

Soluție la problema 1

Un ou fiert tare (10 puncte)

a. Oul este coagulat în întregime atunci când temperatura sa atinge $T_c = 65^\circ\text{C}$ în întreg volumul oului. Cantitatea Q de căldură care trebuie transmisă oului considerat a fi o sferă cu raza R , volumul V și masa m în aceste condiții este

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = \frac{4\pi}{3} R^3 \cdot \rho \cdot c \cdot (T_c - T_0) \quad (1)$$

Prin urmare cantitatea de căldură necesară coagulării este

$$Q = \frac{4\pi}{3} (2,5 \times 10^{-2})^3 \times 10^3 \times 4200 \times (65 - 4) J = 16768 J \quad (2)$$

b. Forma simplificată a legii Fourier (3.2) nu descrie foarte corect curgerea căldurii între coajă și interiorul oului. Formula se referă la curgerea căldurii pe direcția perpendiculară pe un perete infinit, cu fețele reprezentate de plane paralele, menținute – fiecare – la o temperatură dată.

Dacă modelăm curgerea căldurii către „miezul” oului prin curgerea căldurii printr-un perete de grosime egală cu raza oului și dacă presupunem că în cursul procesului coaja oului rămâne tot timpul la temperatura apei care fierbe T_1 , iar miezul oului rămâne mereu la temperatura $T_0 = 4^\circ\text{C}$, fluxul termic poate fi scris

$$J = \kappa(T_1 - T_0)/R \quad (3)$$

Ținând seama de datele numerice furnizate

$$J = 0,64 \times (100 - 4) / 2,5 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \approx 2458 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad (4)$$

c. Căldura care este transferată oului „ curge ” prin suprafața S a acestuia, și este caracterizată de fluxul J calculat mai sus.

Puterea transferată oului are expresia

$$P = S \cdot J = 4\pi \cdot R^2 \cdot J = 4\pi \cdot k \cdot R \cdot (T_1 - T_0) \quad (5)$$

Valoarea numerică a puterii termice transferate oului este

$$P = 4\pi \times 0,64 \times 2,5 \times 10^{-2} \times 96 W \approx 19,3 W \quad (6)$$

d. Folosind (3.19) și (3.23) se poate scrie relația care să permită estimarea timpul τ necesar transferării căldurii pentru fierberea oului

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{R^2 \cdot \rho \cdot c}{3 \cdot k} \cdot \frac{(T_c - T_0)}{(T_1 - T_0)} \quad (7)$$

Valoarea numerică a acestui timp este

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{(2,5 \times 10^{-2})^2 \times 1000 \times 4200}{3 \times 0,64} \cdot \frac{(61)}{(96)} s \approx 869 s \approx 14,5 \text{ minute} \quad (8)$$

Delia DAVIDESCU, SNEE București

Adrian S.DAFINEI, Universitatea București