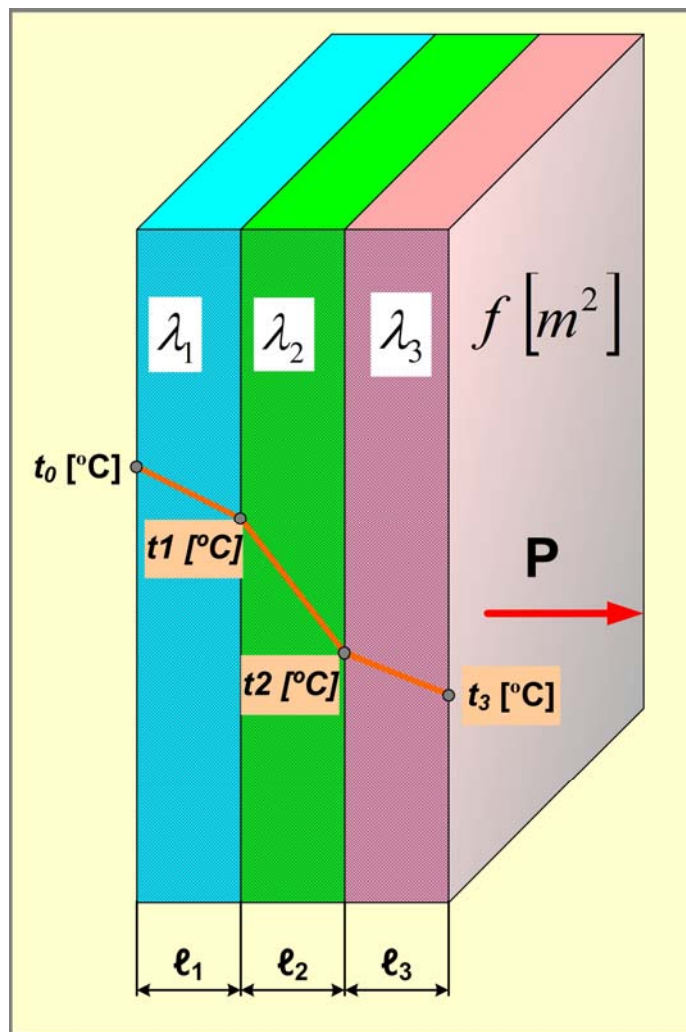


Трислойна плоска стена с площ $f = 7,2 \text{ [m}^2\text{]}$ има следните коефициенти на топлопроводност и дебелини на слоевете : първи слой $\lambda_1 = 0,21 \text{ [W / m.K]}$ и $l_1 = 0,02 \text{ [m]}$, втори слой $\lambda_2 = 0,44 \text{ [W / m.K]}$ и $l_2 = 0,2 \text{ [m]}$ и трети слой $\lambda_3 = 0,035 \text{ [W / m.K]}$ и $l_3 = 0,05 \text{ [m]}$. Температурата от вътрешната страна на стената е $t_0 = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$, а топлинната мощност, преминаваща през нея е $P = 145 \text{ [W]}$. През стената протича стационарен процес на пренос на топлина само чрез топлопроводност.

Определете температурата $t_3 \text{ [}^\circ\text{C]}$ на външната страна на плоската стена, както и температурите $t_1 \text{ [}^\circ\text{C]}$ и $t_2 \text{ [}^\circ\text{C]}$ между слоевете (фиг.1).



Фиг.1.

Дадено :

$$\lambda_1 = 0,21 \text{ [W / m.K]}; \lambda_2 = 0,44 \text{ [W / m.K]}; \lambda_3 = 0,035 \text{ [W / m.K]}$$

$$l_1 = 0,02 \text{ [m]}; l_2 = 0,2 \text{ [m]}; l_3 = 0,05 \text{ [m]}$$

$$t_0 = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}; t_3 = -20 \text{ [}^\circ\text{C]}; f = 7,2 \text{ [m}^2\text{]}; P = 145 \text{ [W]}$$

Да се намери :

$$t_1 \text{ [}^\circ\text{C]}; t_2 \text{ [}^\circ\text{C]}; t_3 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Решение :

Специфичната топлинна мощност $p \left[W / m^2 \right]$, преминаваща през трите слоя е една и съща. Записваме уравнението за специфичната топлинна мощност по отделно за всеки слой :

$$\begin{aligned} p &= \frac{t_0 - t_1}{r_{T1}} \left[\frac{W}{m^2} \right] \\ (1) \quad p &= \frac{t_0 - t_2}{r_{T2}} \left[\frac{W}{m^2} \right] \\ p &= \frac{t_0 - t_3}{r_{T3}} \left[\frac{W}{m^2} \right] \end{aligned}$$

Където термичните съпротивления са съответно :

$$\begin{aligned} r_{T1} &= \frac{l_1}{\lambda_1} \left[\frac{m^2.K}{W} \right] \\ (2) \quad r_{T2} &= \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} \left[\frac{m^2.K}{W} \right] \\ r_{T3} &= \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} \left[\frac{m^2.K}{W} \right] \end{aligned}$$

От (1) изразяваме търсените температури :

$$\begin{aligned} t_1 &= t_0 - p.r_{T1} \left[^\circ C \right] \\ (3) \quad t_2 &= t_0 - p.r_{T2} \left[^\circ C \right] \\ t_3 &= t_0 - p.r_{T3} \left[^\circ C \right] \end{aligned}$$

Топлинната мощност ще получим като умножим мощността на топлинния поток по площта на стената :

$$\begin{aligned} P &= p.f \left[W \right] \\ (4) \quad p &= \frac{P}{f} \left[W / m^2 \right] \end{aligned}$$

Заместваме p от (4) в (3) :

$$\begin{aligned} t_1 &= t_0 - \frac{P}{f}.r_{T1} \left[^\circ C \right] \\ (5) \quad t_2 &= t_0 - \frac{P}{f}.r_{T2} \left[^\circ C \right] \\ t_3 &= t_0 - \frac{P}{f}.r_{T3} \left[^\circ C \right] \end{aligned}$$

Заместваме с конкретните стойности :

$$r_{T1} = \frac{l_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,21} = 0,0952 \left[\frac{m^2.K}{W} \right]$$

$$r_{T3} = \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} = \frac{0,02}{0,21} + \frac{0,2}{0,44} = 0,55 \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

$$r_{T3} = \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} = \frac{0,02}{0,21} + \frac{0,2}{0,44} + \frac{0,05}{0,035} = 1,98 \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

$$t_1 = t_0 - \frac{P}{f} \cdot r_{T1} = 20 - \frac{145}{7,2} \cdot 0,0952 = 18,08 \text{ } [^{\circ}C]$$

$$t_2 = t_0 - \frac{P}{f} \cdot r_{T2} = 20 - \frac{145}{7,2} \cdot 0,55 = 8,92 \text{ } [^{\circ}C]$$

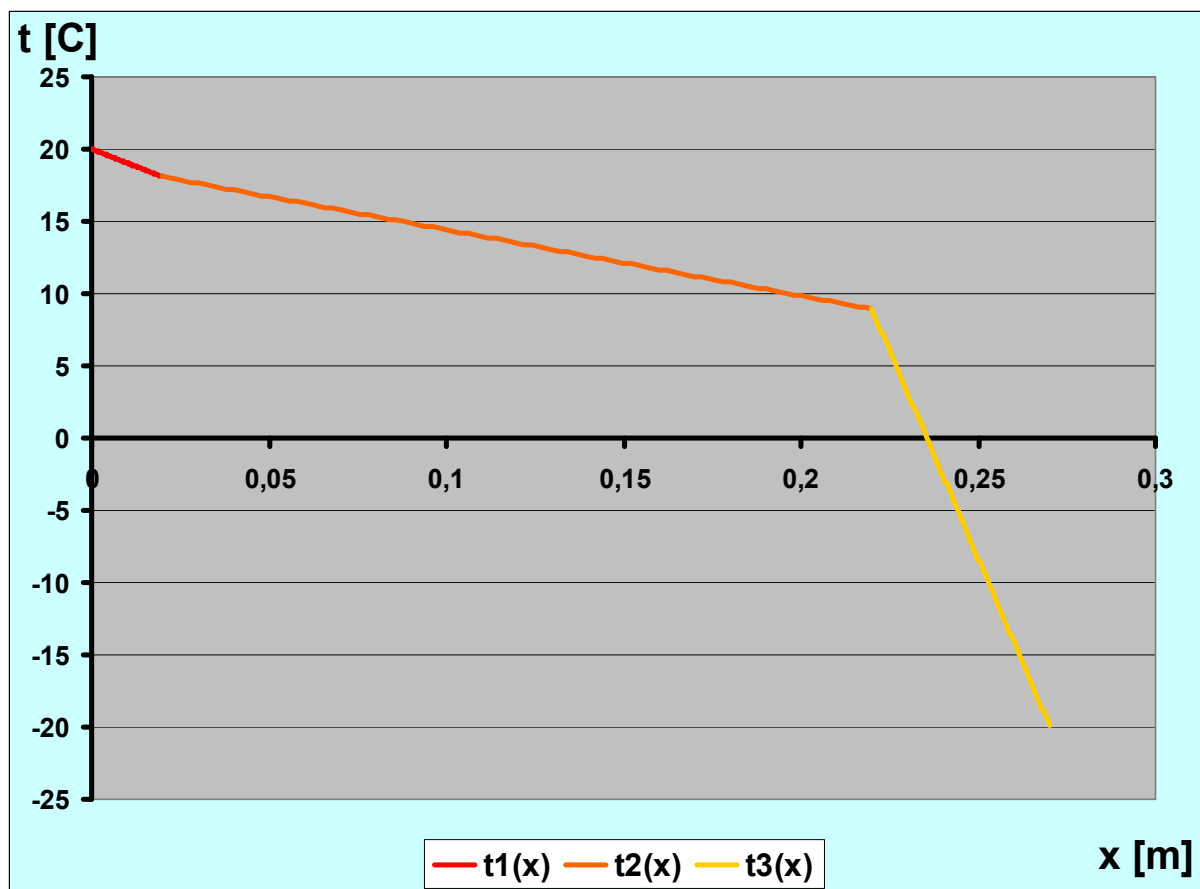
$$t_3 = t_0 - \frac{P}{f} \cdot r_{T3} = 20 - \frac{145}{7,2} \cdot 1,98 = -19,84 \text{ } [^{\circ}C]$$

Използваме [уравнението](#) описващо изменението на температурата в плоска стена, за да направим графика на температурното поле в трите слоя (графика 1) :

$$t(x) = t_0 - \frac{t_0 - t_1}{l_1} \cdot x \text{ } [C]$$

$$(6) \quad t(x) = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{l_2} \cdot x \text{ } [C]$$

$$t(x) = t_2 - \frac{t_2 - t_3}{l_3} \cdot x \text{ } [C]$$



Графика 1.

Решение в Excel

Отговор :

$$t_1 = t_0 - \frac{P.r_{m(1)}}{f} \left[^\circ C \right]; t_2 = t_0 - \frac{P.r_{m(2)}}{f} \left[^\circ C \right]; t_3 = t_0 - \frac{P.r_{m(3)}}{f} \left[^\circ C \right]$$

$$r_{m(1)} = \frac{l_1}{\lambda_1} \left[\frac{m^2.K}{W} \right]; r_{m(2)} = \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} \left[\frac{m^2.K}{W} \right]; r_{m(3)} = \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} \left[\frac{m^2.K}{W} \right]$$