

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

1. ARIKETA	MAIATZA_20_2014	75 min
------------	-----------------	--------

Kotxe bat errepide batetik doa, inguruko tenperatura $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ den egun batean, kotxe barruko tenperatura $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ - tan mantentzen delarik. Suposatzen da kotxeak beroa kristaletatik soilik galtzen duela, 2 m^2 - ko azalera dutela, 8 mm - tako lodiera eta $0.78\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ - tako eroankortasun termikoa. Kanpo konbektzio koefizienteak $22\text{ W/m}^2\text{K}$ eta barne konbektzio koefizienteak $8\text{ W/m}^2\text{K}$ baloreak dituzte hurrenez hurren. Kalkulatu:

- 1) Zirkuitu termoelektriko baliokidea definitu. (1PTO)
- 2) Kalefakzio bidez eman behar den beroa egonkortasun egoera mantentzeko $[\text{W}]$ - tan. (1PTO)
- 3) Kristalak kotxe barruan duen tenperatura.(1PTO)

Ingurunearen baldintzak direla eta, barrukaldetik kristala lausotu egiten dela nabaritzen da. Hau dela eta, kristal bereziak jartzea erabakitzen da. Kristal hauek, barrukaldetik erresistentzia elektriko bat dute, 25000 W/m^3 - tako fluxu bolumetrikoa ekoizten dutenak. X ardatzaren norantza positiboa, kotxearen barrualdetik kanpokaldera hartuz, kalkulatu:

- 4) Kristalaren zehar neurtzen den eroapen bidezko ekuazio diferentziala planteatu. (0.5 PTO)
- 5) Ekuazio diferentziala ebatzi, tenperatura banaketa lortuz.(1.5 PTO)
- 6) Kotxearen barrukaldeko kristalaren tenperatura berria lortu. (1PTO)
- 7) Kristalaren aldaketaren ostean kalkulatutako zeintzuk diren bero galerak, erradiazioaren efektua mespretxatuz $[\text{W}]$ - tan. (1PTO)

Suposatuz, eman beharreko potentzia 550 W - takoa dela eta erradiadore bat den, sendoera mespretxagarria duen, 2 m - tako luzera duen eta 0.5 cm - tako diametroa duen hodi metaliko leun batekin egiten dela. Hodiaren barrutik, hozgarri bat pasa arazten da 2 m/s - tako abiaduran doana eta $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ - tan sartzen dena. Kalkulatu:

- 8) Hozgarriaren tenperatura hodiaren irteeran. (1.5PTO)
Datuak: $c_p = 860\text{ J/kgK}$, $\rho = 1150\text{ kg/m}^3$
- 9) Tenperatura diferentzia logaritmikoa. (0.75PTO)
- 10) Zein da bero transferentziarako koefiziente globala, hozgarriaren eta $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ - tan mantentzen den ingurunearen artean?(0.75PTO)

Oharra: Ariketa hau ebazteko ez da beharrezkoa bestelako informazioa erabiltzea.

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

2. ARIKETA	MAIATZA_20_2014	60 min.
------------	-----------------	---------

Labe batean, 40x25 [cm]- tako bizkotxoak egosten dira 10- eko multzoetan. Labetik irtetzean, bizkotxoaren azaleran neurtzen den tenperatura 180[°C]- takoa da eta tunel batean sartzen dira, non, haizagailu batzuekin, hozketa prozesu bat jasaten duten ekoizpen prozesua arintzeko, irudiak agertzen duen bezela:



Haizagailuek airea 20 [°C]- tan eta 5[m/s]- tako abiadurarekin botatzen dute bizkotxo multzoaren azalerara. Hozketa tunelaren paretak 35 [°C]- tan aurkitzen dira.

***Oharra:** Kalkuluak egiterako orduan kontsideratu **bero transferentziarako azalera efektibo bezela**, bizkotxo multzoaren **goi gainazala**.

Bizkotxo multzoarendako kalkulatu:

- 1) Batazbesteko konbekzio koefizientea. (3.25PTO)
- 2) Konbekzio bidezko bero transferentziaren abiadura. (0.5PTO)
- 3) Bizkotxoaren gainazalaren emisibitatea 0.8- koa bada, erradiazio bidezko bero transferentziaren abiadura.(2PTO)
- 4) Bero transferentzia abiadura totala. (0.5PTO)

Lehenengo hozketa prozesua bukatu ostean, hau da, bizkotxoaren gainazaleko tenperaturak 85 [°C] hartzen dituenean, multzoa, hozketa tuneletik atera eta gozogintza lantegian hozten uzten da modu naturalean, bertako inguruneko tenperatura 38 [°C]- tako delarik. Deskribatutako bigarren hozketa prozesurako kalkulatu:

- 5) Batazbesteko konbekzio koefizientea.(3.25PTO)
- 6) Konbekzio bidezko bero transferentziaren abiadura.(0.5PTO)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

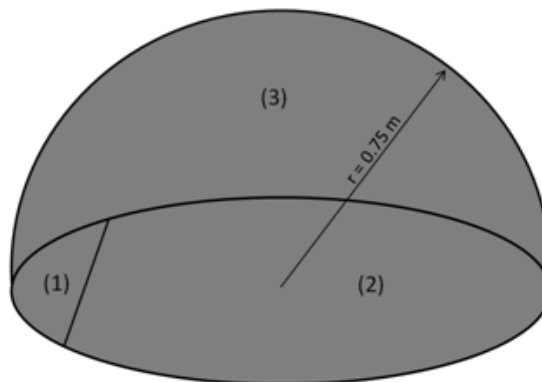
3. ARIKETA	MAIATZA_20_2014	60 min.
------------	-----------------	---------

Pizzak ekoizteko labe tradizional bat kontsideratu, 1.5 [m]- tako diametroa duen esferaerdi bat bezela modelatzen dena. Labearen kupulak beroa galtzen du, 25[°C]- tan dagoen inguru batera. Labea inguratzen dituzten paretak, 20[°C]- tan daude. Kupularen eta inguratzen duen airearen arteko konbekzio koefizientearen balioa 15 [W/m²°C]- takoa da eta bere emisibitatea 0.9- koa. Kupularen kanpo gainazalen tenperatura 45 [°C]- takoa bada. Kalkulatu:

- 1) Konbekzio bidezko galerak. (0.5PTO)
- 2) Erradiazio bidezko galerak. (0.5PTO)
- 3) Galera totalak. (0.5PTO)

* **Oharra:** Lortutako emaitza edozein dela eta, kontsideratu hurrengo atalak ebazteko galeren balioa 1600 [W]- koa dela (labetik ingurura).

Bestetik, labearen barrukaldea, hiru azaleraz osatutako itxitura bat bezela modelatzen da, irudiak agertzen duen bezela. Labearen oinarriaren azaleraren 1/10-k, sua jartzeko erabiltzen dira eta 9/10-k, pizzak jartzeko.



Hurrengo datuak ezagunak dira:

- Sua jartzeko erabiltzen dugun azalerak (1), 1173 [K]- tako tenperaturan dago eta gorputz beltz baten portamoldea du.
- Pizzak jartzeko erabiltzen dugun azalerak (2), azalera gris baten portamoldea dauka , emisibitatea 0.1 delarik eta 200[°C]- tako tenperaturan dago.
- Kupula (3), adreiluz egina dago eta azalera gris baten portamoldea dauka, bere emisibitatea 0.95- koa delarik.

Kalkulatu:

- 4) Ikuspen faktore guztiak.(3PTO)
- 5) Hiru azalaren erradiositateak. (1.5PTO)
- 6) Kupularen barne tenperatura.(2PTO)
- 7) (2) azalaren neurtzen den bero transferentzia netoa.(2PTO)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

EJERCICIO 1	20 MAYO 2014	75 min.
-------------	--------------	---------

Un coche circula por la carretera un día en el que la temperatura exterior es de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se mantiene la temperatura interior a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se supone que el coche solamente pierde calor por los cristales que tienen una superficie total de 2 m^2 , un espesor de 8 mm y una conductividad térmica de $0.78\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. Si se toma como coeficiente de convección exterior $22\text{ W/m}^2\text{K}$ y el coeficiente de convección interior de $8\text{ W/m}^2\text{K}$, se pide:

- 1) Definir el circuito térmico equivalente. (1 PTO)
- 2) Obtener el calor que es necesario aportar mediante la calefacción. (1 PTO)
- 3) Obtener la temperatura interior del cristal. (1 PTO)

Se observa que debido a las condiciones interiores el cristal se empaña por la parte interior y se plantea utilizar cristales especiales. Estos cristales tienen en su interior una resistencia eléctrica que producen un flujo volumétrico de calor de 25000 W/m^3 , se pide tomando como dirección positiva del eje x de dentro a fuera del vehículo.

- 4) Plantear la ecuación diferencial que gobierna la conducción a través del vidrio. (0.5 PTOS)
- 5) Resolver la ecuación diferencial y obtener el campo de temperaturas. (1.5 PTOS)
- 6) Obtener la nueva temperatura interior del cristal en este caso. (1 PTO)
- 7) Calcular las pérdidas de calor tras el cambio de cristales despreciando el efecto de la radiación en W/m^2 (1 PTO)

Si suponemos que la potencia a aportar es de 550 W y que esta se hace mediante un radiador que es un tubo metálico liso de 2 m de longitud y 0.5 cm de diámetro y espesor despreciable por el que circula agua caliente un refrigerante a una velocidad de 2 m/s que entra a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, determinar:

- 8) T del refrigerante en la salida del tubo. (1.5 PTOS)
Datos: $c_p = 860\text{ J/kgK}$, $\rho = 1150\text{ kg/m}^3$
- 9) T media logaritmica (0.75 PTOS)
- 10) Cual es el coeficiente de transferencia de calor global entre el tubo y el ambiente que permanece a temperatura constante de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. (0.75 PTOS)

NOTA: No se puede utilizar ningún tipo de documentación adicional.

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

EJERCICIO 2	20 MAYO 2014	60 min.
-------------	--------------	---------

En un horno se elaboran bizcochos cuyas dimensiones son 40x25 [cm] en series de 10. Cuando salen del horno su temperatura superficial es de 180 [°C] y se introducen en un túnel donde se someten a un enfriamiento inicial para agilizar el proceso de fabricación mediante ventiladores según el siguiente esquema:



Los ventiladores expulsan aire a una temperatura de 20 [°C] sobre la superficie de la serie de bizcochos a una velocidad de 5 [m/s]. Las paredes del túnel de enfriamiento (alrededores) se encuentran a una temperatura de 35 [°C].

*** Nota:** Para realizar los cálculos considerar como área de transferencia de calor efectiva **sólo la superficie superior** de la serie de bizcochos.

Calcular para la toda la serie de 10 bizcochos:

- 1) Coeficiente de convección entre los bizcochos y el aire. (3.25 PTOS)
- 2) Velocidad de transferencia de calor por convección. (0.5 PTOS)
- 3) Si la emisividad de la superficie de la serie de bizcochos tiene un valor de 0.8, velocidad de transferencia de calor por radiación. (2 PTOS)
- 4) Velocidad de transferencia de calor total. (0.5 PTOS)

Una vez terminado el primer proceso de enfriamiento, cuando la temperatura superficial de los bizcochos alcanza aproximadamente 85 [°C], la serie de bizcochos se saca del túnel y se deja enfriar con aire ambiente a 38[°C] de forma natural. Calcular para para la serie de bizcochos en esta segunda situación::

- 5) Coeficiente de convección entre los bizcochos y el aire. (3.25 PTOS)
- 6) Velocidad de transferencia de calor por convección. (0.5 PTOS)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER


Airearen propietateak/Propiedades del aire/Air properties (P=Patm)

$T [^{\circ}\text{C}]$	ρ [kg/m ³]	c_p [J/kg · K]	k [W/m · K]	α [m ² /s]	μ [kg/m · s]	ν [m ² /s]	Pr[-]
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073

Konbekzio behartua, xafla lauaren gainean/Convección forzada, sobre placa plana/Forced convection over flat plate

	<u>Korrelazioak/ Correlaciones/ Correlations</u>
<u>Fluxu laminarra/</u> <u>Flujo laminar/</u> <u>Laminar flow</u>	$Nu = \frac{hL}{k} = 0.664 Re_L^{0.5} Pr^{1/3}; Re_L < 5 \cdot 10^5$
<u>Fluxu turbulentua/</u> <u>Flujo turbulento/</u> <u>Turbulent flow</u>	$Nu = \frac{hL}{k} = 0.037 Re_L^{0.8} Pr^{1/3}; 0.6 \leq Pr \leq 60; 5 \cdot 10^5 \leq Re_L \leq 10^7$
<u>Fluxu mistoa/</u> <u>Flujo mixto/</u> <u>Mixed flow</u>	$Nu = \frac{hL}{k} = (0.037 Re_L^{0.8} - 871) Pr^{1/3}; 0.6 \leq Pr \leq 60; 5 \cdot 10^5 \leq Re_L \leq 10^7$

Konbekzio naturala/Convección natural/Natural convection

Geometria (Goiko gainazala)/ Geometría (Superficie superior)/ Geometry (Upper surface)	Luzera karakteriskoa/ Longitud característica/ Characteristic long	Rayleigh	<u>Korrelazioak/</u> <u>Correlaciones/</u> <u>Correlations</u>
	A_s/p As: Azalera/Área/area p: perimetroa/ perímetro/ perimeter	$10^4 - 10^7$ $10^7 - 10^{11}$	$Nu = 0.54 Ra_L^{1/4}$ $Nu = 0.54 Ra_L^{1/3}$

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

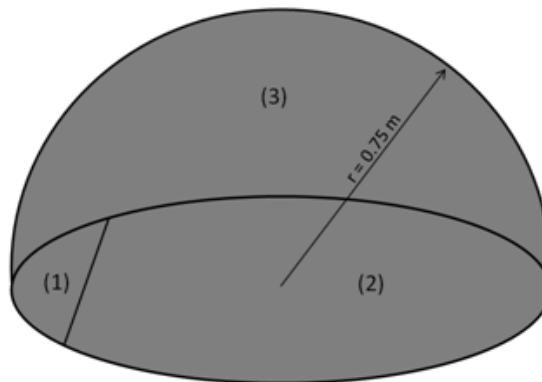
EJERCICIO 3	20 MAYO 2014	60min.
-------------	--------------	--------

Se considera un horno de pizza tradicional que se modela como una semiesfera de 1.5 [m] de diámetro. La cúpula de dicho horno pierde calor hacia un local cuya temperatura ambiental es de 25 [°C] y la temperatura de los alrededores de 20 [°C]. Se tiene que el coeficiente de convección entre el aire del local y la cúpula es de 15 [W/m²°C] y su emisividad es de 0.9. Si la temperatura superficial exterior de la cúpula es de 45 [°C]. Calcular:

- 1) Pérdidas de calor por convección. (0.5 PTOS)
- 2) Pérdidas de calor por radiación (0.5 PTOS)
- 3) Pérdidas de calor total (0.5 PTOS)

***Nota:** Independientemente del resultado obtenido, considerar que el valor es de 1600W (saliente del horno al ambiente) para el resto de apartados.

Por otro lado, el interior del horno se modela como un recinto cerrado compuesto por tres superficies tal como aparece en la figura adjunta, donde 1/10 partes de la base se destina a colocar el fuego y las 9/10 partes restantes a colocar las pizzas.



Se tienen los siguientes datos:

- La zona destinada al fuego (1) tiene una temperatura de 1173 [K] y se comporta como un cuerpo negro.
- La zona destinada a las pizzas (2) se considera una superficie gris de emisividad de 0.1 y temperatura 200 [°C].
- La cúpula (3) está hecha de ladrillo refractario que se modela como una superficie gris de emisividad 0.95.

Se pide determinar:

- 4) Los factores de forma de todas las superficies respecto al resto de superficies (3 PTOS)
- 5) Las radiosidades de las tres superficies (1.5 PTOS)
- 6) La temperatura interior de la cúpula del horno (3). (2 PTOS)
- 7) El calor transferido a la superficie (2) (2 PTOS)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

Esferaren gainazalaren azalera/Área superficial de una esfera/Sphere surface area:

$$4\pi r^2$$

Metodo zuzenaren bidez erradiazio problemak ebazteko ekuazioak/ Ecuaciones según el método directo de resolución de problemas de radiación/ Direct method equations for solving radiation problems:

$$\dot{Q}_i = A_i \sum_{j=1}^N F_{i \rightarrow j} (J_i - J_j)$$

$$\sigma T_i^4 = J_i + \frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_i} \sum_{j=1}^N F_{i \rightarrow j} (J_i - J_j)$$

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

1st EXERCISE	20th MAY 2014	75 minutes
---------------------	----------------------	-------------------

A car is moving through a highway one day when the outdoor temperature is $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the indoor temperature is maintained at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. It is assumed that heat is only lost through the glasses which have an overall surface of 2 m^2 , a thickness of 8 mm and a thermal conductivity of $0.78\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. If an outdoor convection coefficient of $22\text{ W/m}^2\text{K}$ and an indoor convection coefficient of $8\text{ W/m}^2\text{K}$ are considered. Answer the following:

- 1) Set up the equivalent thermal circuit. (1 PTO)
- 2) Calculate the heat transfer rate that is necessary to be supplied by the heating system in $[\text{W}]$. (1 PTO)
- 3) Calculate the inner surface temperature of the glasses. (1 PTO)

It is observed that due to the inner conditions the glass suffers of condensation in the indoor, and the possibility of using special glasses is considered. Those glasses have within them a electric resistance that provides a volumetric heat generation of 25000 W/m^3 . Considering as positive x axis the direction from the inside to the outside of the car, answer the following:

- 4) Set up the differential equation that governs the heat conduction through the glass. (0.5 PTOS)
- 5) Solve the differential equation and determine the temperature field. (1.5 PTOS)
- 6) Determine the inner surface temperature of the glasses in this case. (1 PTO)
- 7) Determine the heat losses, neglecting the effect of the radiation in $[\text{W}]$ (1 PTO)

Assuming that the heat to be added by the heating system is 550 W and this is made by a radiator consisting of a smooth metal pipe of 2 m length and 0.5 cm of diameter. Neglecting the thickness of the pipe and considering that a fluid flows through it entering the pipe at 2 m/s and $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, determine:

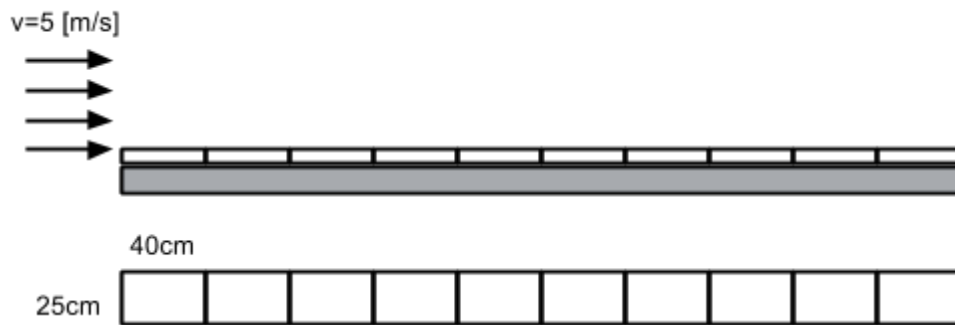
- 8) Fluid temperature at the outlet of the pipe. (1.5 PTOS) {Data: $c_p = 860\text{ J/kgK}$, $\rho = 1150\text{ kg/m}^3$ }
- 9) Logarithmic mean temperature difference (0.75 PTOS)
- 10) Determine the overall heat transfer coefficient between the fluid and the ambient which remains constant at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. (0.75 PTOS)

NOTE: No additional documentation is allowed

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

2nd EXERCISE	20th MAY 2014	60 minutes
--------------	---------------	------------

The production of cakes is carried out in an oven. Each cake has a dimension which is 40 x 25 [cm] and is produced in series of 10. When they exit from the oven their surface temperature is 180 [°C] and are cooling down in a tunnel as presented in next scheme:



A mechanic system blows air at a temperature of 20 [°C] through the surface of the series of cakes at a velocity of 5 [m/s]. The tunnel surfaces [surroundings] are at 35 [°C].

* **Note:** For the calculation consider that the heat transfer takes place only through the upper surface of the serial of 10 cakes.

Calculate for the whole serial of 10 cakes:

- 1) Convective heat transfer between the cakes and the air (3.25 PTOS)
- 2) Heat transfer rate by convection (0.5 PTOS)
- 3) If the emissivity of the surface of the cakes is 0.8, the radiative heat transfer from the surface of the cakes. (2 PTOS)
- 4) Overall heat transfer rate. (0.5 PTOS)

Once the first cooling down process is finished when the temperature of the cakes reach 85 [°C], the serial of cakes is removed from the tunnel and is let to continue cooling down by natural convection with the ambient air at 38 [°C]. Calculate for this new situation and the whole serial of 10 cakes:

- 5) Convective heat transfer between the cakes and the air. (3.25 PTOS)
- 6) Heat transfer rate by convection.. (0.5 PTOS)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER


Airearen propietateak/Propiedades del aire/Air properties (P=Patm)

$T [^{\circ}\text{C}]$	ρ [kg/m ³]	c_p [J/kg · K]	k [W/m · K]	α [m ² /s]	μ [kg/m · s]	ν [m ² /s]	Pr[-]
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073

Konbekzio behartua, xafla lauaren gainean/Convección forzada, sobre placa plana/Forced convection over flat plate

	<u>Korrelazioak/ Correlaciones/ Correlations</u>
<u>Fluxu laminarra/</u> <u>Flujo laminar/</u> <u>Laminar flow</u>	$Nu = \frac{hL}{k} = 0.664 Re_L^{0.5} Pr^{1/3}; Re_L < 5 \cdot 10^5$
<u>Fluxu turbulentua/</u> <u>Flujo turbulento/</u> <u>Turbulent flow</u>	$Nu = \frac{hL}{k} = 0.037 Re_L^{0.8} Pr^{1/3}; 0.6 \leq Pr \leq 60; 5 \cdot 10^5 \leq Re_L \leq 10^7$
<u>Fluxu mistoa/</u> <u>Flujo mixto/</u> <u>Mixed flow</u>	$Nu = \frac{hL}{k} = (0.037 Re_L^{0.8} - 871) Pr^{1/3}; 0.6 \leq Pr \leq 60; 5 \cdot 10^5 \leq Re_L \leq 10^7$

Konbekzio naturala/Convección natural/Natural convection

Geometria (Goiko gainazala)/ Geometría (Superficie superior)/ Geometry (Upper surface)	Luzera karakteriskoa/ Longitud característica/ Characteristic long	Rayleigh	<u>Korrelazioak/</u> <u>Correlaciones/</u> <u>Correlations</u>
	A_s/p <p>As: Azalera/Área/area p: perimetroa/ perímetro/ perimeter</p>	$10^4 - 10^7$ $10^7 - 10^{11}$	$Nu = 0.54 Ra_L^{1/4}$ $Nu = 0.54 Ra_L^{1/3}$

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

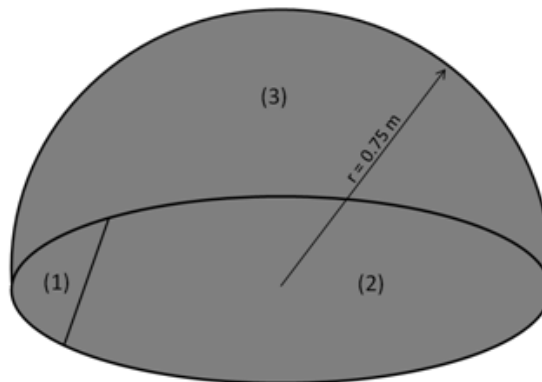
3th EXERCISE	27th MAY 2013	60 min
--------------	---------------	--------

A pizza traditional oven is considered that is modelled as a semi-sphere with a diameter of 1.5 [m]. The cupola of the oven losses heat through the room where the oven is placed which has an ambient temperature of 25 [°C] and the temperature of the surrounding walls is at 20 [°C]. The convection coefficient between the outer surface of the cupola and the ambient air is 15 [W/m²°C] and the emissivity of the cupola outer surface is 0.9. If the outer surface temperature is 45 [°C]. Calculate:

- 1) Heat losses through convection. (0.5 PTOS)
- 2) Heat losses by convection (0.5 PTOS)
- 3) Overall heat losses (0.5 PTOS)

***Nota:** Nevertheless the obtained result, consider that the overall heat losses are 1600W (exiting from the oven to the room) for the following section.

On the other hand, the indoor of the oven is modeled as a close enclosure consisting of three surfaces as depicted in the attached figure, where 1/10th part of the base corresponds to the fire place (1) and the 9/10th part to the pizza place (2)..



The following data is given::

- The fire place (1) has a temperature of 1173 [K] and behaves as a black body..
- The pizza place (2) is considered as a grey surface with an emissivity of 0.1 and a surface temperature of 200 [°C].
- The cupola (3) is made of brick which is a grey surface with an emissivity of 0.95.

Determine the following:

- 4) The view factors of the three surfaces in relation with the others (3 PTOS)
- 5) The radiosities of the three surfaces (1.5 PTOS)
- 6) The inner surface temperature of the cupola (3). (2 PTOS)
- 7) The heat transfer rate to the pizza place (2) (2 PTOS)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

Esferaren gainazalaren azalera/Área superficial de una esfera/Sphere surface area:

$$4\pi r^2$$

Metodo zuzenaren bidez erradiazio problemak ebazteko ekuazioak/ Ecuaciones según el método directo de resolución de problemas de radiación/ Direct method equations for solving radiation problems:

$$\dot{Q}_i = A_i \sum_{j=1}^N F_{i \rightarrow j} (J_i - J_j)$$

$$\sigma T_i^4 = J_i + \frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_i} \sum_{j=1}^N F_{i \rightarrow j} (J_i - J_j)$$

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

1. ARIKETA	UZTAILA_4_2014	75 min
------------	----------------	--------

Kebab- ak saltzen diren postu batean, haragi zilindroaren erreketak prozesua kontrolatzea nahi dute negozioari errendimendu haundiagoa atera nahian. Haragi zilindroak, 15 [cm]- tako diametroa eta 45 [cm]- altuera dauka eta bertikalki kokatuta erretzen da mantso- mantso labe batean, plater birakor baten gainean.

Haragiaren propietateak, eroankortasun termikoa $k = 0.467$ [W/mK], bero espezifiko $c_p = 3140$ [J/Kg°C], dentsitatea $\rho = 1070$ [Kg/m³] eta difusibitate termikoaren balioa $\alpha = 0.14 \cdot 10^{-6}$ [m²/s] dira hurrenez- hurren.

Labearen inguruko tenperatura 190 [°C]- takoa da eta konbekzio naturalaren koefizientea 5 [W/m²°C]- takoa.

Haragia hozgailutik ateratzen dutenean, haragi pieza osoa 4 [°C]- tan dago. Haragia modu aproposan sukaldatu dadin, lortu beharreko gutxieneko tenperatura 80 [°C]- takoa da. Kalkulatu:

- 1) Zenbat denbora igaro den (segundutan), azalerak 80 [°C]- tako tenperatura lortzen duenean. (2.5 PTO)
- 2) Zein izango da zentroko tenperatura une horretan. (1 PTO)

Prozesuaren kostua murriztu nahian, erreketak, giroko tenperaturan, hau da 14 [°C]- tan hastea erabakitzen dute. Kalkulatu:

- 3) Zenbat denbora aurreztuko zuten lehenengo kasuarekin konparatuz? (1 PTO)
- 4) Zenbat energia aurreztuko zen lehenengo kasuarekin konparatuz? (2.5 PTO)

Suposatuz, egoera egonkor bat kontsideratzen dela non, azalerako tenperatura 80 [°C] den eta $r = 6$ [cm]- tan 73 [°C]- koa. Kalkulatu:

- 5) Haragiak bero transferentzia abiadurari eragiten dion erresistentzia. (1 PTO)
- 6) Eroapen bidezko bero transferentziaren abiadura. (1 PTO)
- 7) Haragi zilindroaren azaleran neurtzen den bero fluxua. (1 PTO)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

Hurbilketa bidezko ebazpide analitikoa/ Solución analítica aproximada ($\tau > 0.2$):

Zilindroaren zentroa ($r=0$)/Cilindro ($r=0$)

Center of cylinder ($r = 0$):
$$\theta_{0, \text{cyl}} = \frac{T_o - T_\infty}{T_i - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau}$$

Zilindroa ($r>0$)/Cilindro ($r>0$)

Cylinder:
$$\theta(r, t)_{\text{cyl}} = \frac{T(r, t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 \tau} J_0(\lambda_1 r/r_o), \quad \tau > 0.2$$

Energia/Energía

Cylinder:
$$\left(\frac{Q}{Q_{\max}} \right)_{\text{cyl}} = 1 - 2\theta_{0, \text{cyl}} \frac{J_1(\lambda_1)}{\lambda_1}$$

$$\text{Bi} = \frac{h r_o}{k} \text{ y } \tau = \frac{a t}{r_o^2}$$

Taulan erabiltzeko ro erradiodun zilindro eta esferentzat:

TABLE 4-1

Coefficients used in the one-term approximate solution of transient one-dimensional heat conduction in plane walls, cylinders, and spheres ($\text{Bi} = hL/k$ for a plane wall of thickness $2L$, and $\text{Bi} = hr_o/k$ for a cylinder or sphere of radius r_o)

Bi	Plane Wall		Cylinder		Sphere	
	λ_1	A_1	λ_1	A_1	λ_1	A_1
0.01	0.0998	1.0017	0.1412	1.0025	0.1730	1.0030
0.02	0.1410	1.0033	0.1995	1.0050	0.2445	1.0060
0.04	0.1987	1.0066	0.2814	1.0099	0.3450	1.0120
0.06	0.2425	1.0098	0.3438	1.0148	0.4217	1.0179
0.08	0.2791	1.0130	0.3960	1.0197	0.4860	1.0239
0.1	0.3111	1.0161	0.4417	1.0246	0.5423	1.0298
0.2	0.4328	1.0311	0.6170	1.0483	0.7593	1.0592
0.3	0.5218	1.0450	0.7465	1.0712	0.9208	1.0880
0.4	0.5932	1.0580	0.8516	1.0931	1.0528	1.1164
0.5	0.6533	1.0701	0.9408	1.1143	1.1656	1.1441
0.6	0.7051	1.0814	1.0184	1.1345	1.2644	1.1713
0.7	0.7506	1.0918	1.0873	1.1539	1.3525	1.1978
0.8	0.7910	1.1016	1.1490	1.1724	1.4320	1.2236
0.9	0.8274	1.1107	1.2048	1.1902	1.5044	1.2488
1.0	0.8603	1.1191	1.2558	1.2071	1.5708	1.2732
2.0	1.0769	1.1785	1.5995	1.3384	2.0288	1.4793
3.0	1.1925	1.2102	1.7887	1.4191	2.2889	1.6227
4.0	1.2646	1.2287	1.9081	1.4698	2.4556	1.7202
5.0	1.3138	1.2403	1.9898	1.5029	2.5704	1.7870
6.0	1.3496	1.2479	2.0490	1.5253	2.6537	1.8338
7.0	1.3766	1.2532	2.0937	1.5411	2.7165	1.8673
8.0	1.3978	1.2570	2.1286	1.5526	2.7654	1.8920
9.0	1.4149	1.2598	2.1566	1.5611	2.8044	1.9106
10.0	1.4289	1.2620	2.1795	1.5677	2.8363	1.9249
20.0	1.4961	1.2699	2.2880	1.5919	2.9857	1.9781
30.0	1.5202	1.2717	2.3261	1.5973	3.0372	1.9898
40.0	1.5325	1.2723	2.3455	1.5993	3.0632	1.9942
50.0	1.5400	1.2727	2.3572	1.6002	3.0788	1.9962
100.0	1.5552	1.2731	2.3809	1.6015	3.1102	1.9990
∞	1.5708	1.2732	2.4048	1.6021	3.1416	2.0000

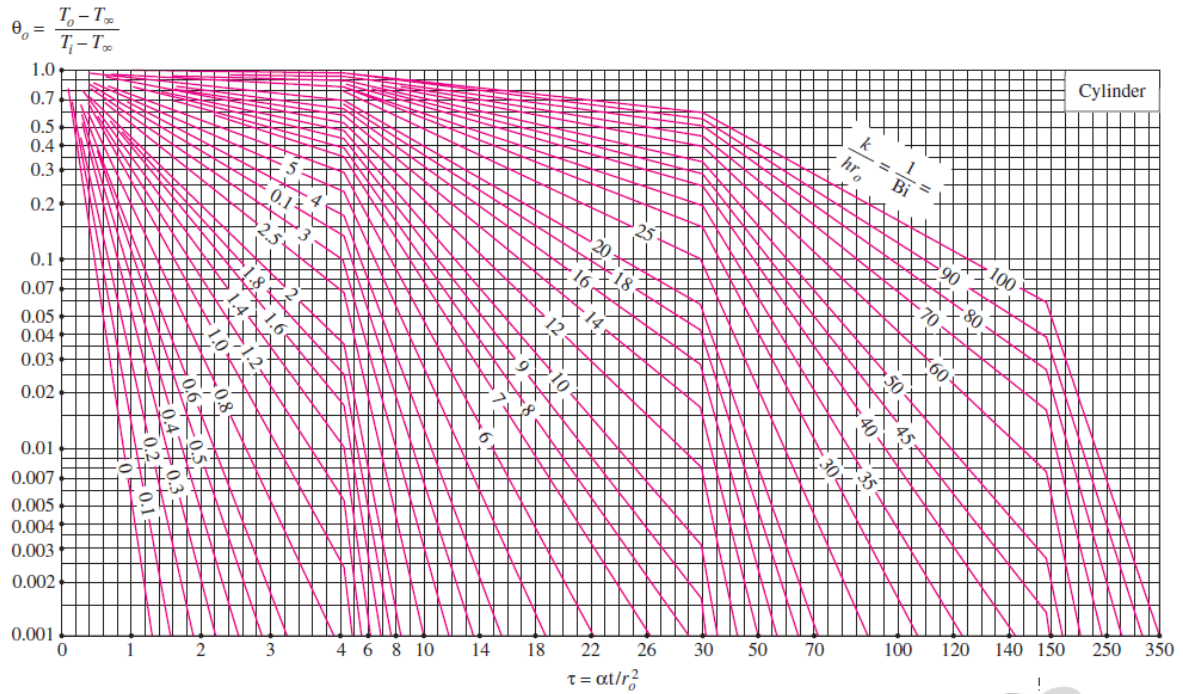
TABLE 4-2

The zeroth- and first-order Bessel functions of the first kind

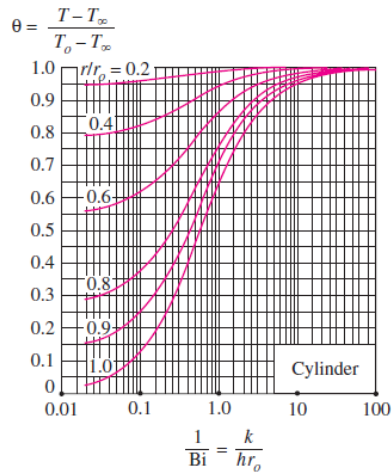
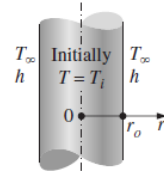
ξ	$J_0(\xi)$	$J_1(\xi)$
0.0	1.0000	0.0000
0.1	0.9975	0.0499
0.2	0.9900	0.0995
0.3	0.9776	0.1483
0.4	0.9604	0.1960
0.5	0.9385	0.2423
0.6	0.9120	0.2867
0.7	0.8812	0.3290
0.8	0.8463	0.3688
0.9	0.8075	0.4059
1.0	0.7652	0.4400
1.1	0.7196	0.4709
1.2	0.6711	0.4983
1.3	0.6201	0.5220
1.4	0.5669	0.5419
1.5	0.5118	0.5579
1.6	0.4554	0.5699
1.7	0.3980	0.5778
1.8	0.3400	0.5815
1.9	0.2818	0.5812
2.0	0.2239	0.5767
2.1	0.1666	0.5683
2.2	0.1104	0.5560
2.3	0.0555	0.5399
2.4	0.0025	0.5202
2.6	-0.0968	-0.4708
2.8	-0.1850	-0.4097
3.0	-0.2601	-0.3391
3.2	-0.3202	-0.2613

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

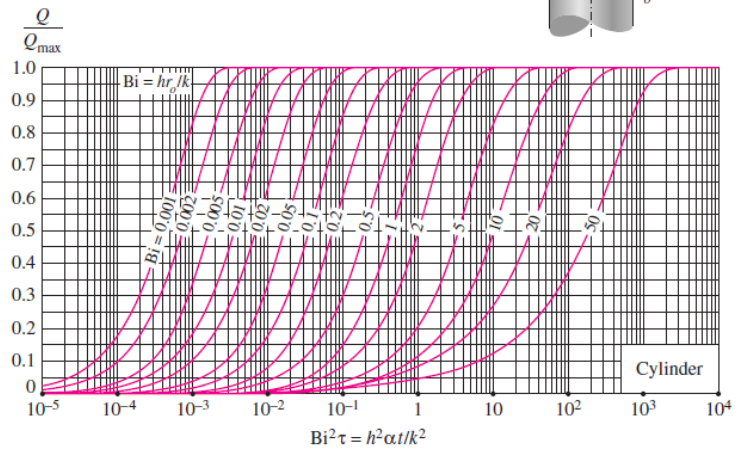
Hurbilketa bidezko ebazpide grafikoa/ Solución gráfica aproximada ($\tau > 0.2$):



(a) Centerline temperature (from M. P. Heisler)



(b) Temperature distribution (from M. P. Heisler)

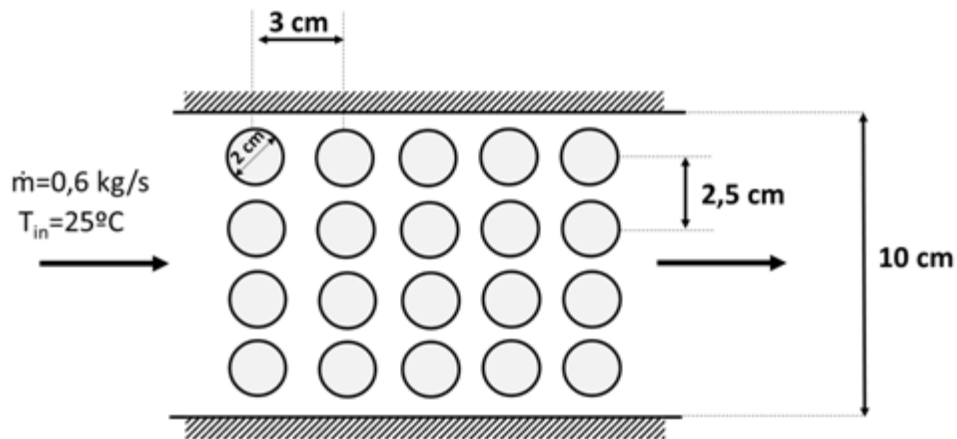


(c) Heat transfer (from H. Gröber et al.)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

2. ARIKETA	UZTAILA_4_2014	60 min
-------------------	-----------------------	---------------

Aire giroturako sistema bat daukagu ebakuntza gela bat hozteko. Sistema lerrokatuta dauden hozketarako 20 hodiez osatuta dago (4 hodidun 5 lerro) eta hodi bakoitzaren diametroa 2 [cm]- takoa da, irudiak agertzen duen bezela:



Hodi bakoitzak 0.8 [m]- tako luzera badu eta guztiak 5 [°C]- tako tenperatura konstantean badaude, kalkulatu:

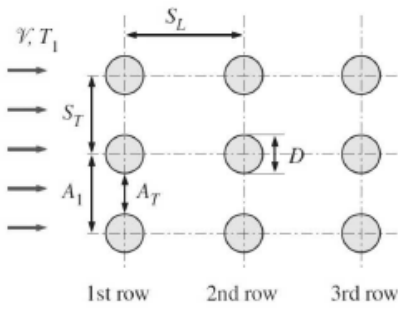
- 1) Airearen abiadura maximoa eta Reynolds zenbakia. (1 PTO)
- 2) Konbekzio koefizientea. (2 PTO)
- 3) Irteeran neurtzen den tenperatura. (1.5 PTO)
- 4) Sistemak galtzen duen beroa. (1 PTO)

Hodi bakoitza, 0.02 [m/s] abiaduran eta 3 [°C]- tan dagoen ur hotzak zeharkatzen du. Kalkulatu hodi bakar batentzat:

- 1) Batazbesteko konbekzio koefizientea. (1.5 PTO)
- 2) Uraren tenperatura hodiaren irteeran. (2 PTO)
- 3) Bero transferentzia globalaren koefizientea ura eta airearen artean. (1 PTO)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

Bero transferentzia hodi multzoetan/ Transferencia de calor a través de bancos de tubos:



$$Re_D = \frac{V_{max} D}{\nu}$$

$$V_{max} = \frac{S_T}{S_T - D} V$$

Range of Re_D	Correlation
0–100	$Nu_D = 0.9 Re_D^{0.4} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
100–1000	$Nu_D = 0.52 Re_D^{0.5} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
1000– 2×10^5	$Nu_D = 0.27 Re_D^{0.63} Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{0.25}$
2×10^5 – 2×10^6	$Nu_D = 0.033 Re_D^{0.8} Pr^{0.4} (Pr/Pr_s)^{0.25}$

F – Zuzenketa faktorea lerro kopuruaren arabera/ Factor de corrección según el número de filas < 16
($Nu_{D,N<16} = F Nu_D$)

1	2	3	4	5	7	10	13
0.70	0.80	0.86	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99

***Ez bada kontrakoa esaten propietateak sarrera eta irteeraren arteko batazbesteko tenperaturan ebaluatzen dira/ Si no se indica lo contrario, las propiedades se evalúan a la temperatura promedio entrada-salida:**

$$T_m = \frac{T_i + T_o}{2}$$

Oharra:

To: Irteerako tenperatura kalkulatzeko, planteatutako kasurako zentzua daukan balio bat suposatu beharko da.

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

Airearen propietateak/Propiedades del aire (P=1 atm)

T[°C]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/kg K]	k [W/m K]	α [m ² /s]	μ [kg/m s]	ν [m ² /s]	Pr[-]
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282

Uraren propietateak (hurrengoak erabili tenperatura edozein delarik)/Propiedades del agua (utilizar las siguientes independientemente de la temperatura)

ρ [kg/m ³]	c_p [J/kg K]	k [W/m K]	μ [kg/m s]	ν [m ² /s]	Pr[-]
1000	4204	0.5556	1.828×10^{-5}	1.828×10^{-6}	11.86

Barne konbekzio behartua hodietan $T_s = \text{cte}$ denerako/ Convección forzada interior en el interior de tubos para $T_s = \text{cte}$

	Korrelazioak/ Correlaciones
<u>Fluxu laminarra/ Flujo laminar</u>	$Nu = 3.66$
<u>*Garapenean dagoen fluxu laminarra/ *Flujo laminar en desarrollo</u>	$Nu = 3.66 + \frac{0.065 (D/L) Re Pr}{1 + 0.04[(D/L)Re Pr]^{2/3}}$
<u>Fluxu turbulentua/ Flujo turbulento</u>	$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4}$

* Sarrerako luzera/ Longitud de entrada:

$$L_{h,laminar} \approx 0.05 Re D$$

$$L_{t,laminar} \approx 0.05 RePr D$$

* Oharra:

Fluxu laminarra/Flujo laminar: $Re < 2300$

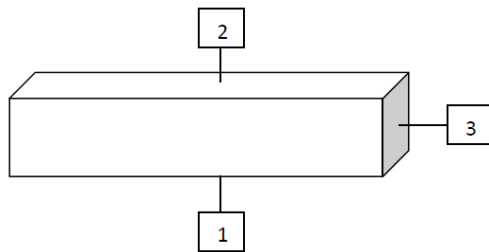
Fluxu turbulentua/Flujo turbulento: $Re > 10000$

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

3. ARIKETA	UZTAILA_4_2014	50 min
------------	----------------	--------

Herri bateko plaza bat, eguzkitik jasotzen duen irradiazioaz babestu nahi da. Hau lortzeko, landarez egindako estalki bat instalatzea pentsatzen da, plazaren oinarritik 10 [m]- tako altuerara jartzen dena. Estalkiak, plazaren azalera guztia hartzen du. Estalkira heltzen den irradiazioaren %5-ak lortzen du estalkia zeharkatzea.

Plazaren oinarria laukizuzena da, dimentsioak, 200x50 [m²] direlarik eta etxebizitzet inguratuta dago. Kalkuluak egiteko, kontsideratu daiteke, plazaren oinarriak ($\varepsilon = 0.88$), estalkiak ($\varepsilon = 0.65$) eta etxeak ($\varepsilon = 0.93$) paralelepipedo bat osatzen dutela irudiak erakusten duen bezela:



Ondorengo tenperaturak neurtzen dira:

Plazaren oinarriaren (1) batzbesteko tenperatura: 20 [°C]

Estalkiaren (2) batzbesteko tenperatura: 50 [°C]

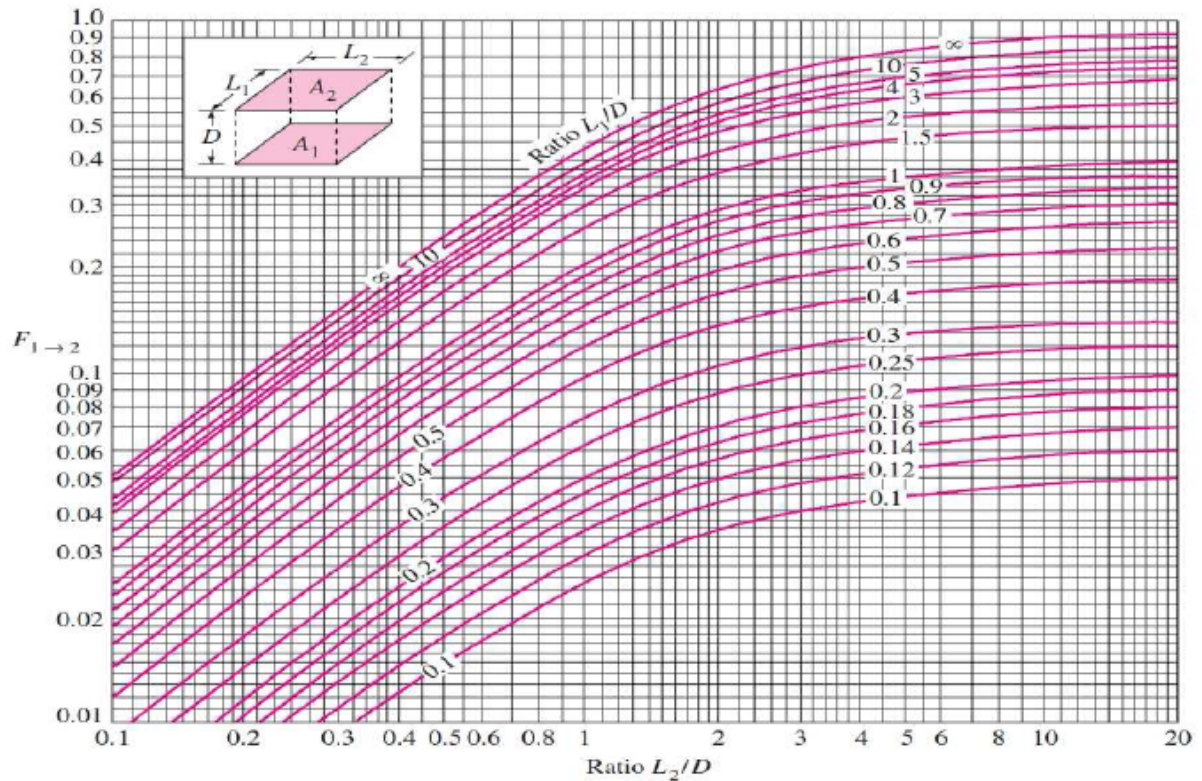
Alboetako etxeetako fatxaden (3) batzbesteko tenperatura: 30 [°C]

Kalkulatu:

- 1) Ikuspen faktoreak. (3 PTO)
- 2) Neurtzen diren erradiositateak. (3 PTO)
- 3) Toldoan neurtzen den erradiazio bidezko bero transferentziaren abiadura. (2 PTO)
- 4) Toldora heltzen den irradiositatearen balioa. (2 PTO)

BERO TRANSFERENTZIA/ TRANSFERENCIA DE CALOR/ HEAT TRANSFER

Ikuspen faktoreak/Factores de visión:



Metodo zuzenaren bidez erradiazio problemak ebazteko ekuazioak/ Ecuaciones según el método directo de resolución de problemas de radiación:

$$\dot{Q}_i = A_i \sum_{j=1}^N F_{i \rightarrow j} (J_i - J_j)$$

$$\sigma T_i^4 = J_i + \frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_i} \sum_{j=1}^N F_{i \rightarrow j} (J_i - J_j)$$