DGTIC

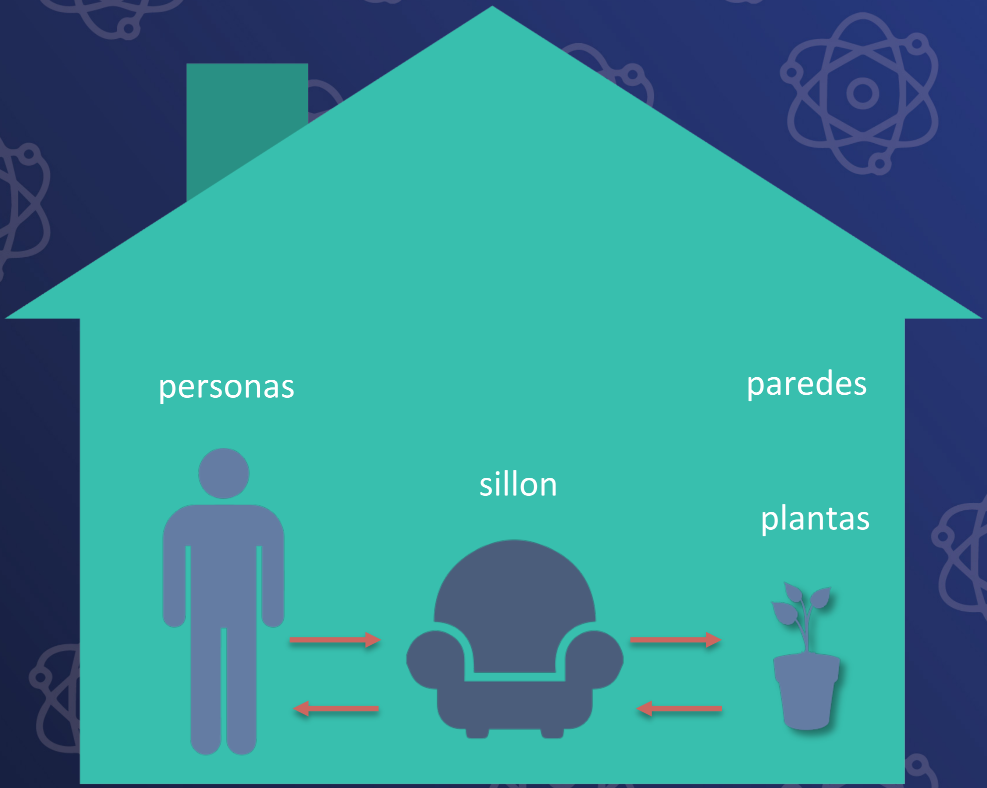
Facultad de Química

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación

CURSO:
TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

Doctor Rafael Fernández Flores

Trabajo realizado con el apoyo del
Programa UNAM-DGAPA-PAPIME
PE110517



RADIACIÓN ENTRE CUERPOS NEGROS

PROBLEMA

Cuando dos objetos se encuentran uno en presencia de otro, ocurre una transferencia de calor por radiación recíproca, entre ellos.
La cantidad de energía que cada uno de ellos recibe, depende de la geometría y de los materiales de los que están hechos.

¿Cómo se calcula esa cantidad de energía?

OBJETIVOS

1. Saber calcular la cantidad de energía radiada que es percibida por un cuerpo cuando está en presencia de otro.

2. Conocer la fórmula para calcular la cantidad de energía radiada intercambiada por dos placas paralelas

3. Entender el concepto de factor de visión

4. Utilizar las fórmulas para el cálculo del factor de visión en la determinación de la energía radiada intercambiada entre dos cuerpos.

- **Intercambio radiante entre dos cuerpos negros**

- **Cantidad total de irradiación**

- **Placas paralelas**
    - **Placa aislante**
    - **Termo**

- **Otras Geometrías**

- **Factor de visión**

- **Ejemplos**

MENÚ

INTERCAMBIO RADIANTE ENTRE DOS CUERPOS NEGROS

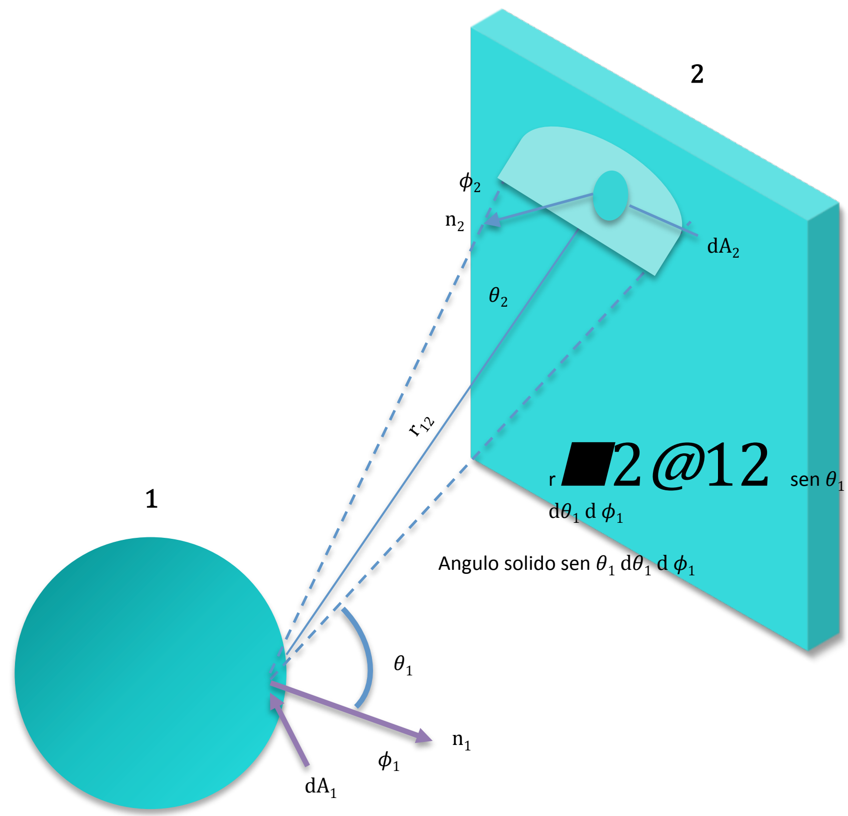
- La cantidad total que irradia cada cuerpo (suponiéndolo un cuerpo negro) depende exclusivamente de su Temperatura:

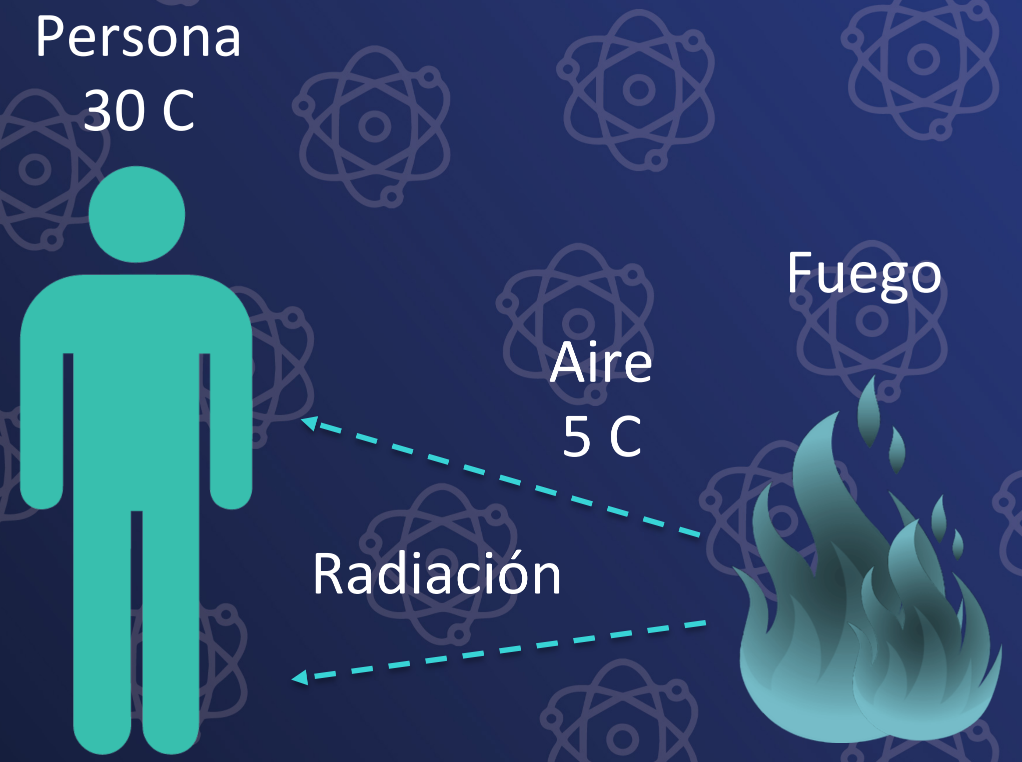
- Si el cuerpo no es negro sino gris, la cantidad total de energía radiada depende de la temperatura y de la emisividad.

- La cantidad de energía radiada depende de la frecuencia de emisión o longitud de onda

- Si dos objetos están uno en presencia de otro se irradian energía mutuamente.

- La cantidad de energía recibida depende de la posición relativa de los cuerpos (geometría)



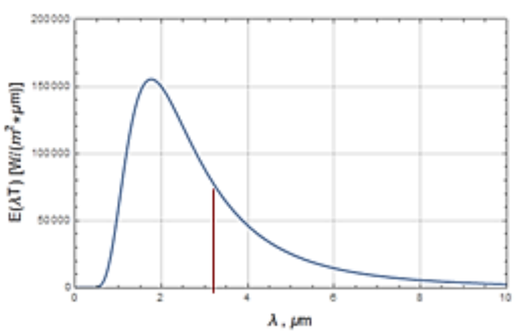


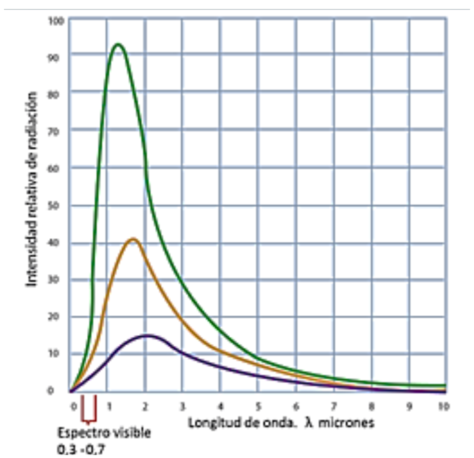
Si dos objetos están uno en presencia de otro
se irradian energía mutuamente

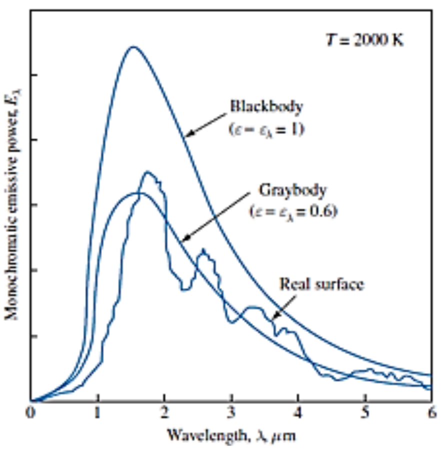
La cantidad de energía radiada depende de la frecuencia de emisión o longitud de onda

La cantidad total que irradia cada cuerpo (suponiéndolo un cuerpo negro) depende exclusivamente de su temperatura

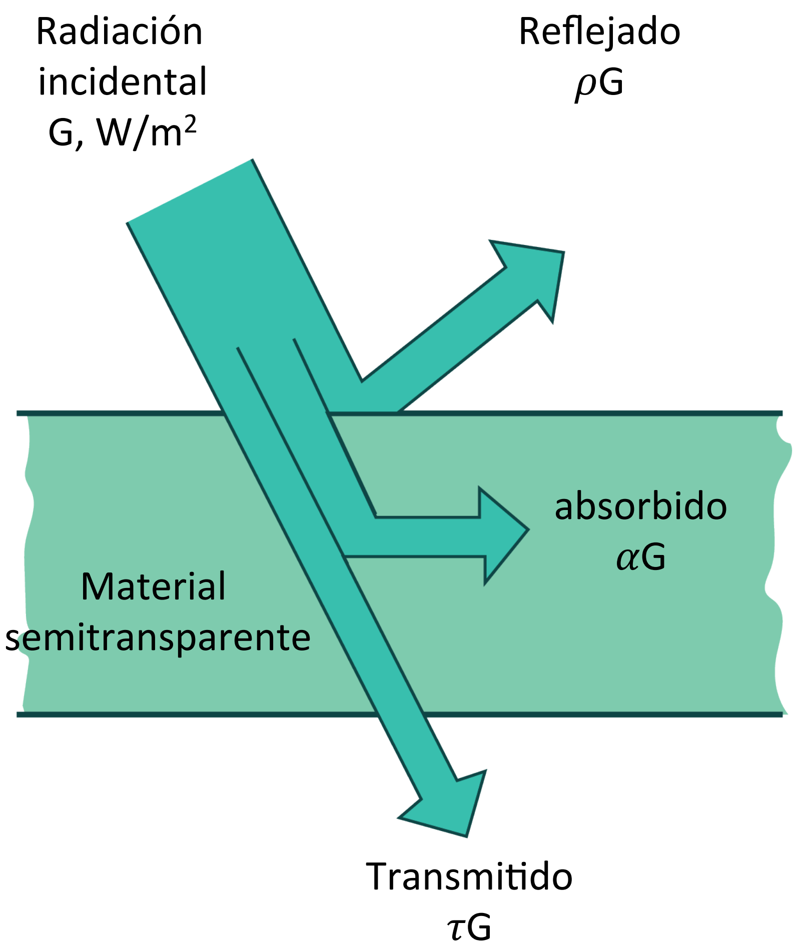
Si el cuerpo no es negro si no gris, la cantidad total de energía radiada depende de la temperatura y de la emisividad







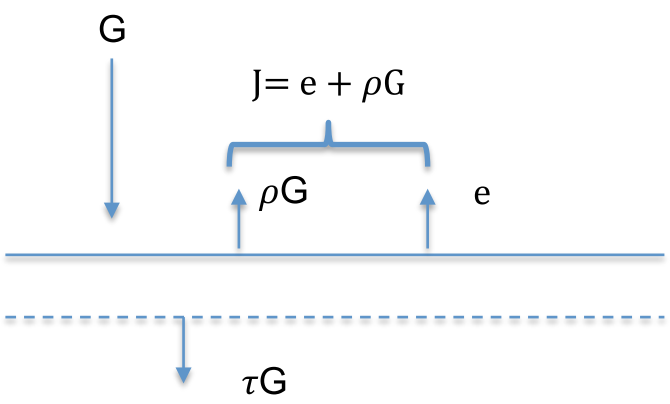
Cantidad total de irradiación



La cantidad total de irradiación G puede ser absorbida, reflejada o transmitida:

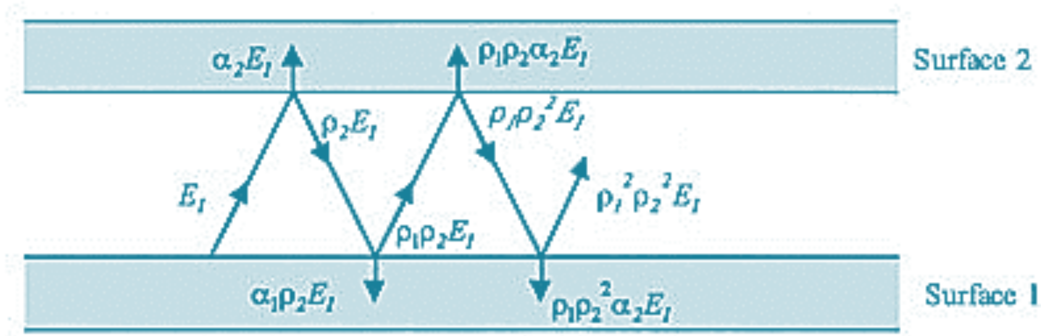
$$G = \alpha G + \rho G + \tau G,$$
$$\alpha + \rho + \tau = 1,$$

Además de la radiación que recibe un cuerpo, también la emite.



La radiosidad J incluye tanto la energía emitida como la reflejada.

UN CASO SENCILLO. INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE PLACAS PARALELAS.



Surface 2 emits	E_2
Surface 1 absorbs	$E_2\alpha_1$
Surface 1 reflects	$E_2(1-\alpha_1)$
Surface 2 absorbs	$E_2(1-\alpha_1)\alpha_2$
Surface 2 reflects	$E_2(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)$

Surface 2 reflects	$E_1(1-\alpha_2)(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)$
Surface 1 absorbs	$E_1(1-\alpha_2)(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)\alpha_1$

...

Para realizar la suma de la energía absorbida por la placa 1 y la placa 2 conviene definir el parámetro

β = (1-α1) (1-α2). La energía absorbida por la placa 1 es:

$$E_1(1-\alpha_2)\alpha_1 + E_1(1-\alpha_2)\alpha_1(1-\alpha_2)(1-\alpha_1) + \ldots = E_1(1-\alpha_2)\alpha_1(1+\beta+\beta^2+\ldots) = \frac{E_1(1-\alpha_2)\alpha_1}{1-\beta}.$$

Aprovechandoando que $\frac{1}{1-\beta} = (1-\beta)^{-1} = 1+\beta+\beta^2+\ldots$

De la misma manera puede escribirse la energía absorbida por la placa $\frac{E_2(1-\alpha_1)\alpha_2}{1-\beta}$

Por lo tanto la cantidad no absorbida por la placa 2 será: $E_2 - \left(\frac{E_2(1-\alpha_1)\alpha_2}{1-\beta}\right) = \frac{E_2\alpha_1}{1-\beta}$

Y la absorbida por la placa 1:

$$\dot{q}_{\text{net 1 to 2}} = E_1 - \frac{E_1(1-\alpha_2)\alpha_1}{1-\beta} - \frac{E_2\alpha_1}{1-\beta} = \frac{E_1 - E_1(1-\alpha_1-\alpha_2+\alpha_1\alpha_2) - E_1\alpha_1 + E_1\alpha_1\alpha_2 - E_2\alpha_1}{1-(1-\alpha_1-\alpha_2+\alpha_1\alpha_2)} = \frac{E_1\alpha_2 - E_2\alpha_1}{\alpha_1+\alpha_2-\alpha_1\alpha_2}.$$

Si $T_1 = T_2 = q = 0$ por lo tanto: $E1/\alpha 1$ = $E2/\alpha 2$ Si además el cuerpo 2 es un

cuerpo negro entonces: Lo que implica $\varepsilon = \alpha$

y por lo tanto $$\dot{q}_{\text{net 1 to 2}} = \frac{\varepsilon_1 \sigma T_1^4 \varepsilon_2 - \varepsilon_2 \sigma T_2^4 \varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2}$$

Que puede rescribirse finalmente: $$\dot{q}_{\text{net 1 to 2}} = \frac{\sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\dfrac{1}{\varepsilon_1} + \dfrac{1}{\varepsilon_2} - 1}.$$

CUERPO NO GRIS

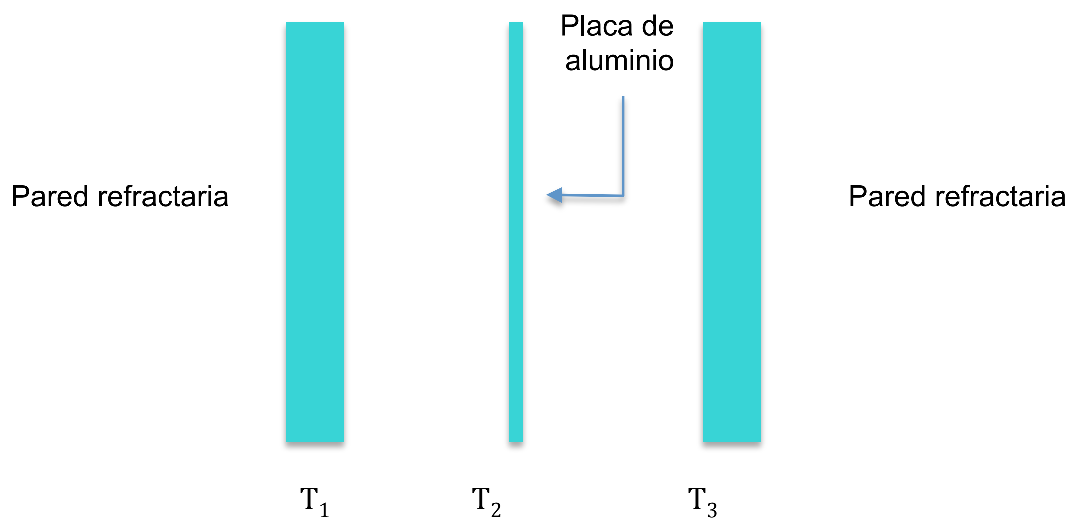
Si no aplica la hipótesis de cuerpo gris entonces depende de $T^* \varepsilon_1$

Donde $T^* = \sqrt{T_1 T_2}$

$$q_{1,net} = (e_{b1}-e_{b2})\ 1/1/\varepsilon 1(T*)+1/\varepsilon 2-1\ .$$

EJEMPLO. PLACA AISLANTE

Desarrolle una expresión para calcular la disminución de calor de radiación entre dos placas paralelas cuando entre ellas se coloca una placa de Aluminio



SOLUCIÓN

- Escribiendo la ecuación del calor radiado entre las superficies 1 y 2

$$q_{1,net} = (e_{b1}\text{-}e_{b2})\ 1/1/\varepsilon 1(T*)+1/\varepsilon 2-1\ .$$

- Entre las superficies 2 y 3

$$q_{2,net} = (e_{b2}\text{-}e_{b3})\ 1/1/\varepsilon 3+1/\varepsilon 2-1\ .$$

- Como $q_{2,net} = q_{1,net}$

$$q_{1,net}\ (eb1-eb2)/(1/\varepsilon 1(T*)+1/\varepsilon 2-1)\ +(1/\varepsilon 3(T*)+1/\varepsilon 2-1)$$

Si no hubiera una placa en medio el cálculo directo entre las superficies 1 y 3 da:

$$q_{1,net} = (e_{b1}-e_{b3})\,1/1/\varepsilon 1+1/\varepsilon 3-1\,.$$

$$q1{,}net\,(\,protegido)/q1{,}net\,(\,no\ protegido) = 1/\varepsilon 1+1/\varepsilon 3-1/(1/\varepsilon 1+1/\varepsilon 2-1)+(1/\varepsilon 2+1/\varepsilon 3-1)$$

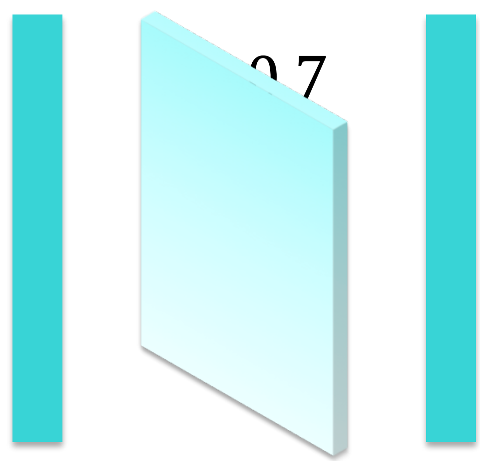
Con: $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = 0{,}8$ y $\varepsilon_2 = 0.2$ El cociente da: 0.143

Mayor apantallamiento puede conseguirs introduciendo más placas

EL COCIENTE DA

ACTIVIDAD

En medio de dos placas de material refractario (e= 0.7) se coloca una placa para “apantallar” la radiación. ¿Cuál debe ser la emisividad del material del que se fabrique la placa, si se requiere que el apantallamiento sea de 70 %, ¿Cuál si se desea que sea del 75%?

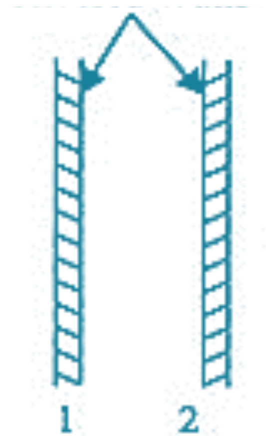


TERMO

El siguiente ejemplo calcula la cantidad de calor radiada entre las dos paredes de un termo para estimar el calor transmitido al exterior

Paredes platinadas

Dentro del termo (fluido caliente)



Fuera del termo (frio)

$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.02$ for silvered walls, $T_1 = 100^\circ\mathrm{C} = 373$ K, $T_2 = 20^\circ\mathrm{C} = 293$ K.

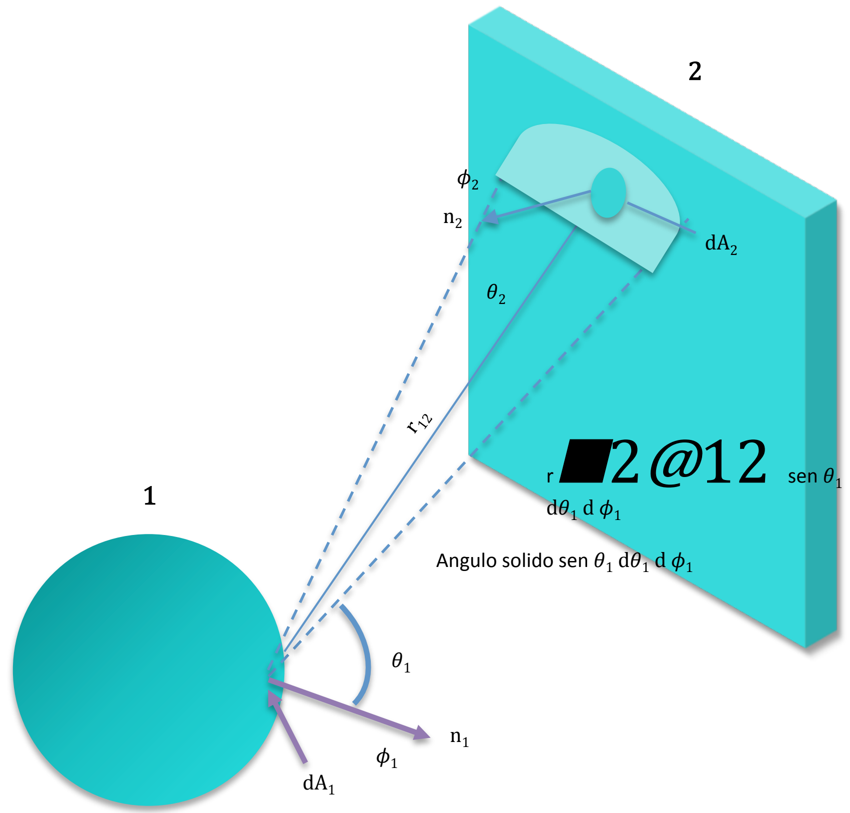
y lo compara con la cantidad de aislante (corcho) que habría que colocar para obtener el mismo efecto

$$\sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

For the same ΔT , if we had cork insulation with $k = 0.04$ W/m-K , what thickness would be needed?

$\dot{q} = \frac{k\Delta T}{L}$ so a thickness $L = \frac{k\Delta T}{\dot{q}} = \frac{(0.04\ \mathrm{W/m\text{-}K})(80\ \mathrm{K})}{6.9\ \mathrm{W/m^2}} = 0.47\ \mathrm{m}$ would be needed! The thermos is indeed a good insulator.

$$= \frac{\quad}{\frac{1}{0.02} + \frac{1}{0.02} - 1} = 6.9\ \mathrm{W/m^2}.$$



OTRAS GEOMETRÍAS

En la clase anterior se usaron las tablas

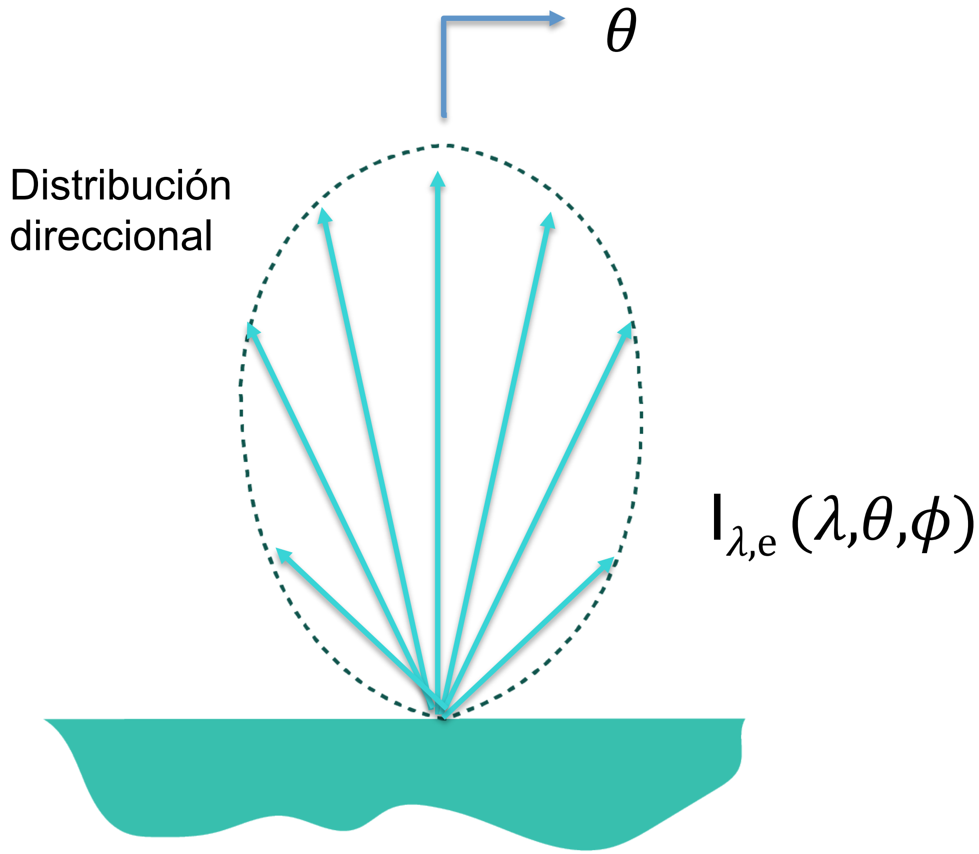
¿Qué significado tiene la función $I_{\lambda b}$ (λ, T)?

TABLE 12.1 *Continued*

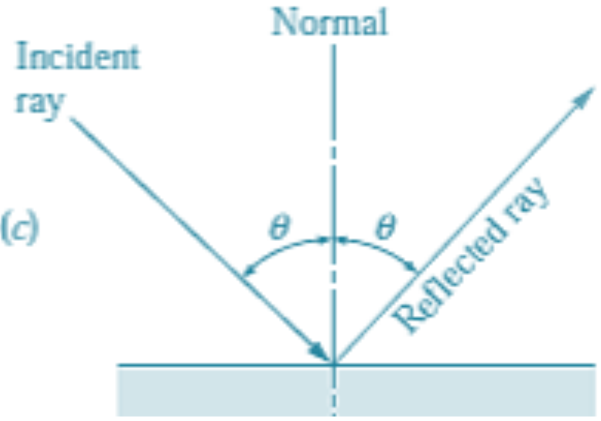
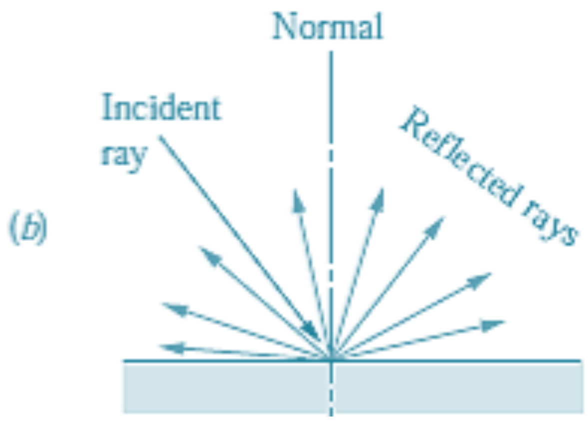
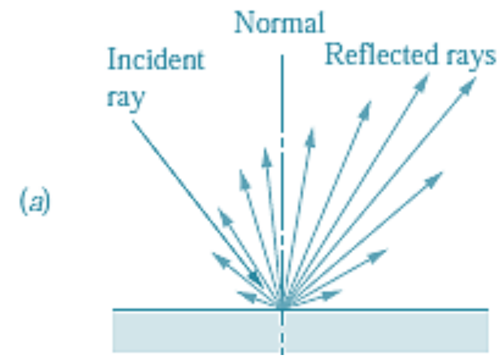
λT (μm · K)	$F_{(0\rightarrow\lambda)}$	$I_{\lambda,b}(\lambda, T)/\sigma T^5$ (μm · K · sr)$^{-1}$	$\dfrac{I_{\lambda,b}(\lambda, T)}{I_{\lambda,b}(\lambda_{max}, T)}$
10,500	0.923710	0.560522	0.077600
11,000			0.066913
11,500			0.057970
12,000			0.050448
13,000	[illegible]	[illegible]	0.038689
14,000	0.962898	0.217641	0.030131
15,000	0.969981	0.171866×10^{-5}	0.023794
16,000	0.973814	0.137429	0.019026
18,000	0.980860	0.908240×10^{-6}	0.012574
20,000	0.985602	0.623310	0.008629
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,800	0.227897	0.720239	0.997123
2,898	0.250108	0.722318×10^{-4}	1.000000
3,000	0.273232	0.720254×10^{-4}	0.997143
3,200	0.318102	0.705974	0.977373

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

En la clase anterior se usaron las tablas

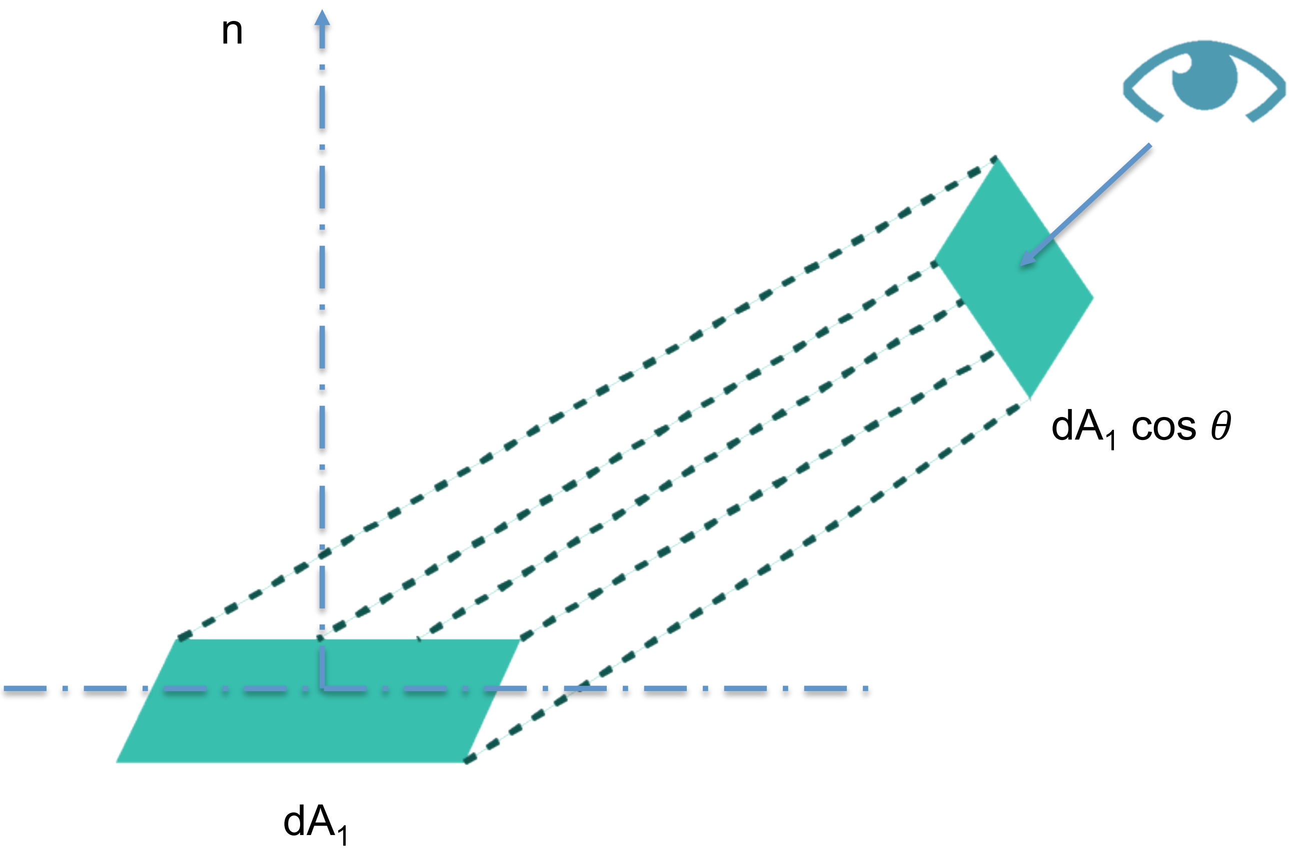


I es la intensidad de la radiación y está relacionada con la distribución angular de la radiación

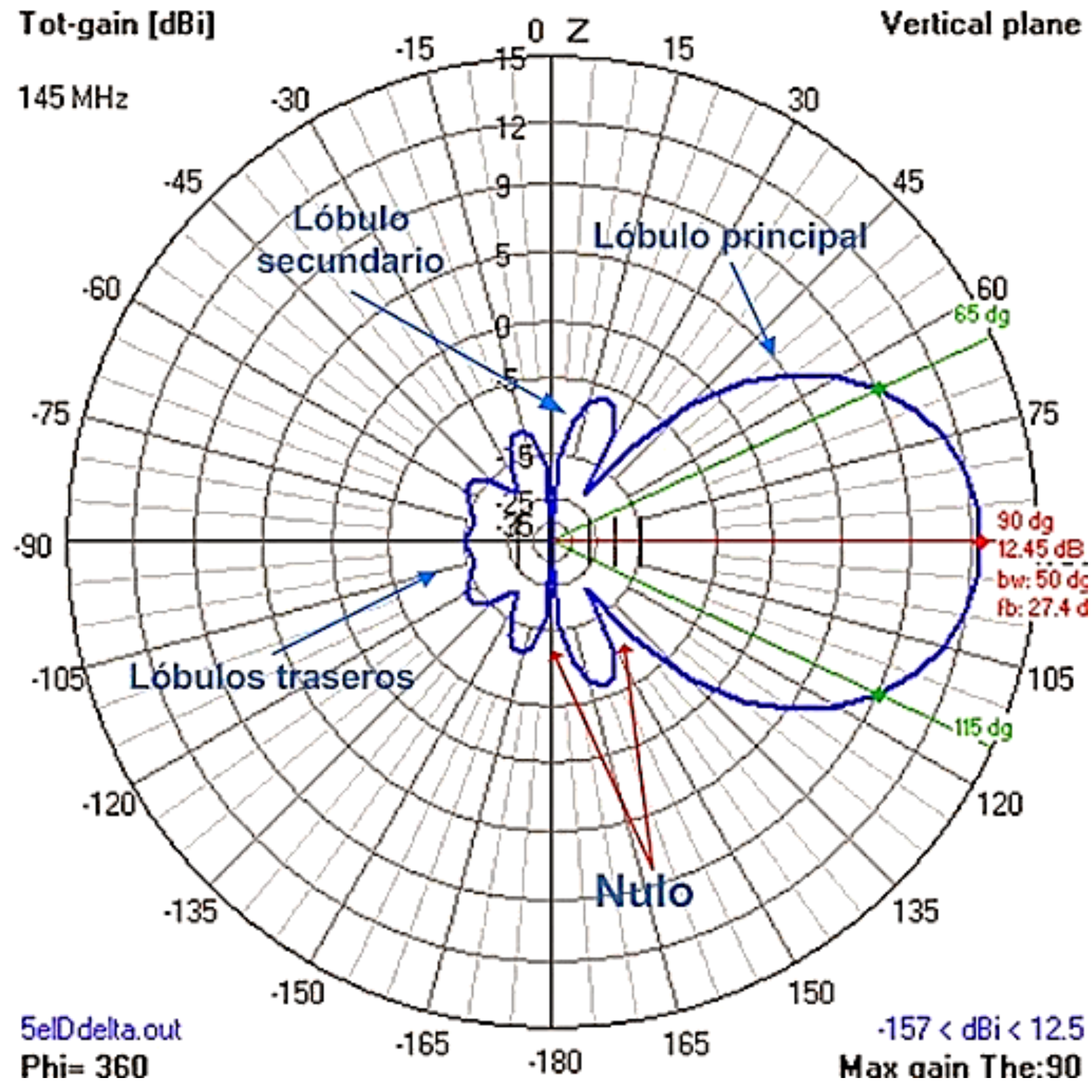
EL MUNDO DEL MATEMÁTICO	EL FÍSICO	Y EL INGENIERO
		

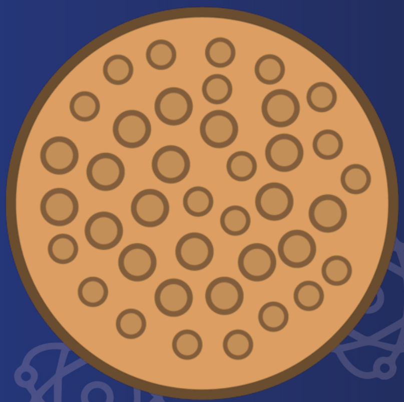
INTENSIDAD ESPECTRAL

- Definimos a $I_{\lambda, e}$ como la tasa a la cual la energía radiante es emitida en la longitud de onda λ en la dirección (θ, φ), por unidad de área de la superficie de emisión normal a esa dirección, *por unidad de ángulo sólido*, alrededor de esa dirección y por unidad de intervalo de longitud de onda $d\lambda$ alrededor de λ.

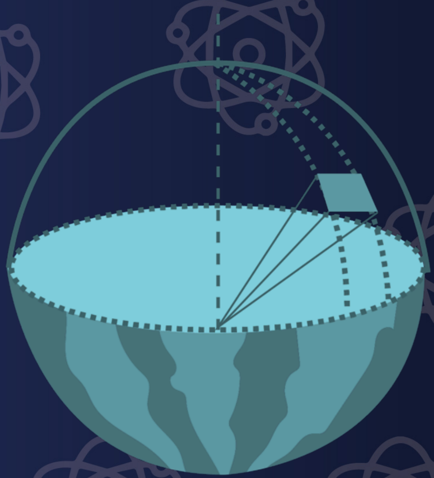


Algunos ejemplos





Rebanada de pizza.
El plano



"Calada" de melón.
El espacio

Definición de Radian:

$\Theta = l/r$

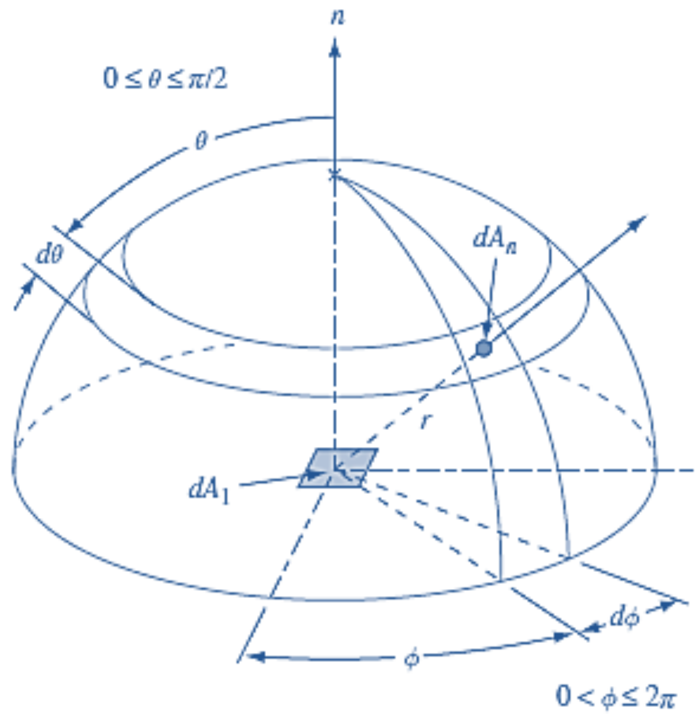
$d\Theta = dl/r$

Definición de Steroradian:

$\Theta = A/r^2$

$d\Theta = dA/r^2$

ÁNGULO SÓLIDO



$$\int_h d\omega = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} \sin\theta \, d\theta \, d\phi = 2\pi \int_0^{\pi/2} \sin\theta \, d\theta = 2\pi \text{ sr}$$

INTEGRACIÓN HEMISFÉRICA DEL ÁNGULO SÓLIDO

LEY DE LAMBERT

Si la intensidad de radiación es independiente de la dirección para una superficie negra:

Se cumple la Ley de Lambert:

“La iluminación producida por una fuente luminosa sobre una superficie es directamente proporcional a la intensidad de la fuente y al coseno del ángulo que forma la normal a la superficie con la dirección de los rayos de luz y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a dicha fuente”

$$E = I \cos\theta / r^2$$

La integral de la intensidad de radiación sobre toda el área emisora da la potencia de emisión del cuerpo negro:

$$E_\lambda(\lambda) = q_{n,\lambda}(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda,\theta,\phi) \cos\theta \sin\theta \, d\theta \, d\phi$$

$$E_\lambda(\lambda) = \pi I_{\lambda,e}(\lambda) = \sigma T^4$$

INTENSIDAD ESPECTRAL HEMISFÉRICA

$$E=\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda,\theta,\phi)\cos\theta\,\sin\theta\, d\theta\, d\phi\, d\lambda$$

$$E_\lambda(\lambda)=q\blacksquare n@\lambda\ (\lambda)=\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda, \cos\theta\sin\theta\, d\theta\, d\phi$$

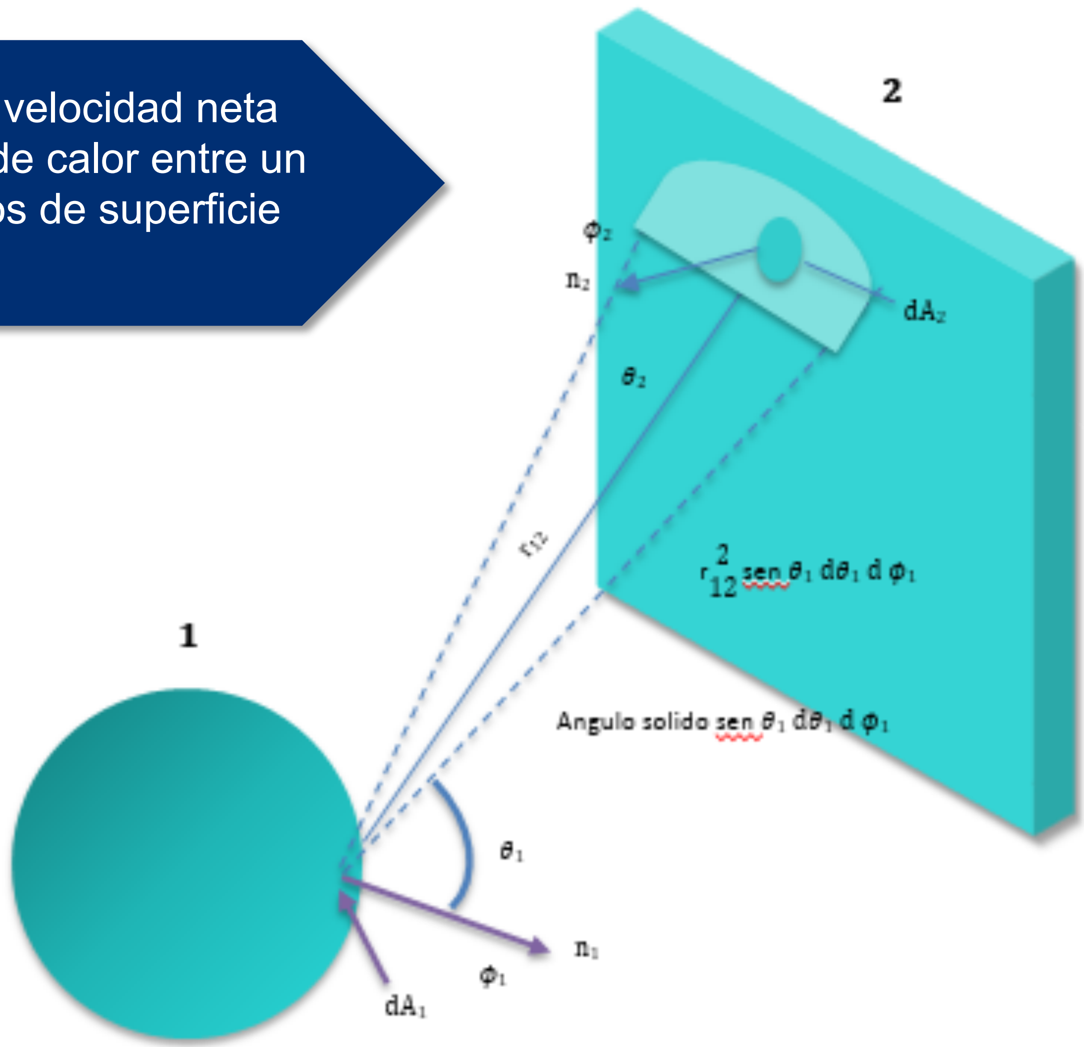
$$E_\lambda(\lambda)=\pi I_{\lambda,e}(\lambda)$$

$$E=\int_0^{\infty} E_\lambda(\lambda)\, d\lambda$$

Radiación emitida desde un área diferencial dA_1 en un ángulo sólido dω subtendido por un área dAn en un punto en dA_1

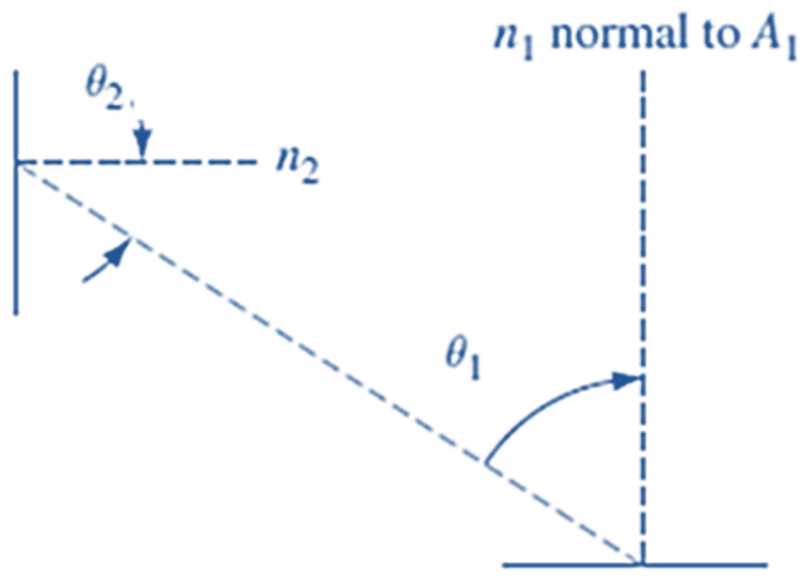
INTERCAMBIO RADIANTE ENTRE DOS CUERPOS NEGROS

Se considera la velocidad neta de transmisión de calor entre un par de elementos de superficie dA1 y dA2



Dos placas de un área pequeña se encuentran separadas una distancia r y con sus superficies ortogonales, como lo muestra la figura. Determina a) el ángulo θ_1 entre la línea que une las placas y la normal a la superficie de la placa 1 b) el ángulo θ_2 entre la línea que une las placas y la normal a la superficie de la placa 2 c) El ángulo sólido subtendido por la placa 2 y d) la irradiación de A_1 que es recibida por A_2.

Si A_1 = 10 cm^2 = A_2 y r= 0,5 m determina el valor de la irradiación de A_1 que es recibida por A_2 cuando I_1 vale 1000 W/m^2 sr.



EJEMPLO. DOS PLACAS A 90 GRADOS

Dos placas de un área pequeña se Por definición: $d\omega_{2-1}$ $= dAn,2/r2$ donde $dAn,2 = dA2 \cos \theta_2$

Siendo θ_2 el ángulo entre la normal n_2 y la línea que conecta $dA1$ y $Da2$

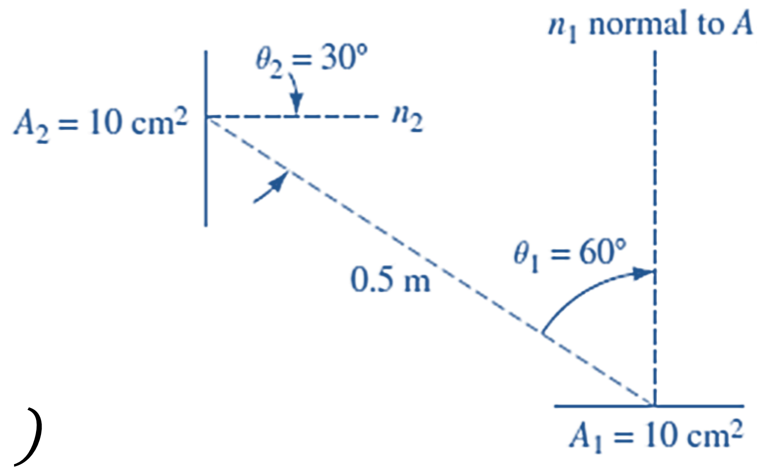
La cantidad de radiación recibida por la placa 2, proveniente de la placa 1 es el producto de:

a) la irradiación emitida por la superficie 1en la

dirección de la línea que conecta las superficies: Cos θ_1 multiplicada por:

b) el ángulo sólido subtendido por $A2$: $d\omega_{2-1} = A2 /r2$

$q_{1\_2} = (I_1 A1 \cos \theta_1)(A2 \cos \theta2 /r2)$



Con los datos del problema: $I_1 = 1000\ W/m^2$ sr. $A_1 = 10\ cm^2 = A_2$ $\theta_1 = 60°$ $\theta_2 = 30°$

$q_{1\_2} = (1000)(10^{-3})(0.866)(10^{-3})(.05)(4) = 0.00173\ W$

SOLUCIÓN

La irradiación recibida $q_{1\_2} = (I_1 A1 \cos\theta_1)(A2 \cos\theta2 / r2)$ es la emitida por la placa 1 multiplicada por un fator de apantallamiento.

El fator de apantallamiento está formado por el producto del área que emite $(A1)$ y del área que recibe $(A2)$ multiplicado por los cosenos de los ángulos θ_1 y θ_2 que forman la línea que une las placas con respecto a cada una de las normales, dividido entre el cuadrado de la distancia que los separa.

Este factor de apantallamiento puede calcularse también cuando los objetos que se irradian no son placas sino que tienen una geometría arbitraria.

En ese caso puede hacerse una descomposición infinitesimal de las áreas radiantes en placas de área dA. El factor de apantallamiento, llamado también de forma o de visión, se escribe entonces: $\cos\theta_1 \cos\theta_2 / r_{12}^2 \, dA_1 \, dA_2$

Cantidad de energía que saliendo del cuerpo 1, alcanza el cuerpo 2

Escribiendo la expresión:

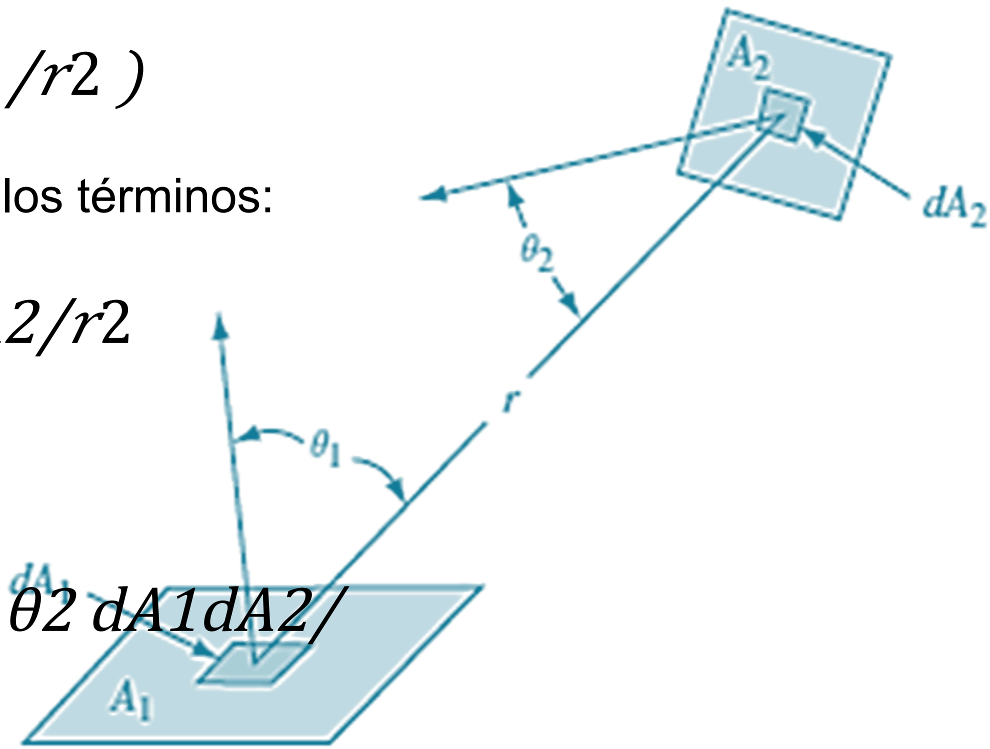
$q_{1\_2} = (I_1 A1 \ Cos\ \theta_1)(A2\ Cos\ \theta 2\ /r2\ )$

En forma diferencial y reordenando los términos:

$dq_{1\_2} = I_1 Cos\ \theta 1\ Cos\ \theta 2\ dA1dA2/r2$

Como $I_1 = \sigma T \uparrow 4\ /\pi$

$dq_{1\_2} = \sigma T1 \uparrow 4\ /\pi\ \ Cos\ \theta 1\ Cos\ \theta 2\ dA1dA2/r2$



FLUJO ENTRE LOS DOS CUERPOS

Análogamente para la cantidad de energía que alcanza el cuerpo 1 saliendo del 2 podeos escribir:

$$dq_{2\_1} = \sigma T_2^4 / \pi \; Cos\ \theta_1 \; Cos\ \theta_2 \; dA_1 dA_2 / r^2$$

Y la cantidad neta de energía de radiación intercambiada entre ambos cuerpos es:

$$dq_{12} - dq_{21} = \sigma/\pi \, (T_1^4 - T_2^4) \cos\theta_1 \cos\theta_2 / r_{12}^2 \; dA_1 \, dA_2$$

Integrando sobre las parejas de Áreas A_1 y A_2 que se ven mutuamente:

$$q_{12} = \sigma/\pi \, (T_1^4 - T_2^4) \int \int \cos\theta_1 \cos\theta_2 / r_{12}^2 \; dA_1 \, dA_2$$

FACTORES DE VISIÓN

El resultado puede expresarse en términos de las áreas de los cuerpos y de los factores de visión F_{jk} $\quad j, k = 1,2$

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

El factor de visión F_{12} representa la fracción de radiación que sale de A_1 que es interceptada directamente por A_2.

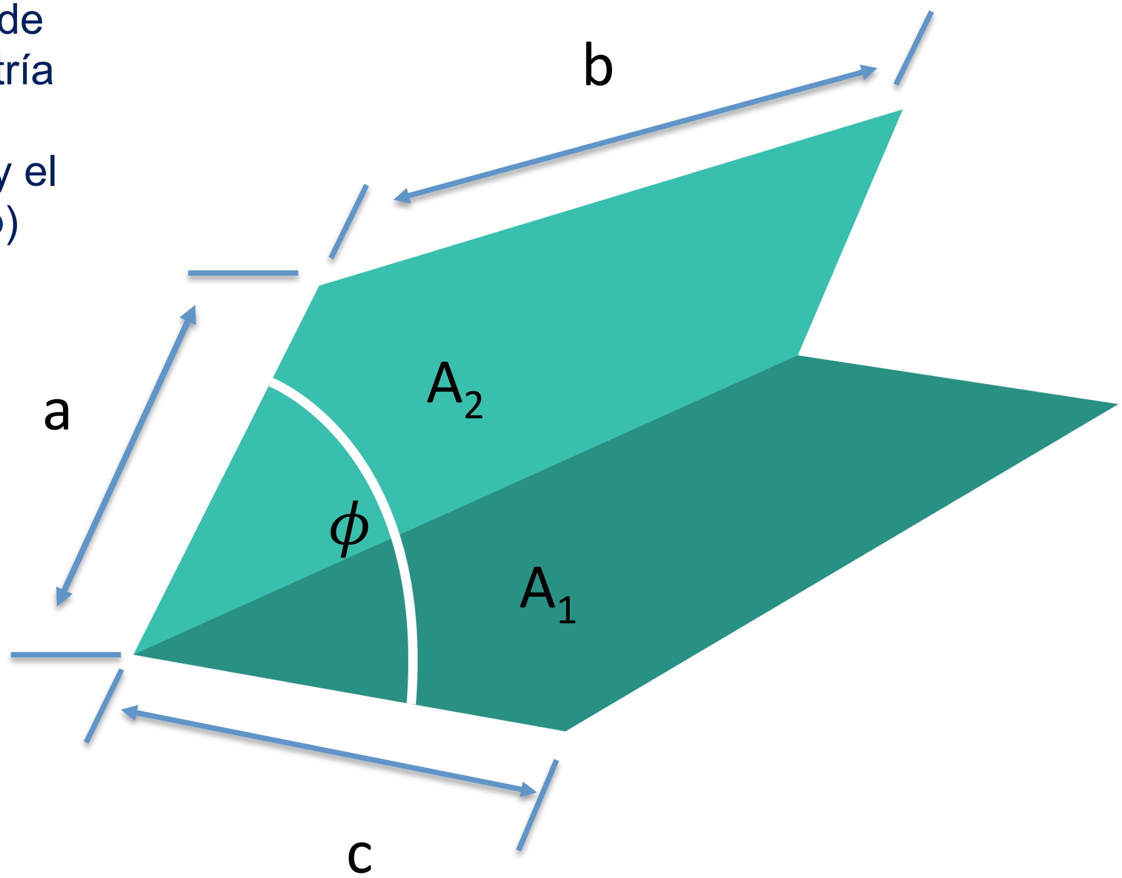
Puede calcularse de la integral en algunos casos simple u obtenerse de gráficas.

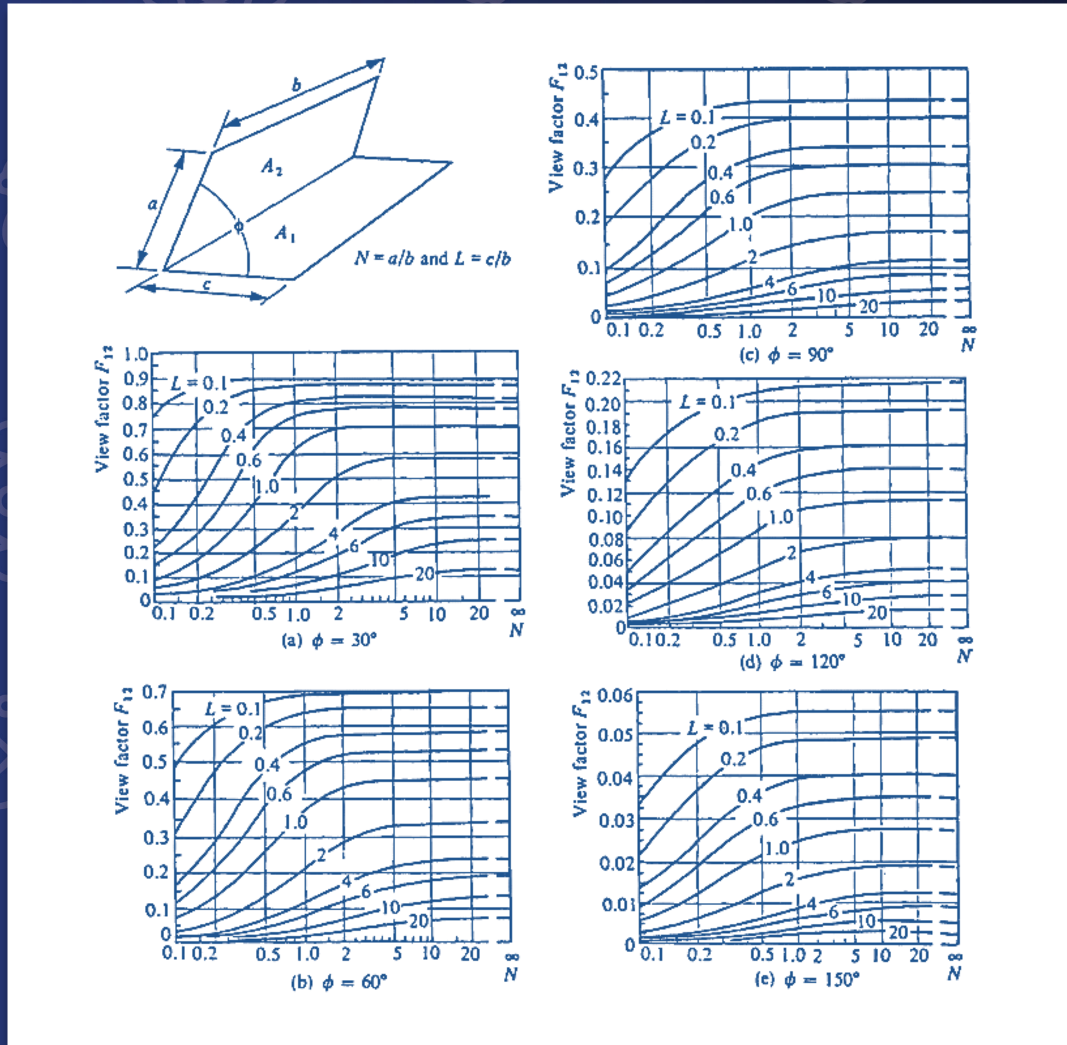
Más detalles: M. JAKOB, Heat Transfer, Wiley, Nueva York (1957). vol. II, capítulo 31.

CÁLCULO DEL FACTOR DE VISIÓN

Para calcular el factor de visión influye la geometría de los cuerpos (sus dimensiones N, L y el ángulo que forman φ)

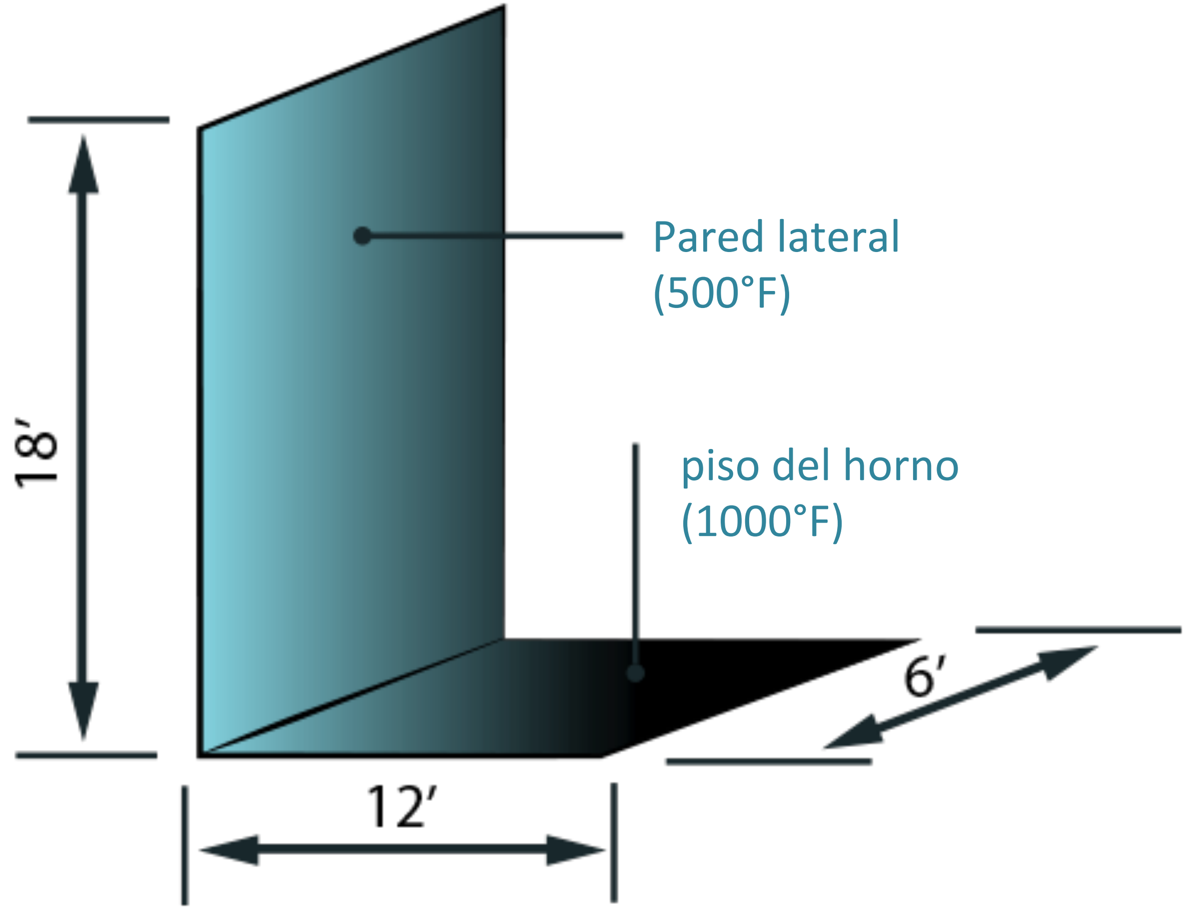
$N = a/b$ y $L = c/b$





Ejemplos de gráficas para diferentes valores de N, L y Φ

PROBLEMA



Calcular el flujo neto de calor por radiación que proveniente del piso de un horno a 1000 oF llega la pared que está 500 oF Las dimensiones y geometría del horno son las que se muestran en el dibujo adjunto.

SOLUCIÓN

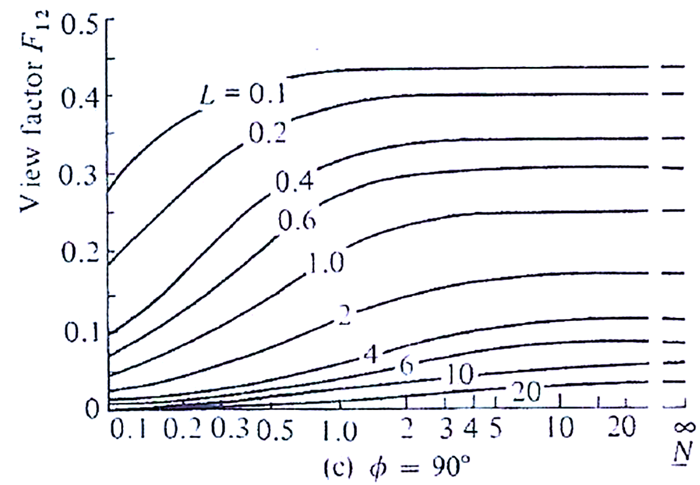
El problema se resuelve usando:

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

Pero necesitamos calcular F_{12}

Para eso usamos la gráfica siguiente,
con los parámetros:

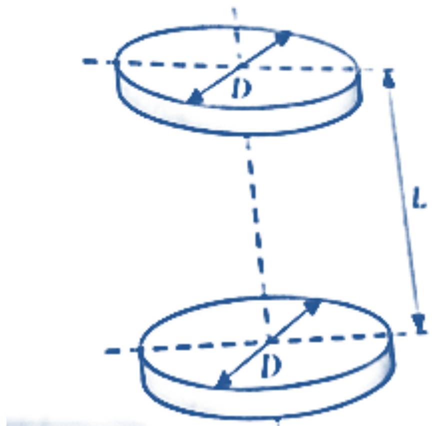
N = 18/ 6 = 3; L=12/6= 2 ; ϕ= 90



Sustituyendo los valores numéricos:

$$q_{1,net} = (72)(0.165)(0.171)[($$

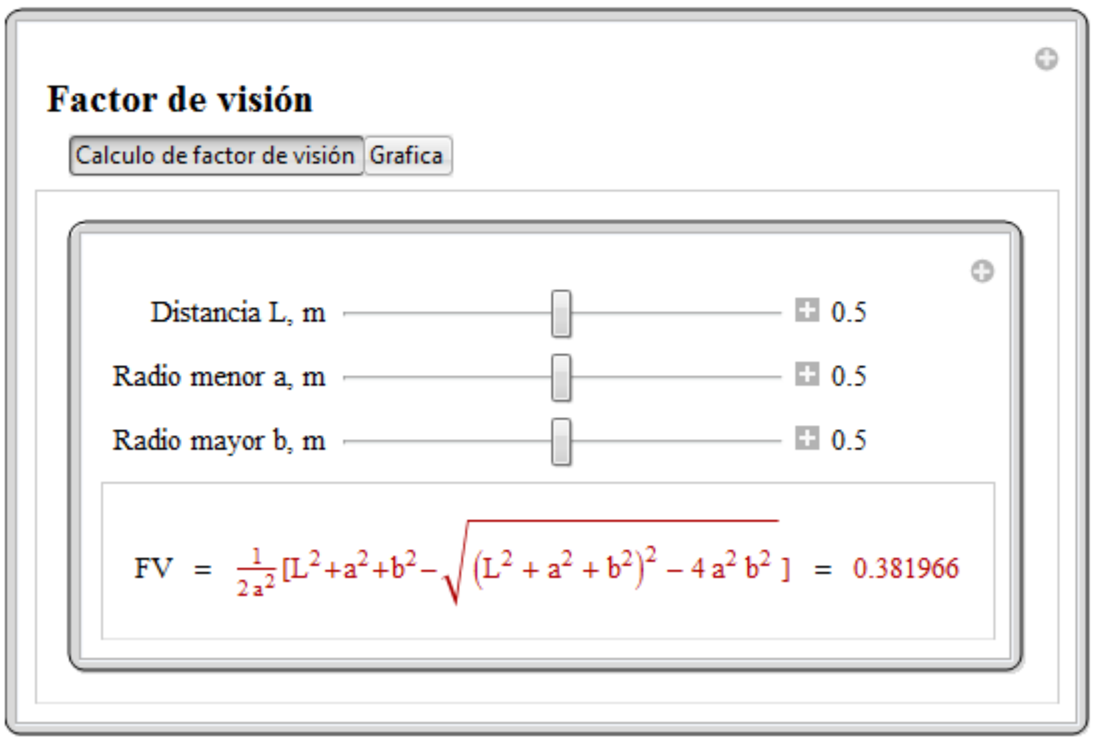
Dos discos del mismo diámetro (1 m) como los que se muestran en la figura. Se encuentran separados una distancia de 1.5 metros. Si ambos discos se comportan como cuerpos negros, calcula cuál debe ser la nueva distancia entre los discos de manera que haya una reducción del 50 % en el calor transferido.

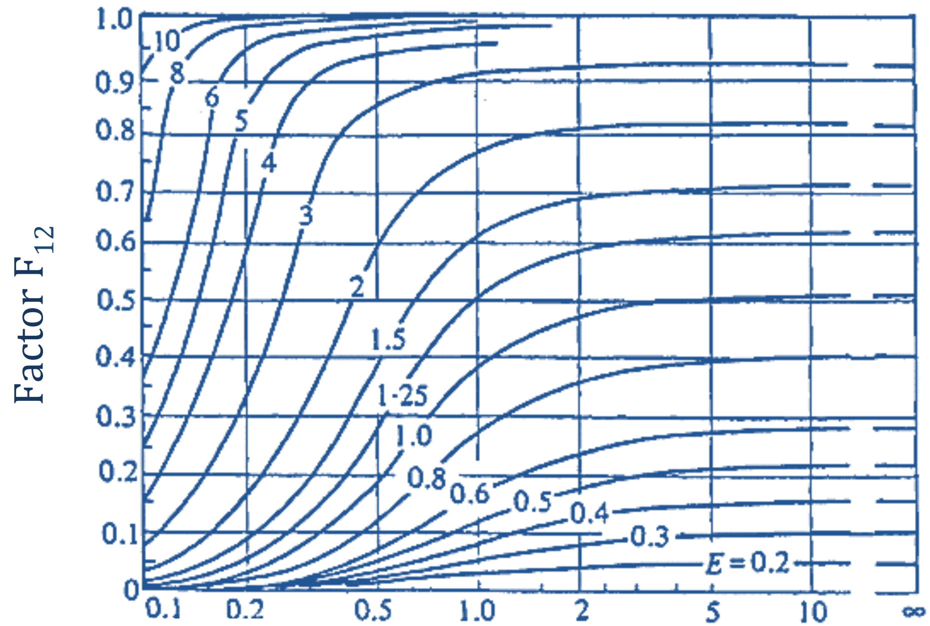


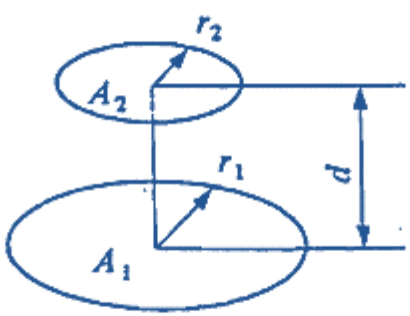
EJERCICIO

SIMULADOR

$$1/2a2\ \ [L2+a2+b2-\surd(L2+a2+b2)2-4a2b2\ ]$$



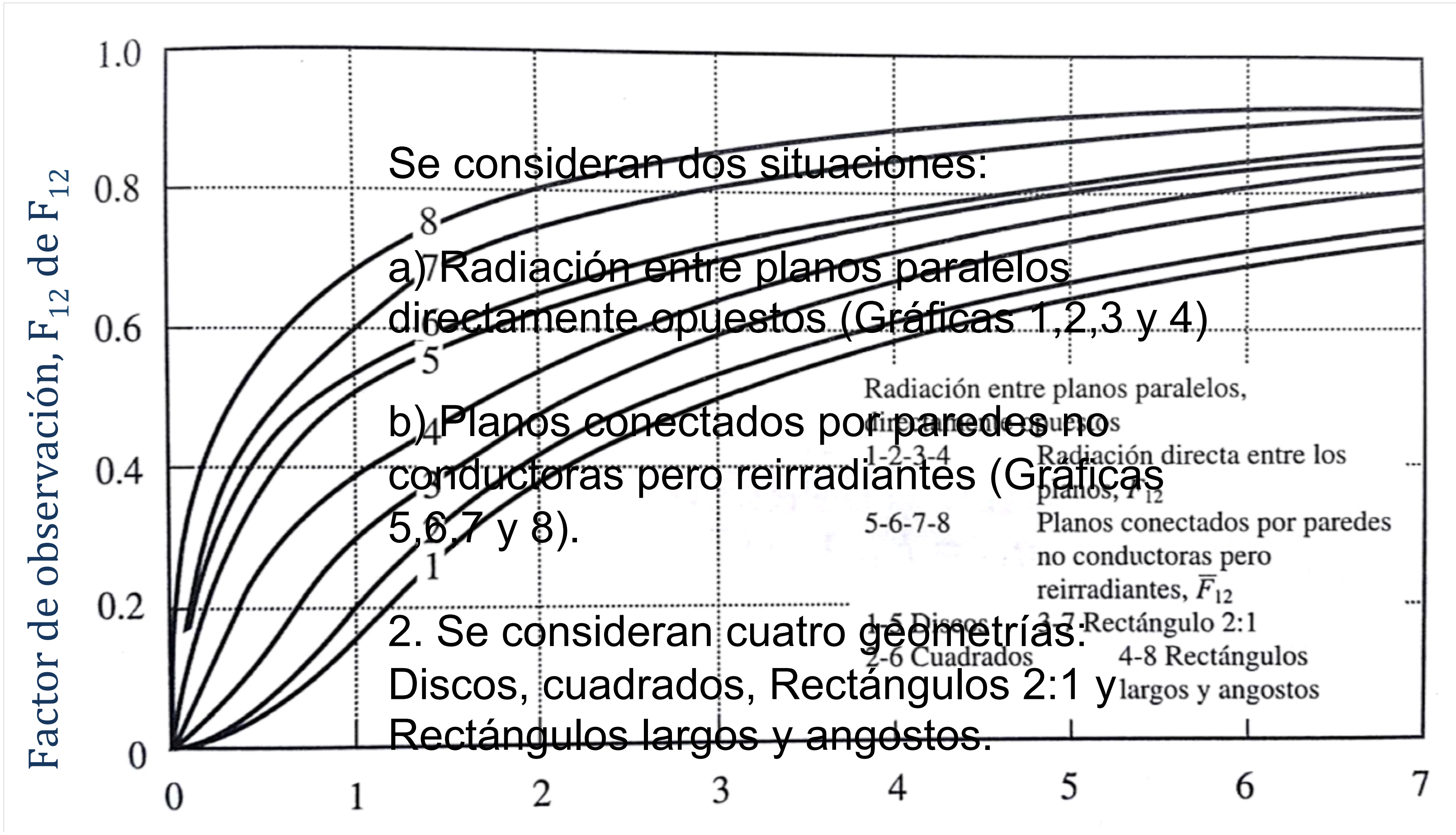




$E=r_2/d$ y $D=d/r_1$

FACTORES DE VISTA PARA PLANOS/DISCOS PARALELOS

CUERPOS PARALELOS



Se consideran dos situaciones:

a) Radiación entre planos paralelos directamente opuestos (Gráficas 1,2,3 y 4)

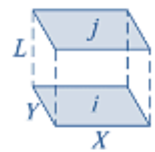
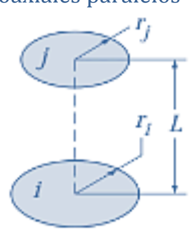
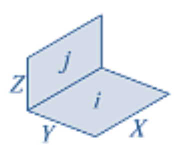
b) Planos conectados por paredes no conductoras pero reirradiantes (Gráficas 5,6,7 y 8).

2. Se consideran cuatro geometrías: Discos, cuadrados, Rectángulos 2:1 y Rectángulos largos y angostos.

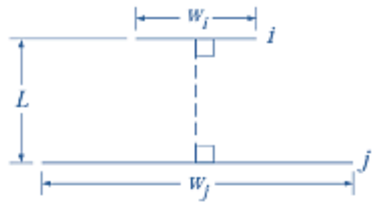
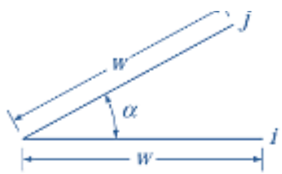
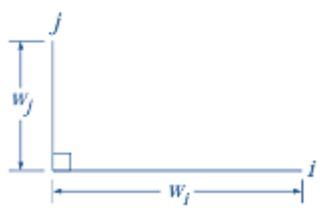
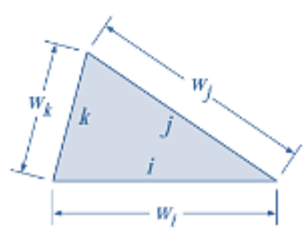
Factor de observación, F_{12} de F_{12}

Relación de *lado o diametro mas pequeño/distancia entre los planos*

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LOS FACTORES DE VISIÓN.

Geometría	Relación
Rectángulos paralelos alineados 	$\bar{X} = X/L$ and $\bar{Y} = Y/L$ $F_{i\to j} = \frac{2}{\pi \bar{X}\bar{Y}}\left\{\ln\left[\frac{(1+\bar{X}^2)(1+\bar{Y}^2)}{1+\bar{X}^2+\bar{Y}^2}\right]^{1/2} + \bar{X}(1+\bar{Y}^2)^{1/2}\tan^{-1}\frac{\bar{X}}{(1+\bar{Y}^2)^{1/2}} + \bar{Y}(1+\bar{X}^2)^{1/2}\tan^{-1}\frac{\bar{Y}}{(1+\bar{X}^2)^{1/2}} - \bar{X}\tan^{-1}\bar{X} - \bar{Y}\tan^{-1}\bar{Y}\right\}$
Discos coaxiales paralelos 	$R_i = r_i/L$ and $R_j = r_j/L$ $S = 1 + \frac{1+R_j^2}{R_i^2}$ $F_{i\to j} = \frac{1}{2}\left\{S - \left[S^2 - 4\left(\frac{r_j}{r_i}\right)^2\right]^{1/2}\right\}$
Rectángulos perpendiculares Con un lado en común 	$H = Z/X$ and $W = Y/X$ $F_{i\to j} = \frac{1}{\pi W}\left(W\tan^{-1}\frac{1}{W} + H\tan^{-1}\frac{1}{H} - (H^2+W^2)^{1/2}\tan^{-1}\frac{1}{(H^2+W^2)^{1/2}} + \frac{1}{4}\ln\left\{\frac{(1+W^2)(1+H^2)}{1+W^2+H^2} \times \left[\frac{W^2(1+W^2+H^2)}{(1+W^2)(W^2+H^2)}\right]^{W^2} \times \left[\frac{H^2(1+H^2+W^2)}{(1+H^2)(H^2+W^2)}\right]^{H^2}\right\}\right)$

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LOS FACTORES DE VISIÓN.

Geometría	Relación
Platos paralelos con líneas medias conectadas por una línea perpendicular 	$W_i = w_i/L$ and $W_j = w_j/L$ $F_{i\to j} = \frac{[(W_i + W_j)^2 + 4]^{1/2} - (W_j - W_i)^2 + 4]^{1/2}}{2W_i}$
Platos inclinados de igual grosor con un lado en común 	$F_{i\to j} = 1 - \sin\frac{1}{2}\alpha$
Platos perpendiculares con un lado en común 	$F_{i\to j} = \frac{1}{2}\left\{1 + \frac{w_j}{w_i} - \left[1 + \left(\frac{w_j}{w_i}\right)^2\right]^{1/2}\right\}$
espacio de tres lados 	$F_{i\to j} = \frac{w_i + w_j - w_k}{2w_i}$

Un recinto formado por N superficies, requiere el cálculo de N^2 factores de fricción.

Varias relaciones entre los factores de visión pueden utilizarse para simplificar la tarea:

1. Relación de Reciprocidad : $A_i F_{ij} = A_j F_{ji}$
2. Relación de suma: $\Sigma F_{ij} = 1$

Nota:

Se supone el recinto cerrado por superficies imaginarias con las características de las aberturas.

FACTORES DE VISTA PARA PLANOS/DISCOS PARALELOS

EJEMPLO

Una esfera de 6 In de diámetro a 80 F se coloca en un horno cúbico de 5 Ft de lado, a una temperatura de 560 F. Suponiéndolos a ambos como cuerpos negros, calcular el flujo neto de calor transferido del horno a la esfera.

Solución:

El flujo neto de calor del horno a la esfera vendrá dado por:

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

Como es complicado calcular F_{12} (el factor de visión del horno a la esfera) podemos aprovechar que sabemos que $F_{21} = 1$, pues toda la energía radiada por la esfera es recibida por el horno y usar la relación de reciprocidad para calcularlo: $A_1 F_{12} = A_2 F_{21}$

Despejando y sustituyendo:

$$F_{12} = A_2 / A_1 \ F_{2-1}$$

$$= 4\pi(3/12)^2 / 6[5\times5]$$

$$(1) = 5.24\times10^{-3}$$

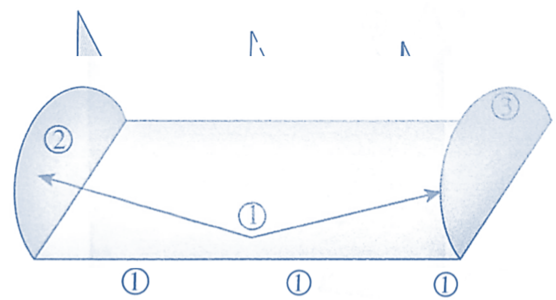
$$q_{12} = A_1 F_{12}\, o\, (T_1^4 - T_2^4)$$

$$= 6[5\times5]$$

$$\times 5.24\times10^{-3}\times0.1714\times10^{-8}((1020)^4$$

3. Superposición: El factor de visión desde una superficie i sobre la superficie j es igual a la suma de factor de visión de la superficie i sobre las partes de la superficie j

4. Simetría: dos o más superficies que poseen simetría con respecto a una tercera superficie, tendrán idéntico factor de visión con respecto a esa superficie.



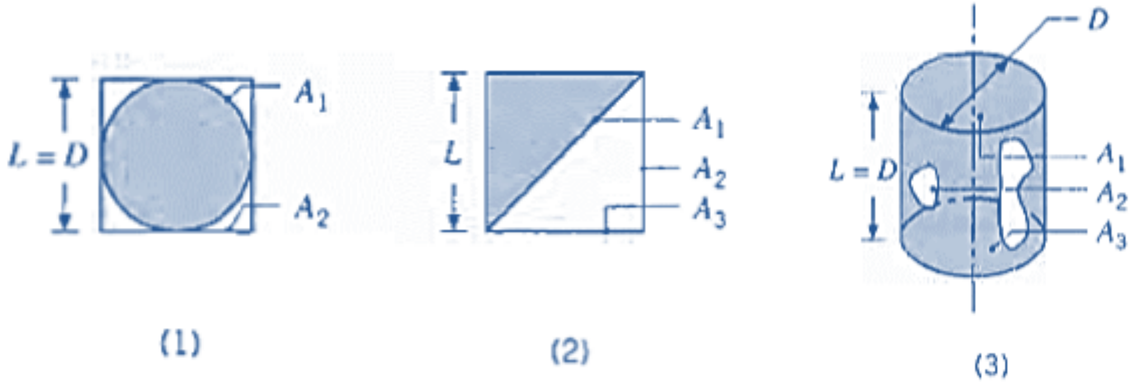
$$F_{1\to 2} = F_{1\to 3}$$

$$F_{1\to(2,3)} = F_{1\to 2} + F_{1\to 3}$$

(Así que, $F_{2\to 1} = F_{3\to 1}$)

RELACIONES ENTRE LOS FACTORES DE VISIÓN. SUPERPOSICIÓN Y SIMETRÍA

EJEMPLO



1. El diámetro de una esfera D dentro de la longitud de una caja L=D
2. Un lado de la partición diagonal en un lado conducto del cuadrado largo
3. Lado de un tubo circular de misma longitud y diámetro

SOLUCIÓN

Análisis: El factor de vistas desasado puede obtenerse con inspección, la regla de la reciprocidad, la regla de la suma y /o el uso de cuadros

1. Esfera en un cubo:

Inspección $F_{12}=1$

Por reciprocidad $F_{12}= A1/A2$ $F_{12} = \pi D2/6L2 \times 1=\pi/6$

2. Particion de un ducto cuadrado

Por regla de adición, $F_{11}+F_{12}+F13=1$
Donde $F_{11}=0$
por simetría $F_{12}=F_{13}$

Por lo tanto $F_{21}= A1/A2$ $F_{12} =\sqrt{2}L/L \times 0.5$ $=0.71$

3. Tubo circular:
Por regla de adición $F_{11}+F_{12}+F_{13}=1$

O, con $F_{11}= 0, F_{12}=1-F_{13}=0.828$

Por reciprocidad $F_{12}= A1/A2$ $F_{12} = \pi D2/6L2 \times 0.828=0.207$

REFERENCIAS

Además del Bird, Incropera y Kreith:

M. JAKOB, Heat Transfer, Wiley, Nueva York (1957). vol. II, capítulo 31.
Geiger-Poirier, Transport Phenomena in Metallurgy.
Çengel Y, Cimbala J &Turner R. «thermal fluid sciences» capítulo 21.
http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node136.html