

Errata za Prenosni pojavi 2. del, Prenos toplote:
Zbirka rešenih nalog, izdaja 2009

Jure Ravnik

9. maj 2011

- V besedilu 90 naloge na strani 22 je uparjalna toplota enaka $214kJ/kg$.
- Prva enačba na strani 27 se glasi

$$q = \lambda_1 \frac{T_1 - T_2}{d_1} = \lambda_2 \frac{T_2 - T_3}{d_2}.$$

- Peta enačba na strani 35 se glasi

$$\dot{Q} = \frac{T_n - T_z}{R}, \quad \frac{1}{R} = \frac{4\pi\lambda}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}.$$

- Na strani 36 je iz priročnika napačno izpisana toplotna prevodnost stekla. Prava vrednost je $\lambda_s = 0.76W/mK$. Zato se rezultati spremenijo v $q_a = 3040W/m^2$, $q_b = 15.6W/m^2$, $q_c = 10.8W/m^2$.

- Enačba na strani 40 se glasi

$$B = \frac{\lambda(T_2) - \lambda(T_1)}{\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_2^2}} = 701768.4 \frac{WK}{m}, \quad \lambda_0 = \lambda(T_1) + \frac{B}{T_1^2} = 22.17W/mK.$$

- Enačba (3.7) na strani 45 se glasi

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{I_0 r}{4\lambda} + \frac{I_0 r^3}{4\lambda R^2} + \frac{K_1}{r},$$

- Na dnu strani 32: $1BTU/h = 0.293W$
- Druga enačba na strani 69:

$$\int_{T_0}^T \frac{dT}{T - T_\infty} = -\frac{\alpha A}{\rho c_p V} \int_0^t dt,$$

- Pri rešitvi naloge 68 je iz priročnika napačno izpisana gostota vode $\rho = 980.25 \text{ kg/m}^3$ in s tem se spremeni Prandtlovo število na $Pr = 2.818$.
- Na strani 71 Biotovo število znaša

$$Bi = \frac{\alpha d}{6\lambda} = 1.6 \cdot 10^{-3} \ll 1.$$

- Na strani 79 sta pri rešitvi naloge 46 zamenjani viskoznosti. Pravilno besedilo se glasi: S priročnikom ugotovimo, da je viskoznost vode pri 260°C $\nu_1 = 0.1358 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, pri 50°C pa $\nu_2 = 0.568 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Rezultat naloge je pravilen.
- Prva enačba na strani 92 se glasi

$$\mathcal{L} = \frac{4A}{o} = \frac{4 \frac{1}{2} L \frac{\sqrt{3}}{2} L}{2L} = \frac{\sqrt{3}}{2} L = 0.13m.$$

- Pri rešitvi naloge 83 je površina kanala $A_z = 2(b + h)L = 20m^2$.
- Pri rešitvi naloge 57 so iz priročnika izpisane lastnosti vode pri napačni temperaturi. Na končno rešitev naloge to nima vpliva, saj proti koncu naloge podatke izpišemo še enkrat, vmesni rezultati pa so napačni. Popravljeno besedilo:

Za prvi približek torej ugibamo $T_1 = 40^\circ\text{C}$ in lastnosti vode izpišemo pri $\bar{T} = (T_0 + T_1)/2 = 35^\circ\text{C}$. V priročniku preberemo gostoto $\rho = 993.5 \text{ kg/m}^3$, specifično toploto $c_p = 4179 \text{ J/kgK}$, toplotno prevodnost $\lambda = 0.620 \text{ W/mK}$ in viskoznost $\nu = 0.746 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Za izračun Reynoldsovega števila potrebujemo hitrost toka. Izračunamo ga iz pretoka

$$\dot{m} = \rho v A \implies v = \frac{4\dot{m}}{\rho \pi d^2} = 0.744 \text{ m/s}.$$

Z zbranimi podatki izračunamo Prandtlovo in Reynoldsovo število:

$$Pr = \frac{\nu \rho c_p}{\lambda} = 5, \quad Re = \frac{vd}{\nu} = 1.2 \cdot 10^4.$$

Reynoldsovo število je dovolj visoko, da je tok v kanalu turbulenten. Prenos toplote lahko ovrednotimo z nastavkom Dittus-Boelterja. Če vodo grejemo in toplota prestopa iz kanala na vodo, velja nastavek

$$Nu = 0.0243 Re^{0.8} Pr^{0.4} = 84.6, \quad \implies \alpha = \frac{\lambda}{d} Nu = 4370 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Vzdolž cevi se voda greje s prestopom. Toplotni tok je odvisen od razlike temperature vode in stene. Ker se temperatura vode vzdolž cevi povečuje, dobimo končno temperaturo s pomočjo integracije. Zapišemo delček toplotnega toka, ki greje vodo na delčku cevi:

$$dQ = \dot{m} c_p dT = -\alpha(T - T_s) dA = -\alpha(T - T_s) \pi d \cdot dL.$$

Enačbo preuredimo in integriramo vzdolž cevi od vstopne do izstopne temperature

$$\dot{m} c_p \int_{T_0}^{T_1} \frac{dT}{T - T_s} = -\pi d \alpha \int_0^L dL$$

in iz rezultata izrazimo temperaturo na koncu cevi:

$$T_1 = T_s - (T_s - T_0)e^{-\frac{\pi d \alpha L}{m c p}} = 49.4^\circ C.$$

- Popravljen besedila nalog

14. Del peči je izdelan iz ploščic iz Cr-Ni jekla debeline 28mm . Določi gostoto toplotnega toka skozi ploščice, če je temperatura na notranji strani $400^\circ C$, na zunanji pa $360^\circ C$! Toplotna prevodnost jekla je odvisna od temperature $\lambda(T) = \lambda_0 - B/T^2$, kjer sta λ_0 in B konstanti. Vemo, da je toplotna prevodnost enaka 14W/mK pri $20^\circ C$ in 21W/mK pri $500^\circ C$. (Rešitev: $q = 29.3\text{kW/m}^2$; stran 40)

48. Zrak stanja $15^\circ C$ in 1bar teče s hitrostjo 8m/s vzdolž ploščatega grelnika zraka. Temperatura grelnika je $115^\circ C$. Določi debelino hitrostne in toplotne mejne plasti na razdalji 0.6m od začetka plošče in določi položaj točke prehoda iz laminarnega in turbulenten tok! Kolikšen je toplotni tok, ki preide iz plošče na zrak za meter široko ploščo na dolžini 0.6m ? (Rešitev: $\delta_T = 6.1\text{mm}$, $\delta_v = 5.67\text{mm}$, $L_{kr} = 1.24\text{m}$, $\dot{Q} = 827.8\text{W}$; stran 79)

92. V peči se nahajajo vroči plini, ki jih od okoliškega zraka in okoliških površin loči opečni zid debeline 0.15m . Okolica je na temperaturi $25^\circ C$. Toplotna prevodnost zidu je 1.2W/mK , emisivnost pa 0.8 . Pri ustaljenih pogojih delovanja peči je izmerjena zunanja temperatura zidu $100^\circ C$. Zrak v okolici peči se giblje, njegov konvektivni učinek na steno pa je podan s toplotno prestopnostjo, ki znaša $20\text{W/m}^2\text{K}$. Določi temperaturo na notranji strani opečnega zidu, ki je v stiku z vročimi plini! (Rešitev: $T_1 = 352.5^\circ C$; stran 122)

Hvala vsem študentom, ki so prispevali pri odkrivanju napak.