FORMÜL KAĞIDI

- Fourier ısı iletim yasası

$$q = -kA\frac{dT}{dx}$$

- Newton soğuma yasası

$$q = hA\Delta T$$

- Yüzeyin ışınım yayma gücü

$$q = \varepsilon\sigma AT^4$$

- Düzlemsel yüzeyler için iletim direnci

$$R_i = \frac{L}{kA}$$

- Düzlemsel, silindirik ve küresel yüzeyler için taşınım direnci

$$R_i = \frac{1}{hA}$$

- Düzlemsel yüzeylerde toplam ısı transferi katsayısı

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \sum_{i=1}^{n}\frac{L_i}{k_i} + \frac{1}{h_2}}$$

- Silindirik yüzeylerde iletim direnci

$$R = \frac{ln(r_2/r_1)}{2\pi kL}$$

- Küresel yüzeyler için iletim direnci

$$R = \frac{1}{4\pi k}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

- <u>Silindirik yüzeylerde</u> iç ve dış toplam ısı transferi katsayısı,
  - $$U_{iç} = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{A_{iç}}{2\pi L}\frac{ln(r_{dış}/r_{iç})}{k} + \frac{A_{iç}}{A_{dış}}\cdot\frac{1}{h_2}}$$

- $$U_{dış} = \frac{1}{\frac{A_{dış}}{A_{iç}} \cdot \frac{1}{h_1} + \frac{A_{dış}}{2\pi L}\frac{ln(r_{dış}/r_{iç})}{k} + \frac{1}{h_2}}$$

- $$r_{kritik,silindir} = \frac{k}{h} \qquad r_{kritik,küre} = \frac{2k}{h}$$

- $$\dot{W} = I^2 R_e = I^2 \frac{\rho L}{A}$$

- Sonsuz Uzunluktaki Kanat için

$$q_{taşınım} = \sqrt{hpkA}\,(T_0 - T_f) = \sqrt{h\,p\,kA}\;\theta_0$$

- Kanat Ucundan Taşınım İle Isı Geçişi-Kısa Kanatcık

$$q = \sqrt{k\;h\,p\,A}\;\theta_0\;\frac{sinh\,(mL) + \frac{h}{km}\;cosh\,(mL)}{cosh\,(mL) + \frac{h}{km}\,sinh\,(mL)}$$

$$m^2 = \frac{hp}{kA}$$

- Uç Kısmı Yalıtılmış Kanat

$$q = \sqrt{hpkA}\;\;\theta_0\;\;tanh(mL)$$

- Dikdörtgen kanatlar için düzeltilmiş kanat uzunluğu

$$L_d = L + \frac{t}{2}$$

- Silindirik kanatlar için düzeltilmiş kanat uzunluğu

$$L_d = L + \frac{d}{2}$$

- Kanat direnci

$$R_k = \frac{1}{\sqrt{hpAk}}$$

- $$m = \sqrt{\left(\frac{hp}{kA}\right)}$$

- Kanat verimi $(\eta_k) = \dfrac{\text{Kanatçıktan transfer edilen ısı}}{\text{Tüm kanatçık taban sıcaklığında olduğu kabul edilerek kanatçıktan transfer edilen ısı}} = \dfrac{q_{kanat}}{q_{kanat,max}}$

$$q_{kanat} = \eta_k h A_{kanat} (T_0 - T_f)$$

Çok uzun kanat için kanat verimi,

- $\eta_{k,uzun} = \dfrac{q_{kanat}}{q_{kanat,max}} = \dfrac{\sqrt{hpkA_b}\ (T_0 - T_f)}{hA_{kanat}\ (T_0 - T_f)} = \dfrac{1}{mL}$

şeklinde yazılabilir. Ucu yalıtılmış kanat için kanat verimi, aşağıdaki gibi verilebilir.

- $\eta_{k,ucu\ yalıtılmış} = \dfrac{q_{kanat}}{q_{kanat,max}} = \dfrac{tang\ h\ (mL)}{mL}$

Burada,

$$A_{kanat} = pL = (2t + 2z)L$$

şeklindedir. $\boldsymbol{t << z}$ olması nedeniyle $A_{kanat} \equiv 2Lz$ olarak alınabilir.

- $\eta_{kanat,\,toplam} = \dfrac{\text{Kanatlı toplam transfer edilen ısı + Kanatsız toplam transfer edilen ısı}}{\text{Kanat dibi sıcaklığında yüzeyden transfer edilen toplam ısı}}$

$$\eta_{kanat,\,toplam} = \frac{q_{toplam}}{q_{\max}}$$

$$q_{toplam} = hA_1\theta_0 + hA_2\eta_k\theta_0$$

$$q_{max} = h(A_1 + A_2)\theta_0$$

- Difüzyon katsayısı

$$a = \frac{k}{\rho C_v}$$

- Sıcaklık basamağı ihmal edilen sistemler için

$$\frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-(\frac{hL}{k})(\frac{at}{L^2})} = e^{-BiF_0}$$

- $\dfrac{T(x,t) - T_0}{T_s - T_0} = erfc\left(\dfrac{x}{2\sqrt{at}}\right)$; $\quad X = \dfrac{x}{2\sqrt{\alpha t}}$

- $erfcX = 1 - erfX$
- Fourier sayısı

$$Fo = \frac{\alpha t}{L^2}$$

- Biot sayısı

$$Bi = \frac{hL}{k}$$

- **Levha Silindir ve Kürede Bir Boyutlu Isı İletimi**

Levha için:

- $\theta(x,t) = \frac{T(x,t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 F_0} cos(\lambda_1 x / L)$

Silindir için:

- $\theta(x,t) = \frac{T(r,t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 F_0} J_0(\lambda_1 r / r_0)$

Küre için:

- $\theta(x,t) = \frac{T(r,t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 F_0} \frac{sin(\lambda_1 r / r_0)}{\lambda_1 r / r_0}$

Levhanın, silindirin ve kürenin merkezi için yukarıda verilen bağıntılar aşağıdaki gibi yazılabilir.

Levha merkezi için:

- $\theta(0,t) = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 F_0}$

Silindir merkezi için:

- $\theta(0,t) = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 F_0}$

Küre merkezi için:

- $\theta(0,t) = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = A_1 e^{-\lambda_1^2 F_0}$

- **Levha Silindir ve Kürede Bir Boyutlu Isı İletimi için q/q_{max} değeri**

Levha için:

- $\left(\frac{q}{q_{max}}\right)_{Levha} = 1 - \theta_{0\ Levha} \frac{sin\lambda_1}{\lambda_1}$

Silindir için:

- $\left(\frac{q}{q_{max}}\right)_{Silindir} = 1 - 2\theta_{0\ Silindir}\frac{J_1(\lambda_1)}{\lambda_1}$

Küre için:

$$\left(\frac{q}{q_{max}}\right)_{Küre} = 1 - 3\,\theta_{0\ Küre}\frac{sin\lambda_1 - \lambda_1 cos\lambda_1}{\lambda_1^3}$$

- $\mathrm{Re_x} = \frac{\mathrm{Ux\rho}}{\mu} = \frac{\mathrm{Ux}}{\upsilon}$
- Kinematik vizkosite

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho}$$

- Direnç katsayısı

$$C_F = \frac{F}{d^2u^2\rho}$$

- $\mathrm{Pr} = \frac{\mu c_p}{k}$
- $\mathrm{Nu} = \frac{hL}{k}$
- $\mathrm{St} = \frac{h}{u\rho c_p}$
- $\mathrm{Pe} = \mathrm{Re.Pr}$
- $\tau_w = 0,32327.\mu U_\infty\left(\frac{U_\infty x}{\vartheta x^2}\right)^{1/2} = 0,32327.\mu U_\infty\left(\frac{U_\infty}{\vartheta x}\right)^{1/2}$
- Sürtünme faktörü

$$f = 4C_{fx}$$

- Yüzey sürtünme katsayısı

$$C_{fx} = \frac{\tau_x}{\frac{1}{2}\rho U^2}$$

- $C_{fx} = 0,646.Re_x^{-1/2}$
- $\overline{C}_f = 1,299\ Re_x^{-1/2}$
- $F_D = \overline{C}_f A\frac{\rho U_\infty^2}{2}$
- Hız sınır tabaka kalınlığı

$$\frac{\delta}{x} = \frac{4,64}{\mathrm{Re}_x^{1/2}}$$

- $\xi = \dfrac{\delta_t}{\delta} = 0,975.Pr^{-1/3}\left[1-\left(\dfrac{x_0}{x}\right)^{3/4}\right]^{1/3}$
- Levha $x_0 = 0$ uzunluğu boyunca ısıtılırsa,

  $\xi = \dfrac{\delta_t}{\delta} = 0,975.Pr^{-1/3}$ $\qquad \delta_t < 1$, $\xi < 1$, $\Pr > 0,7$
- $Nu_x = \dfrac{h_x x}{k} = 0,332.Re_x^{1/2}Pr^{1/3}\left[1-\left(\dfrac{x_0}{x}\right)^{3/4}\right]^{-1/3}$
- $x_0 = 0$ için levha uzunluğu boyunca ısıtılırsa, sabit cidar sıcaklığında,
- $Nu_x = 0,332Re_x^{1/2}Pr^{1/3}$ $\qquad$ *(0,6 ≤ Pr ≤ 50)*
- $\bar{N}u_L = \dfrac{\bar{h}L}{k} = 0,644.Re_L^{1/2}Pr^{1/3}$ $\qquad$ *(0,6 ≤ Pr ≤ 50)*
- Sabit ısı akısında levha boyunca ortalama sıcaklık farkı için

  $\bar{N}u_L = \dfrac{\ddot{q}_w}{\left(\overline{T_w - T_\infty}\right)}\dfrac{L}{k} = 0,680.Re_x^{1/2}Pr^{1/3}$
- Üniform olarak <u>ısıtılan</u> düz bir levha boyunca laminer akış için lokal ***Nu*** sayısı,
- $Nu_x = 0,453.Re^{1/2}Pr^{1/3}$ $\qquad$ 0,6 < Pr < *50*

  $Re_x < 5 \,.\, 10^5$

  $Nu_x = 0,418.Re^{1/2}Pr^{1/3}$ $\qquad$ *Pr ≥ 1*
- Eğer sabit ısı akısı için levhada ısıtılmayan başlangıç bölümü varsa

  $\mathrm{Nu_x} = \dfrac{0,453.\mathrm{Re_x}^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3}}{\left[1-\left(\dfrac{\mathrm{x_1}}{\mathrm{x_2}}\right)^{3/4}\right]^{1/3}}$ $\qquad$ *0,6* < Pr < *50*
- Sıvılar için

  $\mathrm{Nu_x} = 0,76\,\mathrm{Re}^{1/2}.\mathrm{Pr}^{0,43}.\left(\dfrac{\mathrm{Pr}_\infty}{\mathrm{Pr_x}}\right)^{0,25}$
- $\mathrm{Nu_x} = \dfrac{\mathrm{Pe}^{1/2}}{1.547.\mathrm{Pr} + 1,885(1-0,404\,\mathrm{Pr})^{1/2}}$
- $\mathrm{Nu_x} = 0,53\mathrm{Pe}^{1/2}$
- $\mathrm{St_x}\,\mathrm{Pr}^{2/3} = 0,332\,\mathrm{Re_x}^{-1/2} = \dfrac{\mathrm{C_{fx}}}{2}$

- $\overline{C}_f = 1{,}328\,Re_x^{-1/2}$ $\qquad 10^3 < Re_L \le 5.10^5$

- Laminer zorlanmış akış için lokal sürtünme katsayısı

$C_{fx} = 0{,}577\,Re_x^{-1/2}$

- Laminer zorlanmış akış için ortalama sürtünme katsayısı

$\overline{C}_{fx} = 1.154\,Re_x^{-1/2}$

- $Re_{d_{max}} = \dfrac{u_{max} d}{\vartheta}$
- Max hız düzgün boru dizilişi için

$$u_{max} = \frac{S_T}{S_T - d} U_\infty$$

- Max hız saptırmalı boru dizilişi için

$$U_{max} = \frac{A_l}{A_{min}} U_\infty$$

- Saptırmalı sıralamada, $\boldsymbol{A_{min}}$ alanı

$$A_{min} = C_A\, N_{havageçişaralığı}\, d\, Z$$

Burada $\boldsymbol{C_A}$ alan katsayısı olup, $\boldsymbol{S_d}$ köşe uzunluğuna bağlı olarak aşağıdaki gibi verilmiştir,

$$S_d \ge \frac{S_T + d}{2} \quad \text{için} \quad C_A = \frac{S_T}{d} - 1$$

ve

$$S_d < \frac{S_T + d}{2} \quad \text{için} \quad C_A = 2.\left(\frac{S_T}{d} - 1\right)$$

- Boru demeti üzerinde saptırmalı dizilişte ***C*** ve ***m*** katsayılarına bağlı olarak Nusselt sayısı

$$\overline{Nu}_d = C Re_{d_{max}}^m Pr^{0,36} \left(\frac{Pr_\infty}{Pr_w}\right)^{0,25} \qquad \begin{array}{l} 0,7 < Pr < 500 \\ 10 < Re_{d_{max}} < 10^6 \end{array}$$

- 10 veya daha fazla sıradan oluşan boru demetleri için düzgün sıralıda ortalama Nusselt sayısı

$$\overline{Nu}_{d,N_L \ge 10} = C_1 Re_{d_{max}}^m \qquad \begin{array}{r} N_L \ge 10 \\ 2.10^3 < Re_{d_{max}} < 4.10^4 \\ Pr = 0,7 \end{array}$$

- Eğer sıra sayısı $N_L < 10$ ise boru demetleri için düzgün sıralıda ortalama Nusselt sayısı

$$\bar{N}u_{d,N_L<10} = C_2 \bar{N}u_{d,N_L\geq 10}$$

- Sabit cidar sıcaklığında dairesel bir kanalda laminer akış için sıvılarda ortalama Nusselt sayısı

$$\bar{N}u_d = 1,86\left(Re_d Pr \frac{d}{L}\right)^{1/3}\left(\frac{\mu_b}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

- Yakıtın 1 kJ'ünün TL olarak fiyatı (Y);

$$Y = \frac{\text{Bir ton yakıtın fiyatı (TL/ton)}}{\text{Yakıtın alt ısıl değeri x Kazan verimi}}$$

- Ortalama logaritmik sıcaklık farkı

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{ln\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

- Fuel-oil ve diğer sıvı yağlarda kullanılmak üzere laminer akış için,

$$\bar{N}u_d = 1,23.\left(Re_d Pr \frac{d}{L}\right)^{0,4}\left(\frac{\mu_b}{\mu_w}\right)^{1/6}$$

- Pürüzsüz borularda tam gelimiş türübülanslı akış için ortalama Nu sayısı.

Bağıntıda; ısıtma için , n = 0,4, soğutma için, n = 0,3 alınır.

$$\bar{N}u_d = 0,023 Re_d^{0,8} Pr^n$$

- Dikdörtgen ve üçgen kesitli kanallarda türbülanslı akışda hava için, zorlanmış taşınımla ısı transferi için Nu sayısı

$$Nu_{dh} = 0,021 Re_{dh}^{0,8} Pr^{0,4}\left(\frac{T_w}{T_b}\right)^{-0,7}\left[1+\left(\frac{L}{d_h}\right)^{-0,7}\left(\frac{T_w}{T_b}\right)^{0,7}\right]$$

- Hidrolik çap

$$d_h = \frac{4.A}{P}$$

- Dış cidarı yalıtılmış izotermal bir halkanın ısıl giriş bölgesinde hidrodinamik olarak tam gelişmiş laminer akış için Nusselt sayısı

$$Nu = Nu_{\infty} + \left[1 + 0{,}14 \cdot \left(\frac{s}{d_2} \right)^{-1/2} \right] \cdot \frac{0{,}19 \cdot \left(Re_b Pr_b \frac{d_h}{L} \right)^{0{,}8}}{1 + 0{,}117 \cdot \left(Re_b Pr_b \frac{dh}{L} \right)^{0{,}467}}$$

- Sabit yüzey sıcaklığında bir küre üzerinden geçen hava için, ortalama Nusselt sayısını aşağıdaki bağıntı ile vermiştir.

$$\overline{Nu}_d = 2 + \left(\frac{Re_d}{4} + 3.10^{-4}.Re_d^{1,6} \right)^{1/2} \qquad 100 < Re_d < 2.10^5$$

- Isı değiştiricilerinde toplam ısı transfer katsayıları aşağıdaki gibi verilebilir.

$$U_1 = U_{iç} = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + R_{f1} + \frac{A_1}{2\pi k_1 L} ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + R_{k1}\frac{A_1}{A_{1\to 2}} + \frac{A_1}{2\pi k_2 L} ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + R_{k2}\frac{A_1}{A_{2\to 3}} + \frac{A_1}{2\pi k_3 L} ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + R_{f2}\frac{A_1}{A_2} + \frac{A_1}{A_2}\frac{1}{h_2}}$$

$$U_2 = U_{dış} = \frac{1}{\frac{1}{h_1}\frac{A_2}{A_1} + R_{f1}\frac{A_2}{A_1} + \frac{A_2}{2\pi k_1 L} ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + R_{k1}\frac{A_2}{A_{1\to 2}} + \frac{A_2}{2\pi k_2 L} ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + R_{k2}\frac{A_2}{A_{2\to 3}} + \frac{A_2}{2\pi k_3 L} ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + R_{f2} + \frac{1}{h_2}}$$

- Çok geçişli ve çapraz akışlı ısı değiştiricisi için ısı transfer oranı

$$q = UAF\Delta T_m$$