'appello

Potenza in alternata

1) conservaz. pot. attive e reattive

2) Trasf. l'impedenza

3) rifasamento

adesso è associata P_i

R_i

i generatori devono dare ΣP_i

e inoltre R_i P_i C_i Q_i Q_j L_j

NB Q_i e Q_j hanno segno opposto