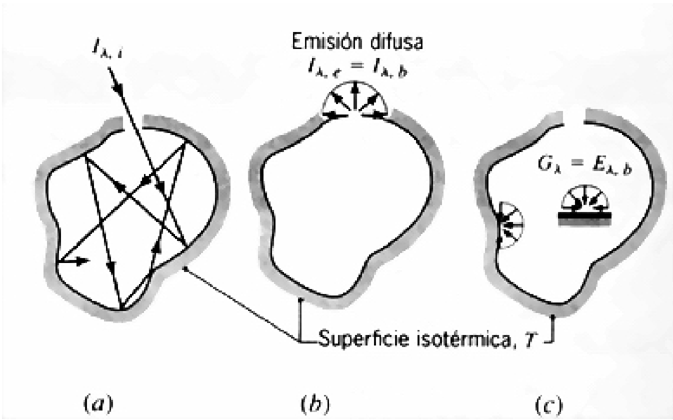
CLASE XVIII

RADIACIÓN

Radiación de cuerpo negro

1. sup. ideal.
2. absorbe toda la radiación incidente,independientemente de su long. de onda y dirección.
3. Para una determinada T y λ ninguna superficie puede emitir más energía que el cuerpo negro.
4. Radiación emitida independiente de la dirección (emisor difuso)



Distribución de Planck

- Distrib. espectral de la emisión de un C.N.

$$I_{\lambda,b}(\lambda,T) = \frac{2\,h\,c_0^2}{\lambda^5[exp(hc_0/\lambda kT)-1]}$$

donde $h = 6{,}6256\,10^{-34}\,J.s$, $k = 1{,}3805\,10^{-23}\,J/K$, $c_0 = 2{,}998\,10^8\,m/s$, y T es absoluta (K)

- Potencia emisiva espectral (Distrib. de Planck)

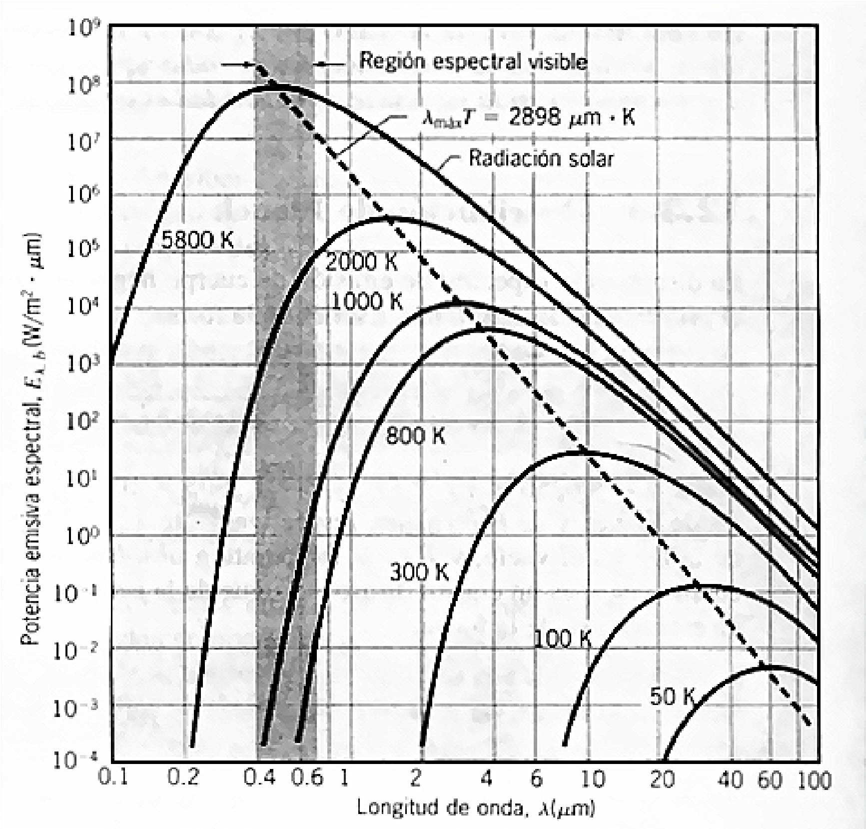
$$E_{\lambda,b}(\lambda,T) = \pi\ I_{\lambda,b}(\lambda,T) = \frac{C_1}{\lambda^5[exp(C_2\,/\lambda T)-1]} \tag{1}$$

donde $C_1 = 2\,\pi\,h\,c_0^2 = 3{,}742\,10^8\,W/\mu m^4/m^2$, $C_2 = hc_0/k = 1{,}439\,10^4\,\mu m\,K$.

Ley de desplazamiento de Wien
Máximo de la distrib. espectral: derivando (1) e igualando a cero,

$$\lambda_{max}\,T = C_3$$

donde $C_3 = 2897{,}8\,\mu m\,.K$



<u>Ley de Stefan-Boltzmann</u>

$$E_b = \int_0^\infty \frac{C_1}{\lambda^5[exp(C_2/\lambda T) - 1]}\, d\lambda \tag{2}$$

$$E_b = \sigma T^4$$

donde $\sigma = 5{,}670\, 10^{-8}\, W/m^2.K^4$

Dado que la emisión es difusa, la <u>intensidad total</u> asociada con la emisión de C.N. es

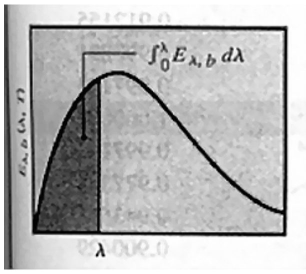
$$I_b = \frac{E_b}{\pi}$$

<u>Emisión de banda</u>

$$\begin{aligned} F_{(0\to\lambda)} &= \frac{\int_0^\lambda E_{\lambda,b}\, d\lambda}{\int_0^\infty E_{\lambda,b}\, d\lambda} \\ &= \frac{\int_0^\lambda E_{\lambda,b}\, d\lambda}{\sigma T^4} \\ &= \int_0^{\lambda T} \frac{E_{\lambda,b}}{\sigma T^5}\, d(\lambda T) \\ &= f(\lambda T) \end{aligned}$$

Fracción de radiación entre λ_1 y λ_2

$$\begin{aligned} F_{(\lambda_1\to\lambda_2)} &= \frac{\int_0^{\lambda_2} E_{\lambda,b}\, d\lambda - \int_0^{\lambda_1} E_{\lambda,b}\, d\lambda}{\sigma T^4} \\ &= F_{(0\to\lambda_2)} - F_{(0\to\lambda_1)} \end{aligned}$$



Emisión superficial

Definición

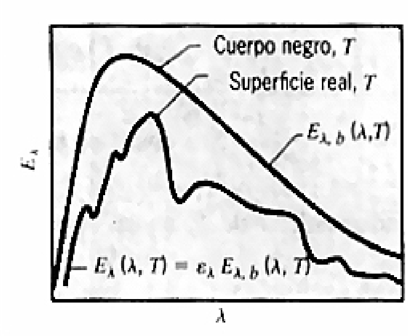
La Emisividad espectral direccional $\epsilon_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi, T)$, de una superficie a temp. T es la relación entre la intens. de rad. emitida a una long. de onda λ en la dirección (θ, ϕ), y la intens. de rad. emitida por un C.N. a iguales T y λ.

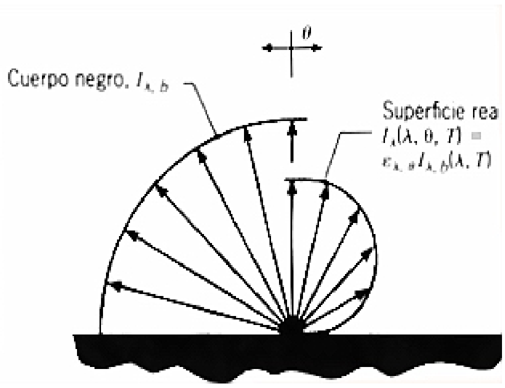
$$\epsilon_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi, T) = \frac{I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi, T)}{I_{\lambda,b}(\lambda, T)}$$

$$\epsilon_{\theta}(\theta, \phi, T) = \frac{I_e(\theta, \phi, T)}{I_b(T)}$$

$$\epsilon_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{E_{\lambda}(\lambda, T)}{E_{\lambda,b}(\lambda, T)}$$

$$\epsilon_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi, T)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta.\, d\phi}{\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} I_{\lambda,b}(\lambda, T)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta.\, d\phi} = 2\int_0^{\pi/2} \epsilon_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, T)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta$$





Absorción, reflexión y transmisión superficiales

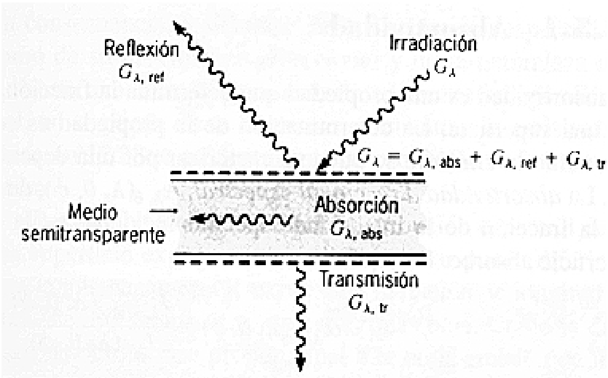
Analizaremos los procesos por los cuales un medio sólido o líquido intercepta la radiación.

Balance de radiación para un medio semitransparente

$$G_\lambda = G_{\lambda,ref} + G_{\lambda,abs} + G_{\lambda,tr}$$

Simplificaciones posibles (cuerpo opaco):

- $G_{\lambda,tr} = 0$
- $G_{\lambda,ref}$ y $G_{\lambda,abs}$ pueden tratarse como fenómenos superficiales.



Absorción, reflexión y transmisión dependen de la naturaleza de la sup., de T_s y de λ y la dirección de la rad. incidente.

Absortividad

Definición
La absortividad espectral direccional, $\alpha_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta,\phi)$, de una sup. es la fracción de la intensidad espectral incidente en la dirección (θ,ϕ) absorbida por la superficie.

$$\alpha_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta,\phi) \;=\; \frac{I_{\lambda,i,abs}(\lambda,\theta,\phi)}{I_{\lambda,i}(\lambda,\theta,\phi)}$$

Absortividad espectral hemisférica $\alpha_\lambda(\lambda)$

$$\alpha_\lambda(\lambda) \;=\; \frac{G_{\lambda,abs}(\lambda)}{G_\lambda(\lambda)}$$

$$\alpha_\lambda(\lambda) \;=\; \frac{\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} \alpha_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta,\phi)\, I_{\lambda,i}(\lambda,\theta,\phi)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta.\, d\phi}{\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} I_{\lambda,i}(\lambda,\theta,\phi)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta.\, d\phi}$$

Radiación incidente difusa

$$\alpha_\lambda(\lambda) \;=\; 2\int_0^{\pi/2} \alpha_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta$$

Absortividad hemisférica total α

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{G_{abs}}{G} \\ &= \frac{\int_0^\infty \alpha_\lambda(\lambda)\, G_\lambda(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty G_\lambda(\lambda)\, d\lambda}\end{aligned}$$

Absortividad a la radiación solar α_s

$$\alpha_s \;=\; \frac{\int_0^\infty \alpha_\lambda(\lambda)\, E_{\lambda,b}(\lambda, 5800\,K) d\lambda}{\int_0^\infty E_{\lambda,b}(\lambda, 5800\,K)\, d\lambda}$$

Reflectividad

Definición
La reflectividad espectral direccional, $\rho_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta,\phi)$, de una sup. es la fracción de la intensidad espectral incidente en la dirección (θ,ϕ) reflejada por la superficie.

$$\rho_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta,\phi) \;=\; \frac{I_{\lambda,i,ref}(\lambda,\theta,\phi)}{I_{\lambda,i}(\lambda,\theta,\phi)}$$

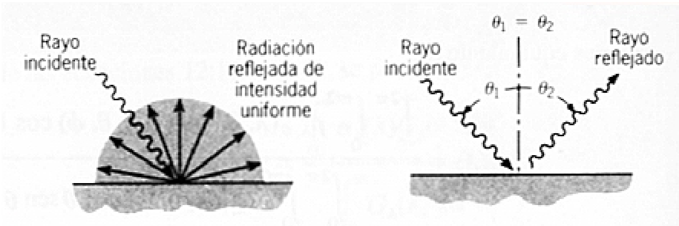
Reflectividad espectral hemisférica $\rho_\lambda(\lambda)$

$$\rho_\lambda(\lambda) \;=\; \frac{G_{\lambda,ref}(\lambda)}{G_\lambda(\lambda)}$$

$$\rho_\lambda(\lambda) = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \rho_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta,\phi)\, I_{\lambda,i}(\lambda,\theta,\phi)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta.\, d\phi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,i}(\lambda,\theta,\phi)\, cos\theta.\, sen\theta\, d\theta.\, d\phi}$$

Reflectividad hemisférica total ρ

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{G_{ref}}{G} \\ &= \frac{\int_0^\infty \rho_\lambda(\lambda)\, G_\lambda(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty G_\lambda(\lambda)\, d\lambda} \end{aligned}$$



Transmisividad

Transmisividad espectral hemisférica $\tau_\lambda(\lambda)$

$$\tau_\lambda(\lambda) = \frac{G_{\lambda,tr}(\lambda)}{G_\lambda(\lambda)}$$

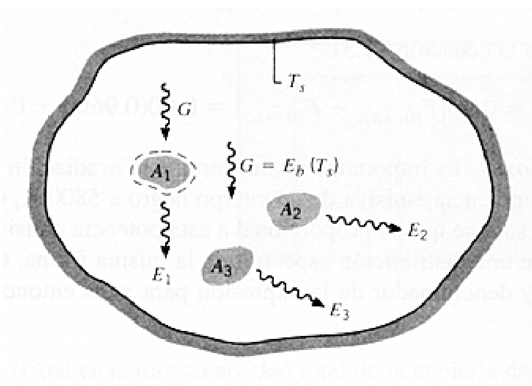
$$\tau = \frac{G_{tr}}{G}$$

Relación entre τ y τ_λ

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{\int_0^\infty G_{\lambda,tr}(\lambda)\, d\lambda}{\int_0^\infty G_\lambda(\lambda)\, d\lambda} \\ &= \frac{\int_0^\infty \tau_\lambda(\lambda) G_\lambda(\lambda)\, d\lambda}{\int_0^\infty G_\lambda(\lambda)\, d\lambda} \end{aligned}$$

Ley de Kirchhoff

Consideremos conjuntamente propiedades asociadas a la emisión y la absorción.
Sea un recinto isotérmico de temperatura superficial T_s, con pequeños cuerpos en su interior.



$$G = E_b(T_s)$$

Balance de energía en la superficie de control (cuerpo 1)

$$\alpha_1 \, G \, A_1 - E_1(T_s) \, A_1 = 0$$

$$\frac{E_1(T_s)}{\alpha_1} = E_b(T_s)$$

Entonces (**Ley de Kirchhoff**)

$$\frac{E_1(T_s)}{\alpha_1} = \frac{E_2(T_s)}{\alpha_2} = ... = E_b(T_s)$$

Como $\alpha \leq 1$, $E(T_s) \leq E_b(T_s) \longrightarrow$ el C.N. es emisor ideal.

Otra forma

$$\frac{\epsilon_1}{\alpha_1} = \frac{\epsilon_2}{\alpha_2} = ... = 1$$

Es decir

$$\epsilon = \alpha$$