

## Nestacionaren prenos toplote

Makroskopski model – temperaturne gradiente v trdnini zanemarimo

$$-\alpha A_S (T - T_\infty) = \rho V c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Brezdimenzijska temperatura

$$\theta = T - T_\infty$$

$$\frac{\rho V c_p}{\alpha A_S} \frac{d\theta}{dt} = -\theta$$

Rešitev diferencialne enačbe

$$\frac{\rho V c_p}{\alpha A_S} \ln \frac{\theta_i}{\theta} = t \quad \theta_i = T_i - T_\infty$$

$$\frac{\theta}{\theta_i} = \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp\left(\frac{\alpha A_S}{\rho V c_p}\right) t = \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Biotovo število

$$Bi = \frac{\alpha L_c}{A_s}$$

## Naloga 1 a: Termoelement v toku pare

S termoelementom, ki ga aproksimiramo s kroglo, umerimo temperaturo v toku pare. Toplotna prestopnost med paro in termoelementom je  $\alpha = 400 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Fizikalne lastnosti termoelementa so naslednje:  $\lambda = 20 \text{ W/mK}$ ,  $c_p = 400 \text{ kJ/kgK}$  in  $\rho = 8500 \text{ kg/m}^3$ . Določite premer kroglice termoelementa, tako, da bo termična časovna konstanta  $\tau = 1 \text{ s}$ . Koliko časa je potrebno, da kroglica doseže temperaturo  $199 \text{ }^\circ\text{C}$ , če ima kroglica na začetku  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  in jo vložimo v tok pare s temperaturo  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

## Naloga 1 b: Termoelement v toku pare z upoštevanjem sevanja

Obravnavamo podoben termočlen kot v nalogi 1a, le da tokrat upoštevamo tudi sevanje zaradi sten cevi po kateri teče vroča para. Upoštevamo, da je temperatura sten cevi  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , emisivnost termočlena pa 0,9. Izračunajte stacionarno temperaturo termočlena. Določite čas v katerem bo temperatura dosegla  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  nižjo vrednost od stacionarne.

## Naloga 2: Segrevanje fluida zaradi viskoznega trenja

Obravnavamo tok nestisljive tekočine med dvema valjema, kjer se zunanji valj vrti. Trenje med valjema in fluidom povzroča segrevanje fluida. Predpostavimo, da je reža med valjema zelo majhna v primerjavi s polmerom zunanjega valja, tako da lahko zanemarimo učinek ukrivljenosti in hitrostni profil toka poenostavljeno zapišemo v kartezičnem koordinatnem sistemu:

$$v_z(x) = \frac{x}{B} v_o = \frac{x}{B} R\Omega$$

Zapišite porazdelitev temperature fluida v reži, kjer je  $T_o$  temperatura stene notranjega valja in  $T_B$  temperatura stene zunanjega valja. Pri tem upoštevajte izraz za Brinkmanovo število, ki definira pomen viskoznega segrevanja v primerjavi s temperaturno razliko:

$$Br = \frac{\mu v_o^2}{\lambda(T_B - T_o)}$$

Rešitev:

$$\frac{T - T_o}{T_B - T_o} = \left(\frac{x}{B}\right) + \frac{1}{2} Br \left(\frac{x}{B}\right) \left[1 - \left(\frac{x}{B}\right)\right]$$

## Naloga 3: Jedrski odpadki v krogli

Sestavljena sferična lupina notranjega polmera 25 cm je skonstruirana in svinca polmera 30 cm in jekla polmera 31 cm. Notranjost lupine je zapolnjena z radioaktivnimi odpadki, ki generirajo  $5 \cdot 10^5 \text{ W/m}^3$  toplote. Na zunanji strani kroglo hladimo z vodo  $T_\infty = 10^\circ \text{C}$  in  $\alpha = 500 \text{ W/m}^2$ . Svinec ima toplotno prevodnost 35,5 W/mK, jeklo pa 15,1 W/mK. Določite temperaturo svinca na notranji strani.

Rešitev:

$$T_1 = \dot{Q}_V \left( \frac{4\pi R_1^3}{3} \right) \left[ \frac{1}{4\pi\lambda_s} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{1}{4\pi\lambda_j} \left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} \right) + \frac{1}{\alpha_o (4\pi R_3^2)} \right] + T_\infty$$