

# 7. GAIA: Bero transimisiao egoera egonkorrean

*Oinarrizko Eragiketak  
Elikagaien Industrian I*

*OpenCourseWare  
UPV/EHU OCW- 2017*

Eva Epelde Bejerano  
Miren Gallastegi Villa



## 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

# KONDUKZIOA

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.1. Elikagaien propietate termikoak

- ✓ Bero espezifikoa
- ✓ Konduktibitate termikoa
- ✓ Difusio termikoa

❖ **Bero espezifikoa (kJ/kg°C):** irabaziriko edo galduriko beroa masa unitateko tenperatura gradu bat aldatzeko fase aldaketarik gabe.

$$C_P = \frac{Q}{m(\Delta T)}$$

- $C_p$  (presio konstantea)
- $C_v$  (bolumen konstantea)

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

❖ **Bero espezifikoa** ondoko propietateen menpekoa da:

- ✓ Produktua eratzen duten konposatuak
- ✓ Ur kantitatea
- ✓ Tenperatura
- ✓ Presioa

Normalean aplikazioak presio konstantean gertatzen dira, presio altuko aplikazioak izan ezik. Hortaz erabiliena  $C_p$  da.

## Nola kalkulatu $C_p$ ?

- ✓ Datu taularatuak
- ✓ Ekuazio enpirikoak :

*Heldamn eta Singh (1981)*

$$C_p = 1,424X_c + 1,549X_p + 1,675X_f + 0,837X_a + 4,187X_w$$

X: frakzio masikoa

Azpi-indizeak: c (karbohidratoak) p (proteinak) f (gantzak) a (errautsak) w(ura).

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.1

Kalkulatu hurrengo konposizioa duen elikagaien bero espezifikoa: karbohidratoak, 40%, proteinak 20%, gantzak 10%, errautsak 5%, hezetasuna 25%.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ❖ Konduktibitate termikoa

Lodiera baten muturren artean tenperatura gradiente bat egonez gero, denbora eta lodiera unitateko materialean zehar garraiatzen den bero kantitatea da.

$$K = \left[ \frac{J}{m \, s \, ^\circ C} \right] = \left[ \frac{W}{m \, ^\circ C} \right]$$

- Metalak: 50-400 W/(m °C)
- Aleazioak: 10-120 W/(m °C)
- Ura: 0.597 W/(m °C) (20 °C-tan)
- Aireak: 0.0251 W/(m °C) (20 °C-tan)
- Material isolatzaileak: 0.035 -0.173 W/(m °C) (20 °C-tan)

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ❖ Difusio termikoa

Konduktibitate termikoa eta bero espezifikoa eta dentsitatearen arteko erlazioa da. Indize hau gorputz batek orekako tenperatura lortu arte jasaten duen tenperatura aldaketaren abiaduraren adierazle da.

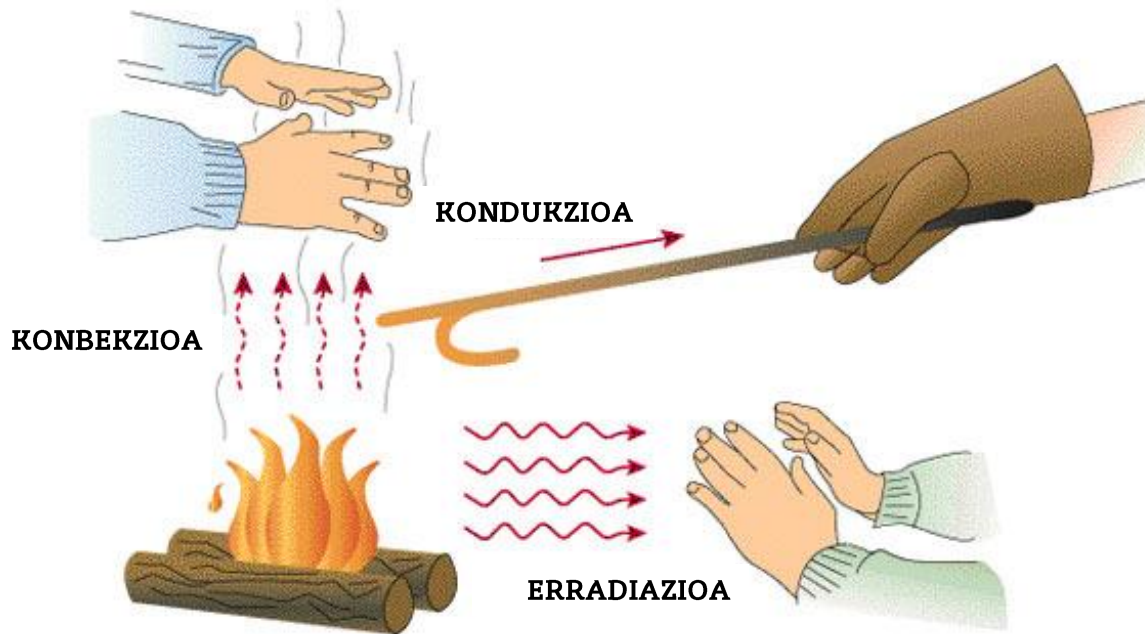
$$\alpha = \frac{K}{\rho C_p} = \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

A materialaren difusio termikoa B-rena baino handiagoa bada, egoera egonkorra azkarrago lortuko du.

Hortaz, material batek bere baitan beroa garraiatzeko duen ahalmenaren beste adierazle bat da.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.2. Bero transmisiorako mekanismoak



Eraldatua:

[Kmecfiunit-ren irudia \(Wikimedia commons-en argitaratua CC-BY-SA lizentziapean\).](#)

- Garraiatuko den bero kantitatea (J)
- Garraiatuko den beroaren abiadura (J/s edo W)



# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.3 Bero transmisioa KONDUKZIOZ

Suposatu egun eguzkitsu batean, bero transmisioa gertatzen dela kaletik tenperatura baxuagoan dagoen gela baten pareten zehar (geldi dagoen materia batean zehar),

Bero transmisioa hurrengo parametroen menpekoa izango da:

- Paretaren gainazala
- Paretaren materialaren propietate termikoak
- Paretaren lodiera
- Tenperatura diferentziak

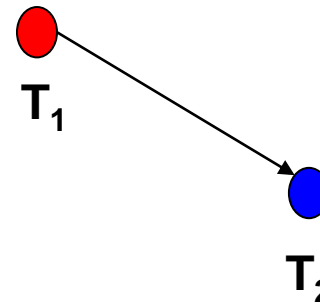
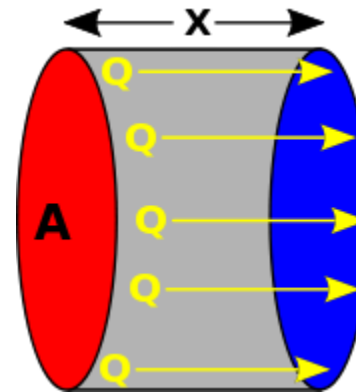
$$q \text{ (bero fluxua)} \propto \frac{\text{gainazala} \cdot \text{tenperatura diferentzia}}{\text{lodiera}}$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.3 Bero transmisioa KONDUKZIOZ

### Fourier-en legea

$$q_x = -KA \frac{dT}{dx}$$



$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Eraldatua:

[Totoo-ren irudi eraldatua \(Wikimedia commons-en argitaratua irudi libre bezala\).](#)

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.2

Altzairu herdoilgaitzeko 1 cm-ko lodierako xafla baten alde bat 110 °C-tan mantentzen da, eta beste aldea berriz 90 °C-tan. Kalkulatu xaflan zeharreko bero fluxua egoera egonkorrean altzairu herdoilgaitzaren konduktibitate termikoa  $17 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$  baldin bada.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

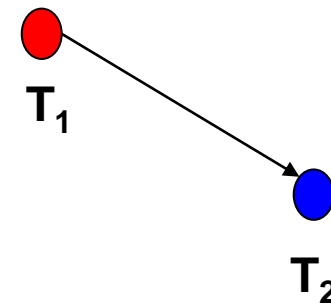
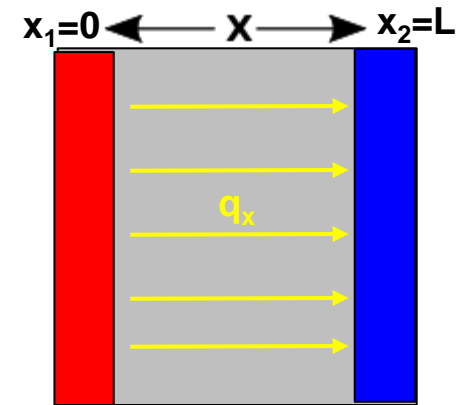
## 7.3. Bero transmisioa KONDUKZIOZ

### 7.3.1. Xafla errektangeluar batean zehar

$$q_x = -KA \frac{dT}{dx}$$

$$T_2 = T_1 - \frac{q_x}{KA} (x_2 - x_1)$$

$$q_x = \frac{(T_1 - T_2)}{\left[ \frac{(x_2 - x_1)}{KA} \right]} \quad q_x = \frac{(T_1 - T_2)}{R_t}$$



$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Irudi propioa

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

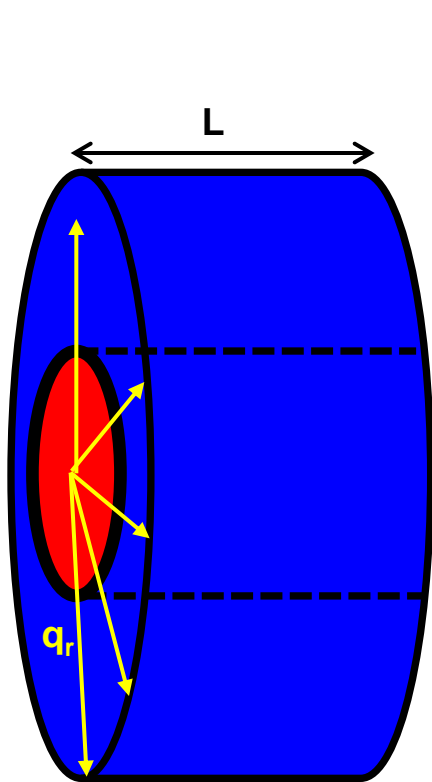
## ADIBIDEA 7.3

7.2 adibidearen harira, kalkulatu kanpo gainazaletik 0.5 cm-ra zein den xaflaren tenperatura.

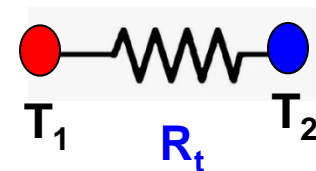
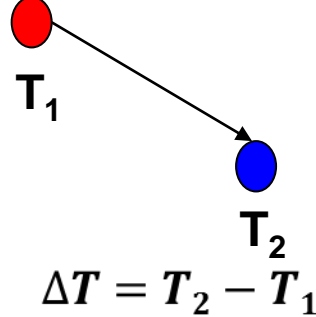
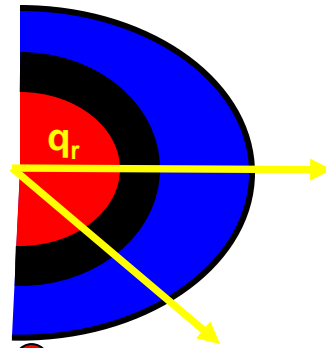
# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.3 Bero transmisioa KONDUKZIOZ

### 7.3.1. Tutueria zilindriko batean zehar



Irudi propioa



$$q_x = -KA \frac{dT}{dx}$$

$$q_r = -KA \frac{dT}{dr}$$

$$q_r = -KA(r) \frac{dT}{dr} = -K(2\pi rL) \frac{dT}{dr}$$

$$q_r = \frac{T_1 - T_2}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) / 2\pi KL}$$

$$q_r = \frac{T_1 - T_2}{R_t}$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

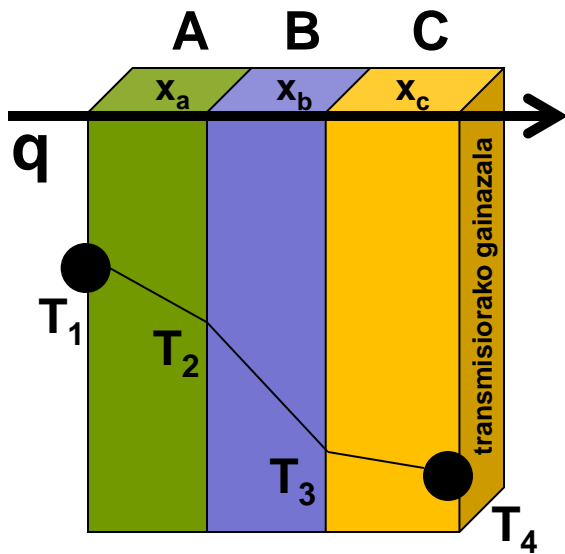
## ADIBIDEA 7.4

Ur lurruna galdara betetik prozesu unitatera garraiatzen da altzairuzko tutueria batean zehar ( $K = 43 \text{ W(m}^\circ\text{C)}$ ). Tutueriaren barne diametroa 6 cm-koa da, lodiera 2 cm-koa eta luzeetara 40 m ditu. Barnetik darion ur lurrunak tutueriaren barne pareta  $115 \text{ }^\circ\text{C}$ -tan egotea eragiten badu eta aldiz, kanpoko tenperatura  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ -koa bada, kalkulatu tutueriaren gainazaletik ingurunerako bero galerak.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.3. Bero transmisioa KONDUKZIOZ

### 7.3.3. Seriean kokaturiko xafla errektangeluarretan zehar



Irudi propioa

$$q_x = \frac{T_4 - T_1}{R_{ta} + R_{tb} + R_{tc}}$$

$$R_{ta} = \frac{x_a}{K_a} \quad R_{tb} = \frac{x_b}{K_b} \quad R_{tc} = \frac{x_c}{K_c}$$



# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

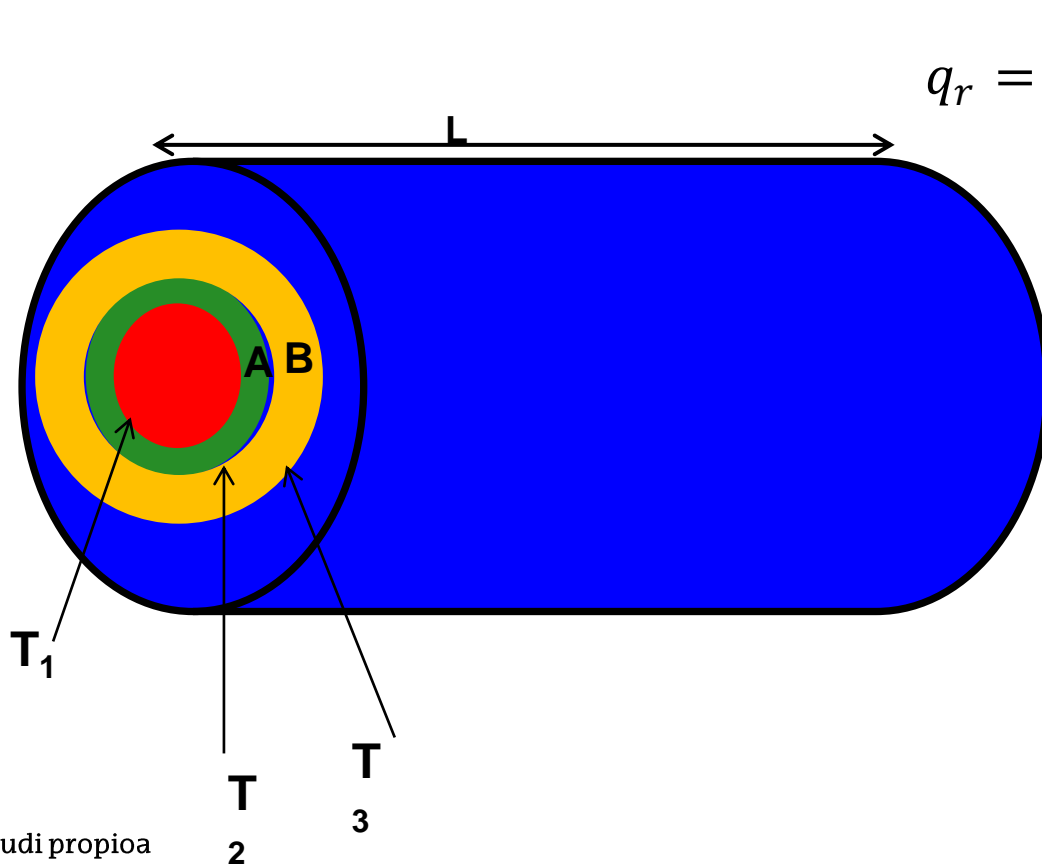
## ADIBIDEA 7.5

Biltegi hozkailu baten atea ( $3 \times 6$  cm) hormigoizkoa da eta 15 cm-ko lodiera dauka. Hormigoiareneko eroankortasun termikoa txikia da ( $1.37 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ -koa) baina hala eta guztiz isolatu nahi da bero galera maximoak  $500 \text{ W}$  izan daitezen. Eskuragarri daukagun isolatzailearen eroankortasun termikoa  $0.04 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$  bada, kalkulatu zein izan behar den isolatzailearen lodiera, biltegiko tenperatura  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ -koa bada eta aldiz kanpoaldekoa  $38 \text{ }^\circ\text{C}$ -koa.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.3 Bero transmisioa KONDUKZIOZ

### 7.3.1. Kapa desberdindun tutueria zilindriko batean zehar



$$q_r = \frac{T_1 - T_3}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) / 2\pi L K_A + \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) / 2\pi L K_B}$$

$$q_r = \frac{T_1 - T_3}{R_{ta} + R_{tb}}$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.6

Olio bero bat garraiatzeko altzairu herdoilgaitzezko tutueria bat erabili nahi da (konduktibitate termikoa  $17 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$ ). Olioaren tenperatura  $130 \text{ }^\circ\text{C}$ -koa izan behar da. Erabiltzen den tutueriaren barne diametroa  $8 \text{ cm}$ -koa eta lodiera  $2 \text{ cm}$ -koa dira. Horrez gain, bero galerak ekiditeko tutueriari  $0,04 \text{ m}$ -ko lodierako isolatzailea gehitu zaio, zeinen eroankortasun termikoaren koefizientea  $0.035 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$  den. Inguruko tenperatura  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -izanik, kalkulatu altzairuaren eta isolatzailearen arteko gainazaleko tenperatura egoera egonkorra suposatuz. Eztabaidatu emaitza.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.7

Olio beroa  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tan garraiatzeko altzairu herdoilgaitzezko tutueria bat erabili nahi da (konduktibitate termikoa  $15\text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ ). Tutueriaren barne gainazalaren tenperatura  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ -koa eta bere dimentsioak hurrengoak dira: barne diametroa  $5\text{ cm}$  eta lodiera  $1\text{ cm}$ . Tutueriatik kanpo aldera bero galerak  $25\text{ W}/\text{m}^2$ -tik behera mantentzeko tutueria isolatzea erabaki da baina espazioaren mugak isolatzailearen lodiera maximoa  $5\text{ cm}$ -koa izatea dakar. Kanpo gainazala beti  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  baino handiagoa izan behar da kanpoko aireak tutueriaren gainean kondentsatu ez dezan. Zein eroankortasun termikoko isolatzailea erosiko zenuke?

## 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

# KONBEKZIOA

## 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

# KONBEKZIOA

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

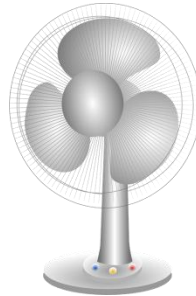
## 7.4. Bero transmisioa KONBEKZIOZ

Jariakin bat (likido edo gasa) tenperatura desberdinean dagoen gorputz batekin kontaktuak jartzen denean,

- ✓ Jariakinaren mugimendua
- ✓ Jariakinaren abiaduraren menpekhoa

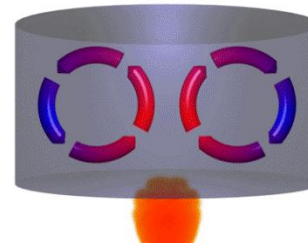
$$q = h A \Delta T$$

- ❖ **Konbekzio bultzatua**  
(mekanikoki, ponpak...)



[Pixabay \(Domeinu publikoa\)](#)

- ❖ **Konbekzio naturala**  
(dentsitate desberdintasuna, tenperatura gradientea)



[User:Oni Lukos-ren animazioa, Wikipedian argitaratua eta CC-BY-SA lizentziapean.](#)

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.4 Bero transmisioa KONBEKZIOZ

*h berdina da konbekzioa naturala edo bultzatua bada?*

**h konbekzio faktorea jariakinaren propietateen menpekoa da:** Dentsitatea, bero espezifikazioa, likatasuna, konduktibitate termikoa, abiadura, geometria, kontaktuzko hormaren zimurtasuna.

Jariakina	Konbekzio koefizientea ( $W/(m^2 K)$ )
<b>Airea</b>	
Konbekzio naturala	5-25
Konbekzio bultzatua	10-200
<b>Ura</b>	
Konbekzio naturala	20-100
Konbekzio bultzatua	50-10000
Ura irakiten	3000-100000
Ur lurrun kondentsatua	5000-100000



# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.8

Xaflatik ingurunerako bero fluxua  $1000 \text{ W/m}^2$ -koa da. Xaflaren gainazaleko tenperatura  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ -koa da eta ingurukoa  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -koa. Kalkulatu konbektzio koefizientea.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.4.1. Konbektzio koefizientearen estimazioa

- ❖ Reynolds (Re)
- ❖ Nusselt (Nu)
- ❖ Prandtl (Pr)

- ❖ **Reynolds zenbakia:** Indar inertzialen eta likatsuen arteko erlazioa.
- ❖ **Nusselt zenbakia:** Konbektzio eta kondukzio mekanismoen arteko erlazioa.
- ❖ **Prandtl zenbakia:** Jariakinaren mugimenduari dagozkion efektu likatsuak eta bero transmisioa konparatzen ditu.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

❖ **Nusselt zenbakia:** Konbektzio eta kondukzio mekanismoen arteko erlazioa.

$$q_{konbektzioa} = h A \Delta T$$

$$q_{kondukzioa} = KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$Nu = \frac{q_{konbektzioa}}{q_{kondukzioa}} = \frac{h A \Delta T}{KA \frac{\Delta T}{\Delta x}} = \frac{h \Delta x}{K} = \boxed{\frac{hd_c}{K}} \quad \text{orokorrean}$$

**“bero transmisioaren hobekuntza konbektzioz kondukzioarekiko”**

**Nu=1** → Ez dago bero transmisioaren hobekuntzarik

**Nu=5** → Konbektzioa bero transmisioa kondukzioz (jariakina geldi egongo balitz) baino 5 aldiz azkarragoa da.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

❖ **Prandtl zenbakia:** Jariakinaren mugimenduari dagozkion efektu biskosoak eta bero transmisioa konparatzen ditu.

$$Pr = \frac{\text{Higidura kantitateak eragindako difusio molekularra}}{\text{Bero transmizioak eragindako difusio molekularra}} = \frac{C_p}{K}$$

**Pr=1,** efektu biak berdinak dira.

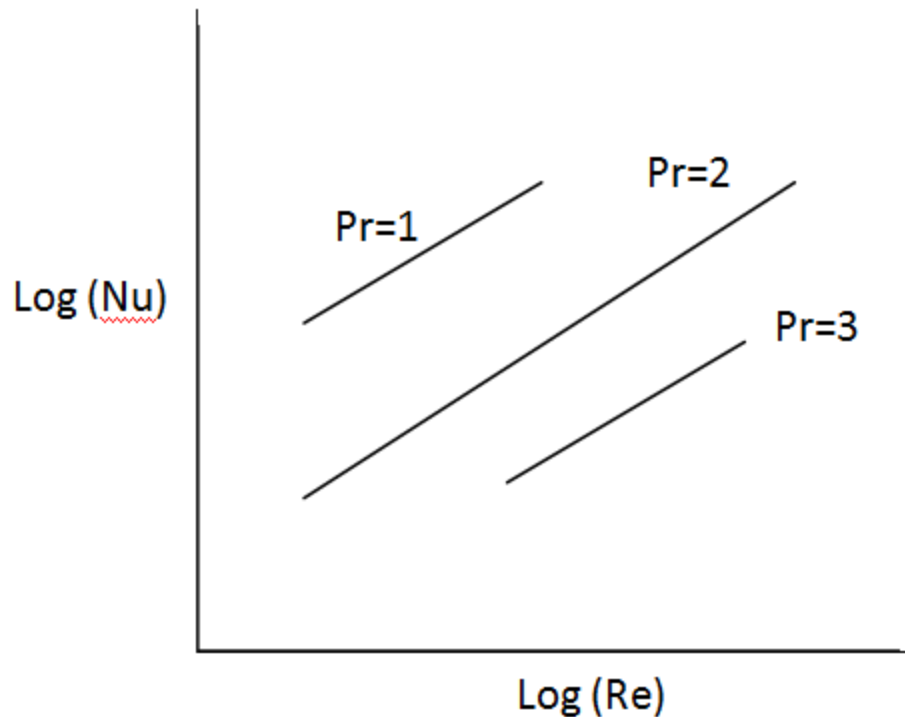
**Pr≪1,** bero garraioa higidura kantitatearen efektua baino handiagoa da (beroa azkar garraiatzen da).

Gasak, Pr=0.7;

Ura, Pr=10

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.4.1. Konbektzio koefizientearen estimazioa



$$Nu = \frac{C Re^m}{Pr^n}$$

**Koerlazio enpiriko desberdinak erabili!  
Singh (4.2 Taula)**

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.4.1. Konbektzio koefizientearen estimazioa

### Metodologia:

1. Geometria identifikatu. tutueria zilindrikoa? Errektangeluarra? Esfera bat ahal da? Jariakinak kanpotik dario? Edo barnetik?
2. Jariakina identifikatu eta bere propietateak determinatu. Ura, airea, elikagai bat? Bataz besteko tenperatura kalkulatu → jariakinaren propietateak

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.4.1. Konbekzio koefizientearen estimazioa

### Metodologia:

3. Reynolds zenbakia. Jariakinaren egoera determinatzeko beharrezko zenbakia, laminarra, zurrunbilotsua, trantsizioa. Egoeraren arabera korrelazio enpiriko bat edo beste erabili beharko da.

4. Korrelazio enpiriko egokiaren aukeraketa. 1 eta 3 atalean lortutako informazioaren arabera behar den metodoa aplikatu h kalkulatzeko.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7.4.1. Konbekzio koefizientearen estimazioa

### a) Konbekzio bultzatua

#### *Emari laminarra tutueria barnean*

- Jariakina egoera egonkorrean eta tutueriaren gainazaleko temperatura ezaguna:  **$Nu=3,66$**
- Jariakina egoera egonkorrean eta tutueriaren gainazaleko bero jarioa konstante:  **$Nu=4,36$**
- Jariakina egoera egonkorrean eta tutueriaren sarreran:

$$Nu = 1,86 \left( Re \cdot Pr \cdot \frac{d_c}{L} \right)^{0,33} \left( \frac{[?]_b}{[?]_w} \right)^{0,14}$$



# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## a) Konbekzio bultzatua

**Trantsizio emaria tutueria barnean ( $Re: 2100 - 10000$ )**

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) (Re - 1000) Pr}{1 + 12,7 \left(\frac{f}{8}\right)^{1/2} (Pr^{2/3} - 1)}$$

non marruskadura koefizientea ( $f$ ) tutueria leunetan:

$$f = \frac{1}{(0,79 \ln(Re) - 1,64)^2}$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

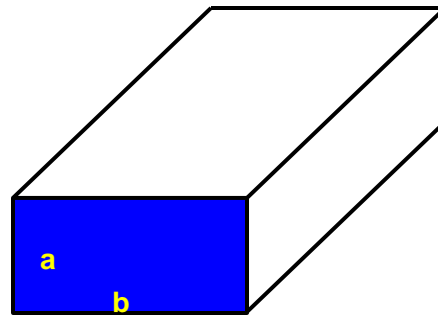
## a) Konbektzio bultzatua

**Emari zurrunbilotsua tutueria barnean ( $Re > 10000$ )**

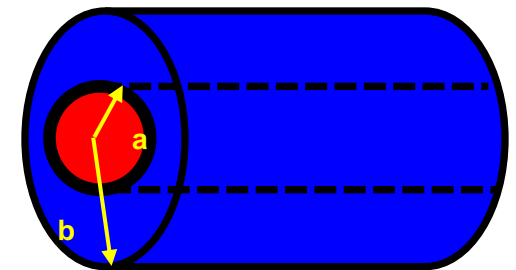
$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,33} \left( \frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

**Tutueria ez zilindrikoa:**

$$D_e = \frac{4 \text{ (azalera librea)}}{\text{perimetroa}}$$



$$D_e = 2ab/(a+b)$$



$$D_e = b - a$$

Irudi propioa

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## a) Konbektzio bultzatua

***Kanpo jarioa:***

$$Nu = 2 + 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33}$$

*baldin eta:*

$$1 < Re < 70000$$

$$0,6 < Pr < 400$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.8

Ura  $0,02 \text{ kg/s}$ -ko emariarekin  $2,5 \text{ cm}$ -ko barne diametroa duen tutueria batetik ponpatzen da. Tutueria  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ -tan dagoenez  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -tan sartzen den ura  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra berotzen da. Kalkulatu uraren konbektzio koefizientea tutueriaren luzera  $1 \text{ m}$ -koa dela suposatuz.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.9

Zer gertatuko zaio konbektzio koefizienteari aurreko adibideko uraren emaria  $0,02 \text{ kg/s}$ -tik  $0,2 \text{ kg/s}$  handitzen bada? Handitu? Txikitu? Lehenik pentsatu eta ondoren konprobatu matematikoki.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

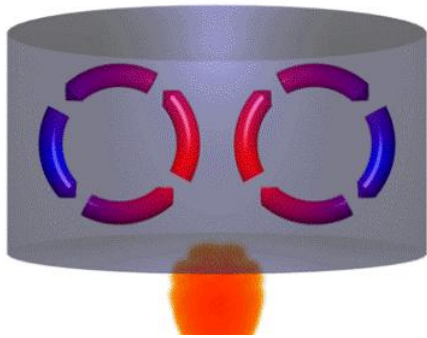
## ADIBIDEA 7.10

Kalkulatu  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tan ilarrezko ohandze batean zehar  $0,3\text{ m/s}$ -tan darion airearen konbektzio koefizientea. Ilarren gainazaleko tenperatura  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ -koa da eta batez besteko partikula tamaina  $0,5\text{ cm}$ -koa kontsideratu daiteke.

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## b) Konbektzio naturala

Jariakin bat bero dagoen gorputz batekin kontaktuan jartzean berau berotu eta dentsitate aldaketak goranzko jariora eragiten du honen lekua jariakin hotzak okupatuz.



[User:Oni Lukos-ren animazioa, Wikipedian argitaratua eta CC-BY-SA lizentziapean](#)

$$Nu = \frac{h d_c}{K} = a \cdot Ra^m$$

a eta m  
tauletatik

Rayleigh zenbakia

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

Grashof zenbakia

$$Gr = \frac{d_c^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2}$$

hedapen  
bolumetrikoko  
koefizientea

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.11

Ur lurruna 10 cm-ko tutueria horizontal batetik dario, tutueriaren gainazala 130 °C-tan mantentzen delarik. Tutueriaren kanpoaldetik airea dario 30 °C-tan, zein tutueriarekin kontaktuan berotu egingo den. Kalkulatu konbektzio koefizientea.



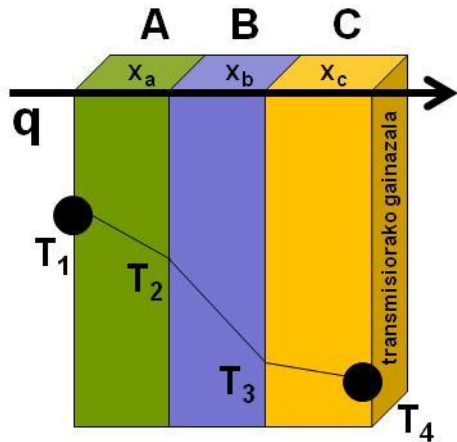
## 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

# **BERO TRANSMISIORAKO KOEFIZIENTE GLOBALAREN KALKULUA**

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

Gogoratu kondukzioarekiko **ERRESISTENTZIA** kontzeptua:

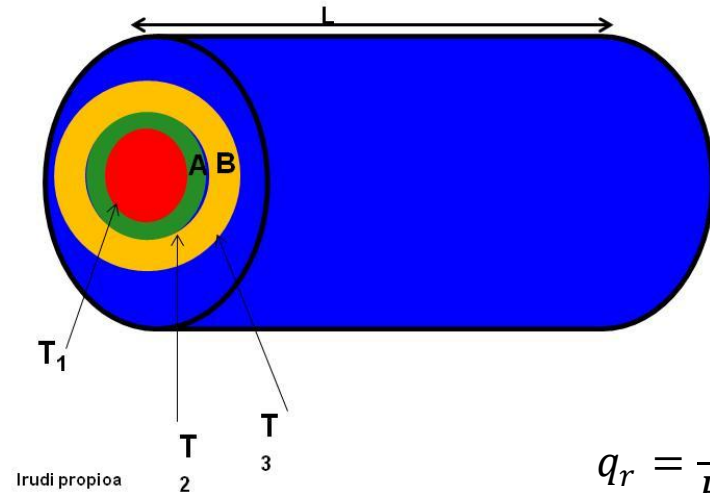
$$q_x = -KA \frac{dT}{dx}$$



Irudi propioa

$$q_x = \frac{T_4 - T_1}{R_{ta} + R_{tb} + R_{tc}}$$

$$R_{ta} = \frac{x_a}{K_a} \quad R_{tb} = \frac{x_b}{K_b} \quad R_{tc} = \frac{x_c}{K_c}$$



Irudi propioa

$$q_r = \frac{T_1 - T_3}{R_{ta} + R_{tb}}$$

$$q_r = \frac{T_1 - T_3}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) / 2\pi L K_A + \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) / 2\pi L K_B}$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

Bero transmisioa KONBEKZIOZ

$$q = h A \Delta T$$

Bero transmisiorako ERRESISTENTZIA kontzeptua bera da:

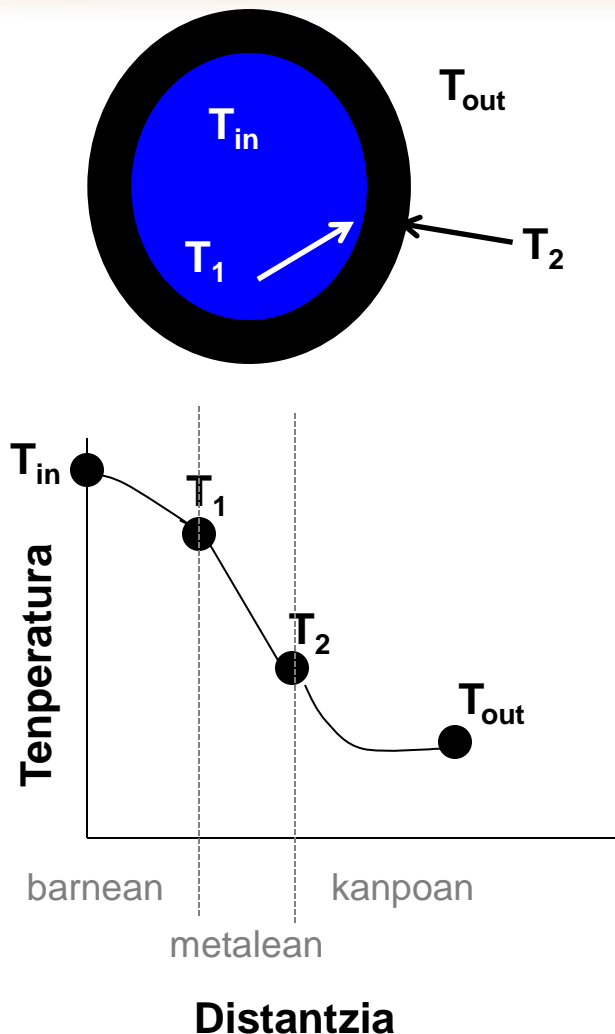
$$q_{konbekzioa} = \frac{\Delta T}{\left(1/h A\right)} = \frac{\Delta T}{Rt_{konbekzioa}}$$

**Zilindro batean zein da A?**

**Zein da erresistentzia kondukzioa eta konbekzioa aldi beran gertatzen direnean? Alegia, errealitatean.**

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7. 5. Bero transmisiorako koefiziente globala



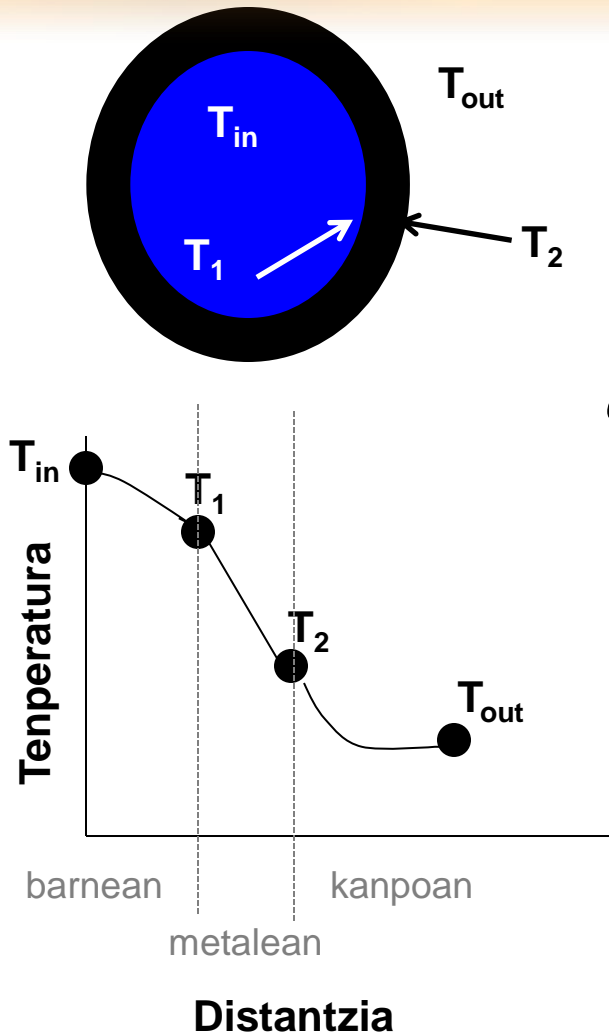
- Barruan jariakina  $T_{in}$  tenperaturan
- Barruko horma  $T_1$  tenperaturan
- Hormaren lodiera  $x$
- Kanpoko horma  $T_2$  tenperaturan
- Kanpoan jariakina  $T_{out}$  tenperaturan.

Beraz:

- Barnean KONBEKZIOA :  $h_{in}$
- Tutuerian zehar KONDUKZIOA:  $K$
- Kanpoan KONBEKZIOA :  $h_{out}$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7. 5. Bero transmisiorako koefiziente globala



$$q = \frac{T_{in} - T_{out}}{R_{totala}} = \frac{T_{in} - T_{out}}{Rt_{konb.IN} + Rt_{kondukzioa} + Rt_{konb.OUT}}$$

$$q = \frac{T_{in} - T_{out}}{R_{totala}} = \frac{T_{in} - T_{out}}{\frac{1}{h_{in} A_{in}} + \frac{\ln(r_{out}/r_{in})}{2\pi L K} + \frac{1}{h_{out} A_{out}}}$$

$$q = U_{in} A_{in} (T_{in} - T_{out}) = U_{out} A_{out} (T_{in} - T_{out})$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7. 5. Bero transmisiorako koefiziente globala

$$q = \frac{T_{in} - T_{out}}{R_{totala}} = \frac{T_{in} - T_{out}}{Rt_{konb.IN} + Rt_{kondukzioa} + Rt_{konb.OUT}}$$

$$q = \frac{T_{in} - T_{out}}{R_{totala}} = \frac{T_{in} - T_{out}}{\frac{1}{h_{in} A_{in}} + \frac{\ln(r_{out}/r_{in})}{2\pi LK} + \frac{1}{h_{out} A_{out}}}$$

$$R_{totala} = \frac{1}{U_{in} A_{in}} = \frac{1}{U_{out} A_{out}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{in} A_{in}} + \frac{\ln(r_{out}/r_{in})}{2\pi LK} + \frac{1}{h_{out} A_{out}}}$$

$$q = U_{in} A_{in} (T_{in} - T_{out}) = U_{out} A_{out} (T_{in} - T_{out})$$

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## 7. 5. Bero transmisiorako koefiziente globala

$$q = U_{in} A_{in} (T_{in} - T_{out}) = U_{out} A_{out} (T_{in} - T_{out})$$

Hortaz,  $U_{in}$  eta  $U_{out}$  berdinak al dira?

Tutueria batean isolatzailea jartzean **A** handitu egiten da, eta ondorioz **q** baita. Helburua **q** minimoa izatea da, hau da bero galerak ekiditea .

Hortaz, zergatik jartzen da isolatzailea?

# 7. Gaia: Bero transmisioa egoera egonkorrean

## ADIBIDEA 7.12

Jariakin bat  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tan  $2,5\text{ cm}$ -ko barne diametroa duen tutueria batetik dario. Barneko konbektzio koefizientea  $10\text{ W}/(\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , da eta tutueria altzairuzkoa da eta  $0,5\text{ cm}$ -ko lodiera  $d$  (altzairuaren eroankortasun termikoa  $=43\text{ W}/(\text{m }^{\circ}\text{C})$ ). Giro tenperatura  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -koa da eta kanpo aldeko konbektzio koefizienteak  $100\text{ W}/(\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$  balio du. Kalkulatu bero transmisorako koefiziente globala eta bero galerak  $1\text{ m}$ -ko tutueria luzeran.