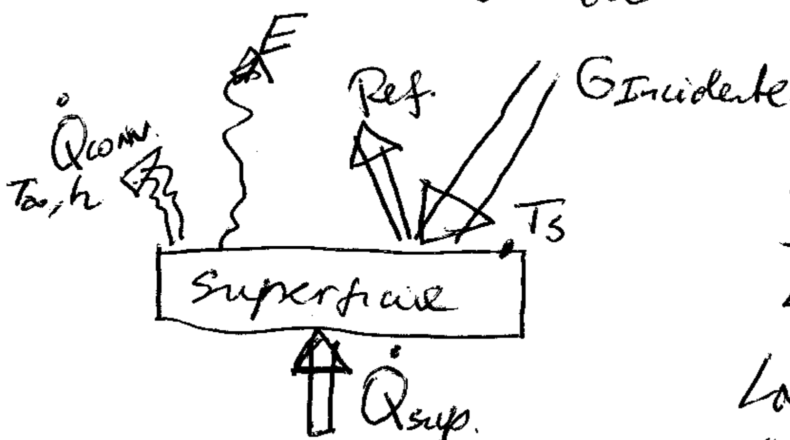
(A)

Balance de Energía General para Radiación de una Superficie Opaca ($\tau = 0$)



En Estado Estacionario:

$$\sum_{e} \text{Energía}_{\text{Entra}} = \sum_{S} \text{Energía}_{\text{sale}}$$

La Superficie No Acumula Calor, debe ser Retirado para T_S cte.

E: Radiación Emitida: $E = \varepsilon \sigma \cdot T_S^4 \cdot A_S$ (W)

$\dot{Q}_{conv}$: Calor Perdido por Convección $\dot{Q}_{conv} = h \cdot A_S \cdot (T_S - T_\infty)$

Ref: Radiación Reflejada por la superficie Respecto al total Incidente: $Ref = \rho \cdot (A_S \cdot G_{Incid})$

G_{Incid}: Radiación Total Incidente sobre la Superficie. Proviene de Múltiples fuentes.

$\dot{Q}_{sup}$: Calor transferido ~~hacia~~ Desde el cuerpo hacia la Superficie, El cual será disipado por Radiación y Convección. O Viceverza, puede ser Absorbido Por el cuerpo.

Este $\dot{Q}_{sup}$ es el Responsable de Suministrar ó Extraer la Energía de esa superficie para mantener la T_S cte.

Entonces, Aplicando el BE sobre la Superficie en Edo Estacionario:

$$\dot{Q}_{sup} + (G_{Incid} \cdot A_s) = E + Ref + \dot{Q}_{conv}$$

Sustituyendo:

$$\boxed{\dot{Q}_{sup} + (G_{Incid} \cdot A_s) = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 A_s + \rho \cdot (G_{Incid} \cdot A_s) + \dot{Q}_{conv}}$$

Esta es la Ecuación General para Una superficie. Aunque se puede Reacomodar para distintos casos e incluir la Definición de Radiosidad:

$$J_{sup} = E + \rho \cdot (G_{Incid} \cdot A_s) \Rightarrow J_{sup} = (\varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 + \rho \cdot G_{Incid}) \cdot A_s$$

<u>Nota</u>: No se ha utilizado de forma explícita el término de Absorción: $\alpha \cdot G_{Incid}$ ya que Quedaría Redundante en el BE, en donde Aparecen: G_I y $\rho \cdot G_I$

Si el sistema está en el Vacío, $h = 0 \Rightarrow \dot{Q}_{conv} = 0$

Entonces queda:

$$\boxed{\dot{Q}_{sup} + (G_{Incid} \cdot A_s) = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 A_s + \rho (G_{Incid} \cdot A_s)}$$

De aquí se puede Despejar $\dot{Q}_{sup}$ ...

ⓒ

$$\dot{Q}_{sup} = A_s \cdot \left[(\varepsilon \sigma \cdot T_s^4) + \underbrace{(\rho - 1)}_{-\alpha} \cdot G_{Incid} \right]$$

Sustituyendo:

$$\dot{Q}_{sup} = A_s \left[\underbrace{(\varepsilon \sigma \cdot T_s^4)}_{\substack{\text{Emitido} \\ \text{Total}}} - \underbrace{\alpha \cdot G_{Incid}}_{\substack{\text{Absorbido} \\ \text{Total.}}} \right]$$

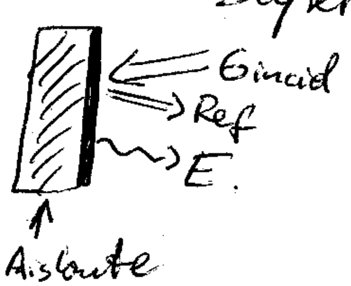
; Nótese que aparece como consecuencia al final del BE

Para este Esquema: $\dot{Q}_{sup} > 0$ Si entra a la Superficie desde el cuerpo, éste suministra el calor (es un Heat source).

$\dot{Q}_{sup} < 0$ Si Sale desde la Superficie hacia el cuerpo, éste absorbe o Disipa el calor (sería un Heat Sink).

Ahora queda determinar quién es $G_{Incidente}$, el cual es la suma del Total proveniente de un Grupo de Superficies, cada una con su respectiva T_s, ε, ρ.

<u>Nota</u>: Para el caso particular ~~...~~ en que una Superficie es Aislada, $\dot{Q}_{sup} = 0$, se le llama también Superficie Re radiante y se Supone que se comporta como un Cuerpo Negro. $(\rho = 0)$; $(\varepsilon = \alpha)$;

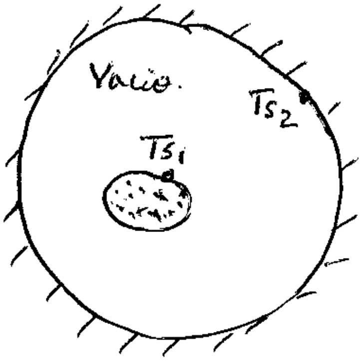


$$0 = \dot{Q}_{sup} = A_{sup} \cdot \varepsilon \left(\sigma T_s^4 - G_{Incid} \right) \Rightarrow \underbrace{G_{Incid} = \sigma \cdot T_s^4}_{\text{cuerpo Negro}}$$

D

Caso Particular: Un cuerpo Pequeño, encerrado en uno muy Grande y Aislado.

Ej: Cuerpo dentro de un Horno con Paredes Refractarios.



• Cuerpo 1: $\varepsilon_1; \rho_1; \alpha_1, \tau_1=0$; ~~Gris Natural~~

Para Mantener la T_{s_1} cte, en el Interior del cuerpo debe Generarse o Consumirse calor para mantener un Edo. Estacionario, en Otras palabras, el cuerpo 1, funciona como un Reservorio de Temperatura

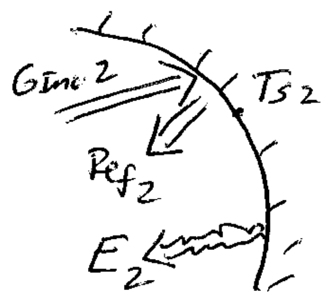
• Cuerpo 2: Superficie Aislada ó Rerradiante. $(\rho_2=0)$; $(\varepsilon_2=\alpha_2=1)$
Se supone cuerpo Negro.

Balances de Energía:

Cuerpo 1:
$$\dot{Q}_1 = A_{s_1}\left[\underbrace{(\varepsilon_1 \sigma T_{s_1}^4)}_{\text{Emitido total por C.1}} - \underbrace{(\alpha_1 G_{Incid_1})}_{\text{Recibido Total sobre C.1}}\right]$$

Falta Determinar quién es G_{Incid_1}:

Por la Geometría, todo lo que Incide sobre 1 proviene del cuerpo 2, su Emisión y Reflexion Respectiva:



$$J_2 = E_2 + Ref_2 \Rightarrow$$

$$J_2 = (\varepsilon_2 \sigma T_{s_2} + \rho_2 G_{Incid_2}) A_{s_2}$$

Pero como C.2 es Negro,

(E)

$$J_2 = \left(\cancelto{1}{\varepsilon_2}\cdot\sigma\cdot T_{s_2}^4 + \cancelto{0}{\rho_2}\cdot G_{Incid_2}\right) A_{s_2} \Rightarrow J_2 = J_{b_2} = E_{b_2} = \sigma\cdot T_{s_2}^4 \cdot A_{s_2}$$

Entonces, la Energía Total Emitida por Unidad de Area Emitida por C. 2 es la que Incide por sobre C. 1

$$\Rightarrow G_{Incid_1} = \frac{J_{b_2}}{A_{s_2}} = \sigma\cdot T_{s_2}^4 \left(\frac{W}{m^2}\right)$$

De esa energía, lo que cae sobre la superficie de C.1 es $Q_{Incid_1} = G_{Incid_1}\cdot A_{s_1}$ como ya se había dicho.

Sustituyendo en el BE. del C.1:

$$\boxed{\dot{Q}_1 = A_{s_1}\cdot\left[\left(\varepsilon_1\,\sigma\cdot T_{s_1}^4\right) - \alpha_1\cdot\left(\sigma\cdot T_{s_2}^4\right)\right]} \,(W)$$

Ahora, si en Particular el cuerpo 1 es Gris: $(\varepsilon_1 = \alpha_1)$ sustituyo y Reagrupo:

$$\boxed{\dot{Q}_1 = A_{s_1}\cdot\varepsilon_1\cdot\sigma\cdot\left(T_{s_1}^4 - T_{s_2}^4\right)}$$

Ecuación final para un cuerpo Pequeño Dentro de un Cuerpo Negro muy Grande.

<u>OJO</u>: los T_s en <u>Kelvin</u>.

Prof. Aurelio Stammitti S.
Mayo 2011.