Irraggiamento

Propagazione della onda EM in un mezzo

$\lambda = \frac{c}{f}$ $\quad c = \frac{c_0}{n}$ $\quad c_0 = 300000 \cdot 10^3 \frac{m}{s}$

n: indice di refrazione

Maxwell 1864 → $\lambda = \frac{c}{f}$

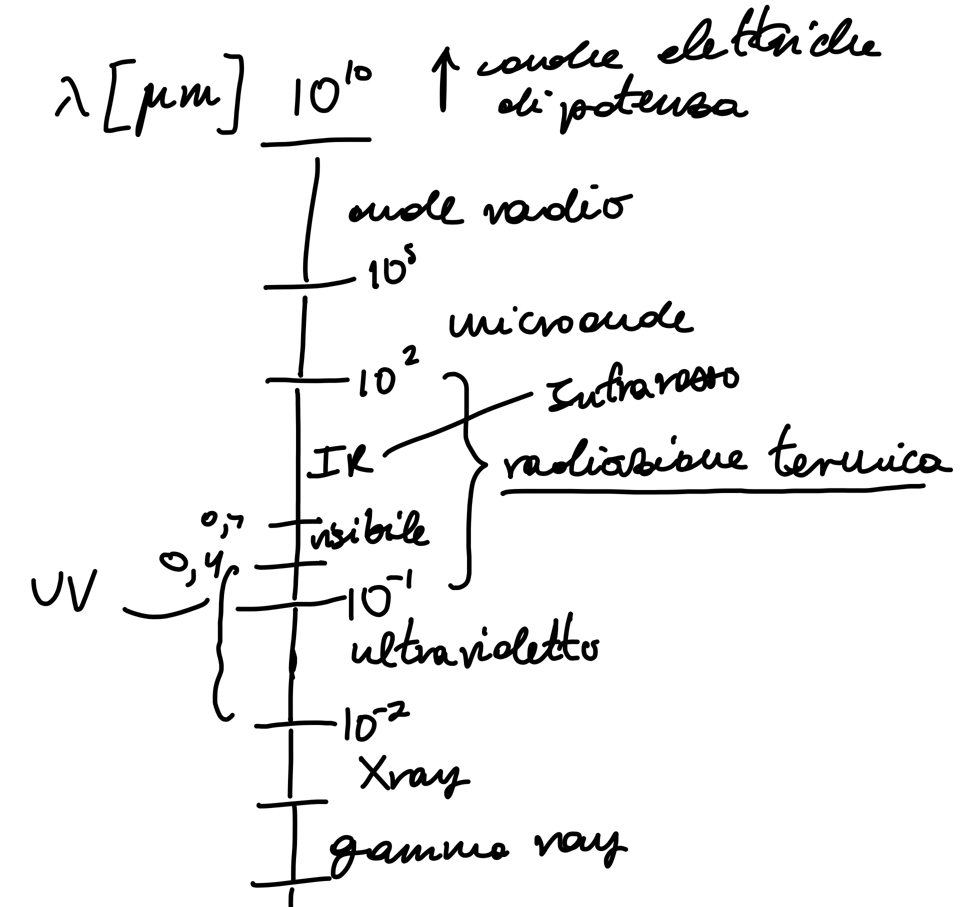
↓

Hertz 1887

1900 Planck $\quad e = hf = \frac{hc}{\lambda} \; [J]$

$h = 6,625 \times 10^{-34} \; J \cdot s$

Se prendiamo un corpo caldo, e messo in una camera fredda a vuoto, si raffredda, ma non è possibile con conduzione e convezione.



I cosmici

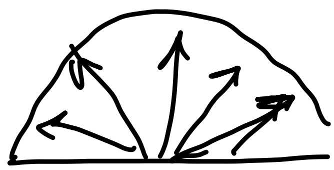
Corpo bianco → riflette tutta la radiazione nel campo visibile → non sappiamo fuori

corpo nero → assorbe tutte le radiazioni nel campo visibile → non sappiamo fuori

Corpo nero – C.N. / B.B. → corpo ideale di riferimento

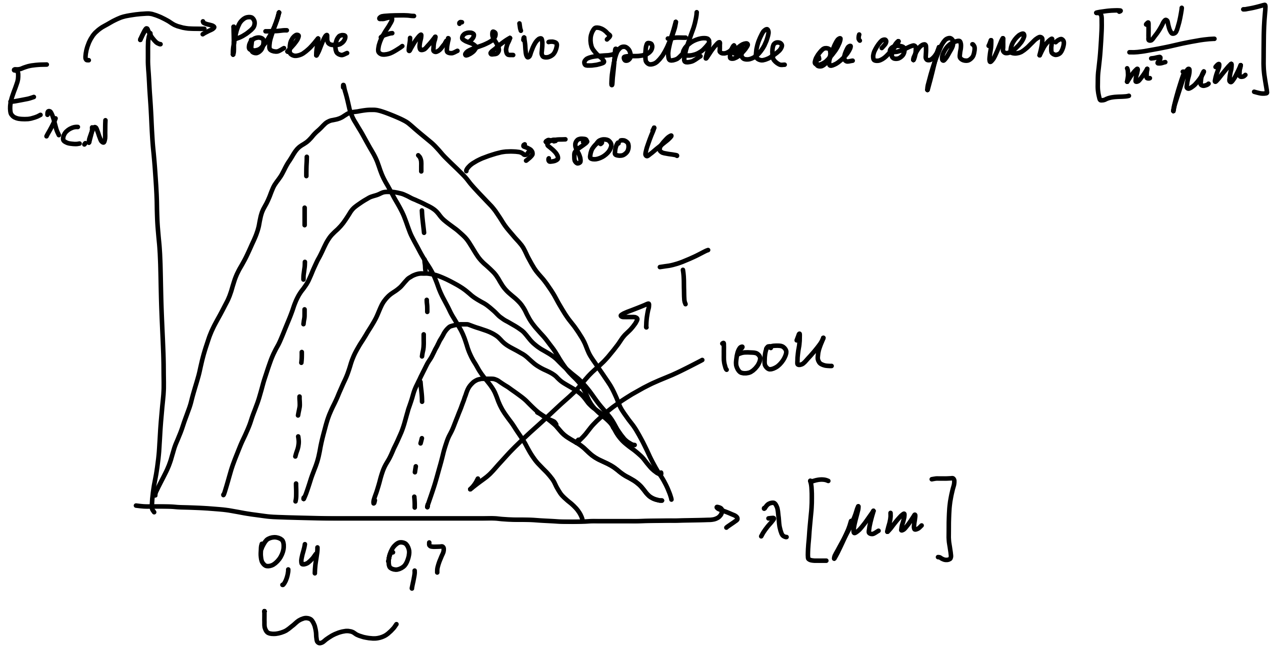
↳ perfetto emmettitore e assorbitore di radiazione termica

→ perchè emmette in modo diffuso in tutte le direzioni



→ Fissata la T [k]

Emette la massima energia rispetto a tutti gli altri corpi alla stessa T.



I nostri occhi si sono adattati alla luce emmessa dal sole

Mano mano che aumenta T, si sposta a sinistra la E_{MAX} emmessa

La linea di E_{MAX} è definita dalla

Legge di Wien o di spostamento del massimo

$$T \cdot \lambda_{MAX} = 2898 \ \mu m \cdot K$$

↳ Fissata T ricavo λ_{MAX}

per sole $T = 5800K \Rightarrow \lambda_{MAX} = \frac{2898}{5800} \simeq 0,5 \mu m$

Cosa succede se facciamo integrale di lunghezze d'onda?

$$E_{CN} = \int_\lambda E_{\lambda CN} \, d\lambda = \sigma \cdot T^4 \qquad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

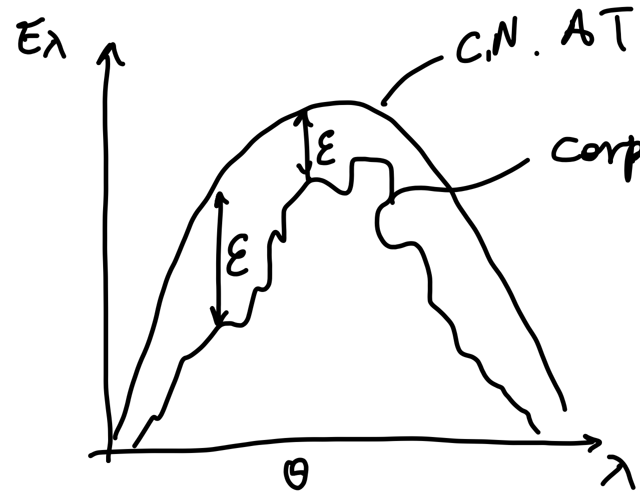
Legge di Stephan-

↳ potere emissivo totale di C.N, per unità di superficie

↳ costante di Stephan-Boltzmann

Boltzmann

Corpo reale



corpo reale a stessa T, irregolare, fortemente dipende da λ e direzione di emmissione

C.N. A T

Corpo reale a stessa T

Le emissioni sono diminuite per la emissività ε

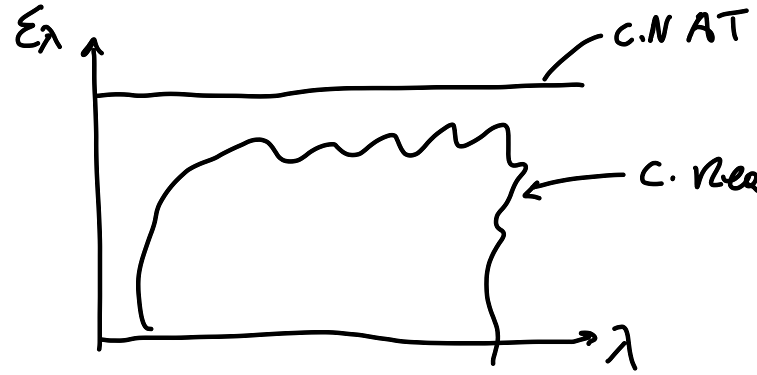
$$\varepsilon_\lambda(T) = \frac{E_\lambda(T)}{E_{\lambda\,C.N.}(T)}$$

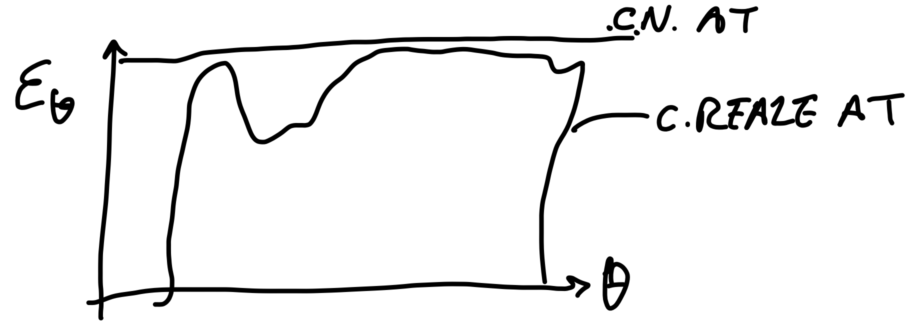
↳ ε emissività spettrale

$$0 \leq \varepsilon_\lambda(T) \leq 1$$

$$\varepsilon_\theta(T) = \frac{\text{Radiazione C.R. a } T \; F'(\theta)}{\text{Radiazione C.N a } T \; F(\theta)}$$

↳ Emmisività direzionale





$\varepsilon(\lambda, \theta, T)$

Se faccio:

Integrale di $\varepsilon(\lambda, \theta)$ su tutti λ e θ:

↳ ottengo l'emissività emisferica totale $\Rightarrow \varepsilon = \varepsilon(T)$

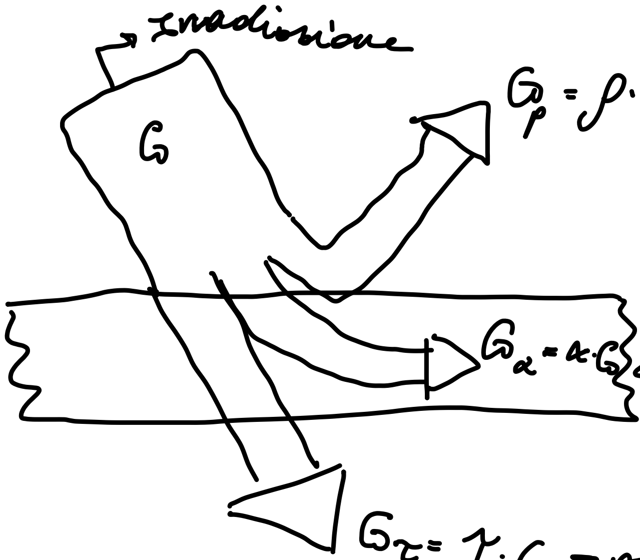
$$\varepsilon(T) = \frac{E(T)}{E_{c.N}(T)}$$

$E(T)$ → potere emissivo a T di corpo grigio e diffuso a T

$E_{c.N}(T)$ → potere emissivo di corpo nero a stessa T

Corpo grigio → emissivo indipendente da λ e θ,

e dipendente solo a T.



$G_\rho = \rho \cdot G$ → parte riflessa

$G_\alpha = \alpha \cdot G$ ← parte assorbita

$G_\tau = \tau \cdot G$ → parte trasmessa

$$\frac{G}{G} = \frac{G_\tau + G_\alpha + G_\rho}{G} = \frac{G \cdot \tau}{G} + \frac{G \cdot \alpha}{G} + \frac{G \cdot \rho}{G} = \underbrace{\tau + \alpha + \rho}_{\text{coefficienti di:}}$$

coefficienti di:

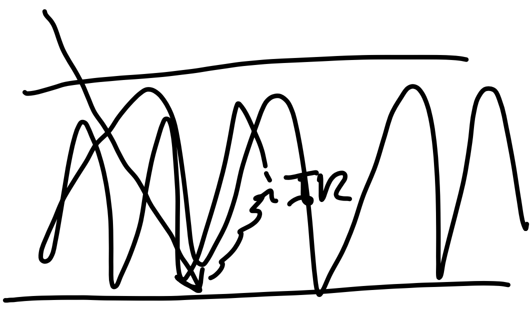
- τ → trasmissione / trasmittanza
- α assorbimento o assorbanza
- ρ riflessione o riflettanza

$0 \leq \tau \leq 1$

$0 \leq \alpha \leq 1$

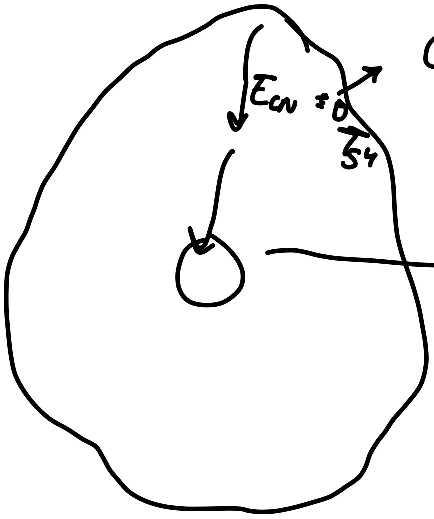
$0 \leq \rho \leq 1$

per mezzi opachi: $\tau = 0 \Rightarrow \alpha + \rho = 1$



← Radiazione intrappolate: effetto serra

Legge di Kirchhoff per l'irraggiamento



Cavità nera a $T = T_s$

Corpo grigio diffuso

a $T = T_c$ $\quad \varepsilon = \varepsilon_c$

Corpo è anche opaco

$\tau_c = 0 \qquad \alpha = \alpha_c \quad \rho = \rho_c$

Raggiungo Equilibrio Termico tra cavità nera e corpo grigio

$T_s = T_c$

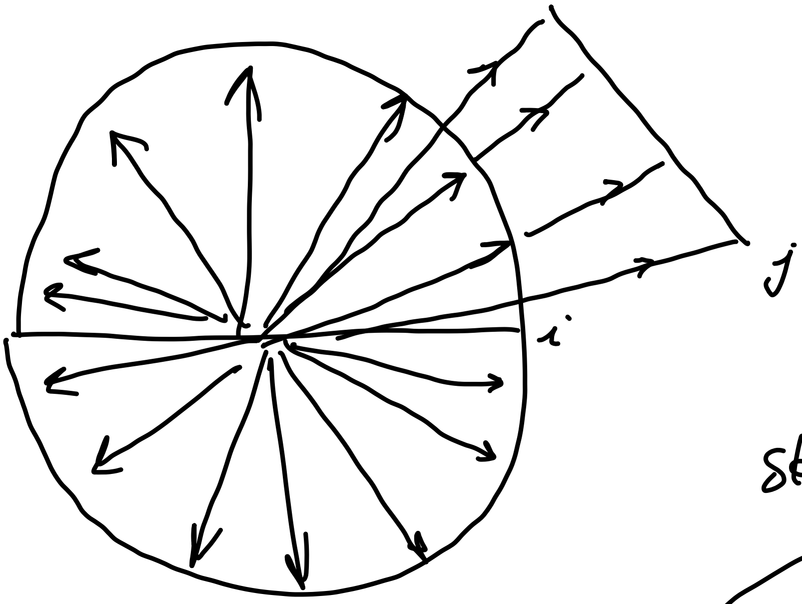
RADIAZIONE TERMICA EMMESSA DA CORPO GRIGIO

= Radiazione termica assorbita da corpo grigio

$$\varepsilon_c \cancel{\sigma} \cancel{T_c^4} = \alpha_c \cancel{\sigma} \cancel{T_s^4}$$

$\boxed{\varepsilon_c = \alpha_c}$ ← ε è difficile calcolarla, α invece no, quindi questa equivalenza è utile

Fattore di Vista → puramente geometrico

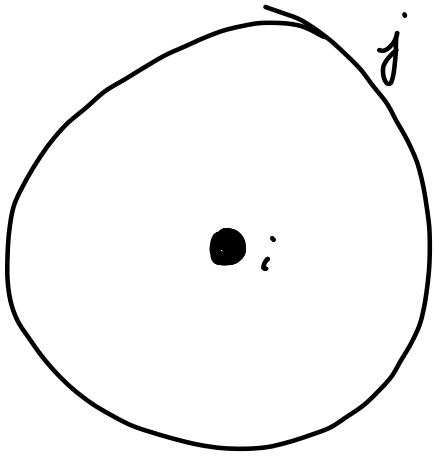


$$F_{ij} = \frac{\dot q_{i \to j}}{\dot q_i} \leq 1$$

$\dot q$ da i a j

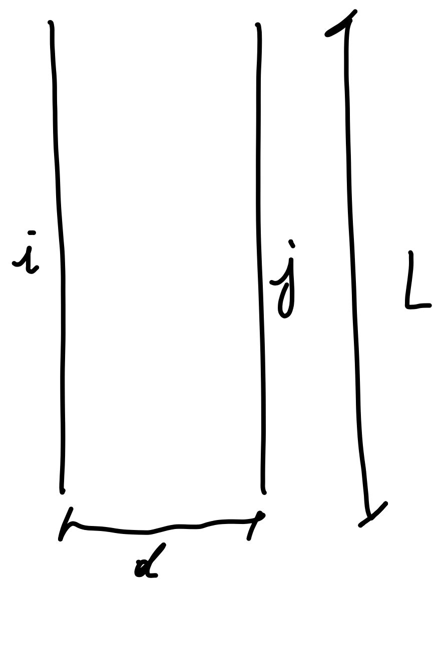
↪ $\dot q$ totale verso i

Sfera intorno sfera:



$F_{ij} = 1$

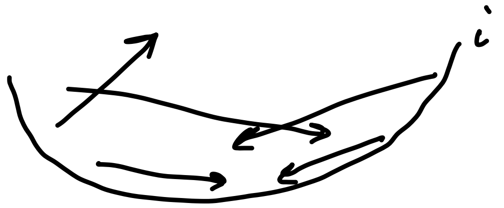
Due piastre lunghe:



se $d \ll L$

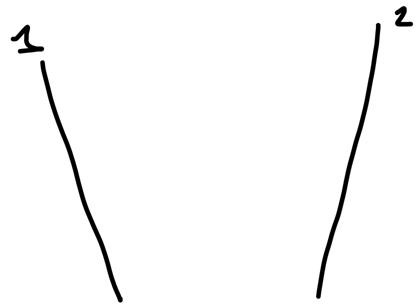
$$F_{ij} = F_{ji} \simeq 1$$

$F_{ii} = 0$



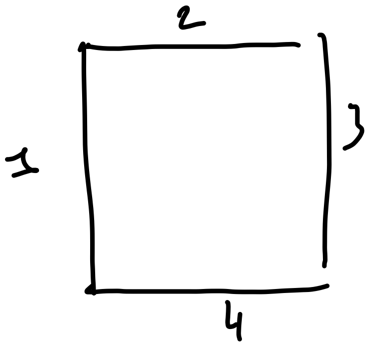
$F_{ii} \neq 0$, riscalda se stesso

Regola di Reciprocità



$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21}$$

per cavità chiusa da N superfici $\Rightarrow$ regola della somma

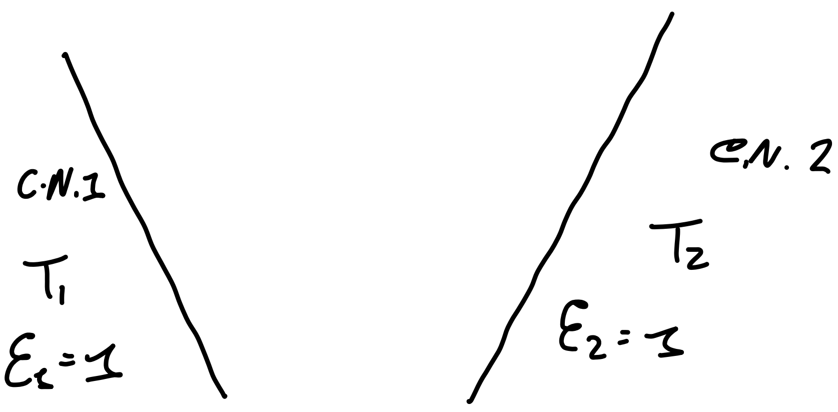


$$F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{n} F_{1j} = 1$$

Scambio Termico per Irraggiamento tra superfici

- superfici nere



$\dot{Q}_{1\to 2}$ = RADIAZIONE TERMICA EMESSA DA 1 intercettata da C.N.2 − radiazione termica emessa da C.N.2 ed intercettata da C.N.1

se $T_{CN1} = T_{CN2}$
$\Rightarrow \dot{Q}_{1\to 2} = 0$, perché è netta e non significa che non irraggia

$$= A_1 E_{C.N.1} F_{12} - A_2 E_{CN2} F_{21}$$

$$= A_1 F_{12}\, \sigma T_1^4 - A_2 F_{21}\, \sigma T_2^4$$

Regola di Reciprocità

$$= A_1 F_{12}\, \sigma \left(T_1^4 - T_2^4\right)$$

$\dot{Q}_{1\to 2} > 0$ se $T_1 > T_2$

" < 0 se $T_2 > T_1$

" $= 0$ se $T_1 = T_2$

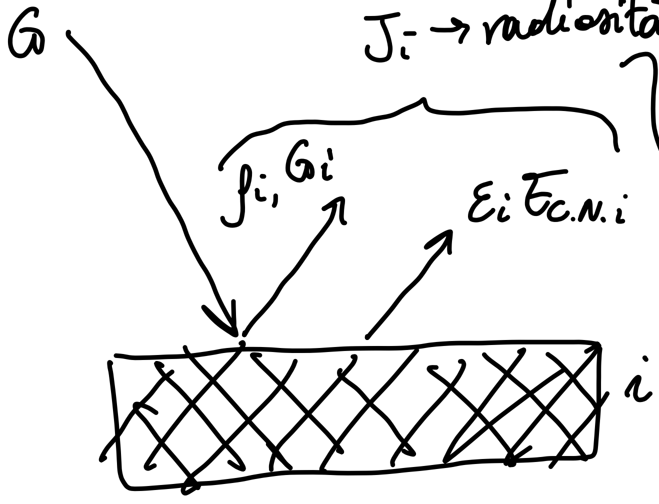
Non dipende da λ — non dipende da θ

Superfici Grigie e Diffuse $\rightarrow \varepsilon(T)$ EMISSIVITÀ EMISFERICA TOTALE

OPACHE $\rightarrow \tau = 0 \Rightarrow \alpha + \rho = 1$

$J_i \rightarrow$ radiosità = somma radiazione riflessa ed emessa

$\rightarrow$ radiazione totale che abbandona la superficie



$$J_i = \rho_i G_i + \varepsilon_i E_{C.N.i}$$

$T_i, \alpha_i, \rho_i, \varepsilon_i, A_i$

$\rho_i = 1 - \alpha_i$ per Kirchhoff $\alpha_i = \varepsilon_i$ quindi

$\rho_i = 1 - \varepsilon_i$

$$\Rightarrow \underline{J_i = (1-\varepsilon_i) G_i + \varepsilon_i E_{C.N.i}} \rightarrow G_i = \frac{J_i - \varepsilon_i E_{C.N.i}}{(1-\varepsilon_i)}$$

$E_{C.N.i} = \sigma T_i^4$

$\rightarrow$ se i è corpo nero $\rightarrow \varepsilon_i = 1 \Rightarrow J_i = E_{C.N.i} = \sigma T_i^4$

$\dot{Q}_i =$ RADIAZIONE CHE ABBANDONA i $-$ RADIAZIONE INTERCETTA DA i

$\rightarrow$ potenza netta scambiata da i

$$= A_i J_i - A_i G_i = A_i J_i - A_i \frac{J_i - \varepsilon_i E_{C.N.i}}{(1-\varepsilon_i)}$$

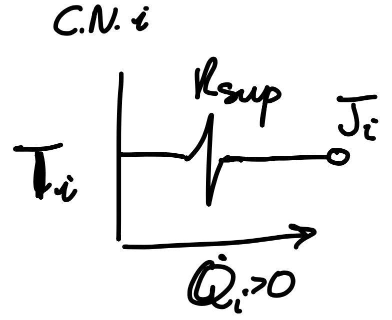
$$\dot{Q}_i = \frac{A_i J_i (1-\varepsilon_i) - A_i J_i + A_i \varepsilon_i E_{C.N.i}}{(1-\varepsilon_i)}$$

$$\dot{Q}_i = \frac{\cancel{A_i J_i} - A_i \varepsilon_i J_i - \cancel{A_i J_i} + A_i \varepsilon_i E_{C.N.i}}{(1-\varepsilon_i)} = \frac{A_i \varepsilon_i}{1-\varepsilon_i} (E_{C.N.i} - J_i)$$

$$\boxed{\dot{Q}_i = \frac{E_{C.N.i} - J_i}{\frac{1-\varepsilon_i}{A_i \varepsilon_i}}}$$

$\leftarrow$ Potenza netta che abbandona la superficie grigia e diffusa

⇒ che la superficie grigia può esser modellata come corpo nero più una resistenza superficiale



$$R_{sup} = \frac{1-\varepsilon_i}{A_i \varepsilon_i}$$

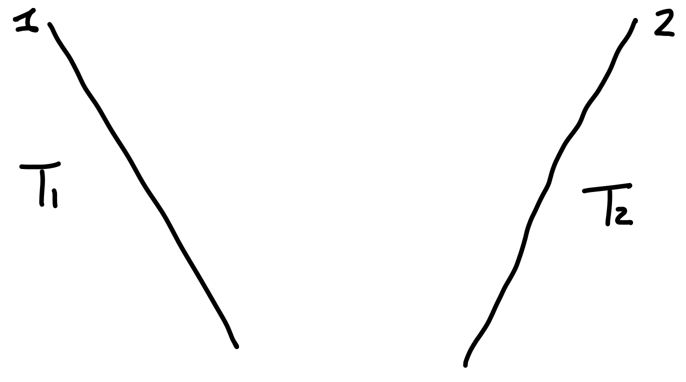
Due superfici (1 e 2) disposte nello spazio

$\dot{Q}_{12}$ = RADIAZIONE CHE LASCIA 1 e È INTERCETTATA DA 2 − RADIAZIONE CHE ABBANDONA 2 ED È INTERCETTATA DA 1

$$= A_1 J_1 F_{12} - A_2 J_2 F_{21} = A_1 F_{12} (J_1 - J_2)$$

$$= \frac{J_1 - J_2}{1/A_1 F_{12}} \qquad R_{spaziale} = R_{12} = \frac{1}{A_1 F_{12}}$$

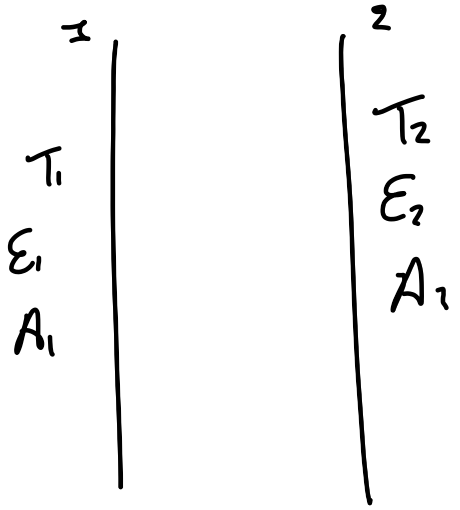
CORPO GRIGIO (1) HA T_1, ε_1, A_1 CORPO GRIGIO (2) A T_2, ε_2, A_2



$$\dot{Q}_{12} = \frac{E_{CN1} - E_{CN2}}{R_{S1} + R_{12} + R_{S2}}$$

$$= \frac{\sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1-\varepsilon_i}{A_1 \varepsilon_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1-\varepsilon_1}{A_2 \varepsilon_2}} \; [W]$$

DUE PIASTRE PIANE PARALLELE - PIASTRA 1 : A_1, ε_1, T_1 ; PIASTRA 2 : A_2, ε_2, T_2



SUPPONGO $d \ll L \rightarrow F_{12} = 1$

$$\dot{Q}_{12} = \frac{\sigma (T_1^4 - T_2^4)}{R_{S1} + R_{12} + R_{S2}}$$

suppongo inoltre che $A_1 = A_2 = A$

$$\hookrightarrow \dot{Q}_{12} = \frac{A \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$