

Wärmeübertragung I

9. Übung (Instationäre Wärmeleitung)

1. Aufgabe (Klausuraufgabe)

Zwei Assistenten wandern durch den Schwarzwald und haben dabei einen Verpflegungsrucksack auf dem Rücken. Als sie an einer Quelle mit Brunnen vorbeikommen beschließen sie, eine kurze Rast einzulegen. Durch die große Hitze hatten sich ihre Getränkedosen auf eine Temperatur von $T_A = 30^\circ\text{C}$ erwärmt. So entschließen sie sich dazu, die Getränke mit Hilfe des Quellwassers ($T_\infty = 12^\circ\text{C}$) acht Minuten lang zu kühlen.

- Sie legen die Dose in das Brunnenbecken. Welche kalorische Mitteltemperatur \bar{T} hat das Getränk nach 8 Minuten, wenn davon ausgegangen wird, dass keine freie Konvektion in der Dose auftritt? Die Wassertemperatur T_∞ bleibt konstant. Der äußere Wärmeübergangswiderstand soll vernachlässigt werden.
- Um das Getränk stärker abzukühlen, schwenken die Assistenten die Dose im Becken nach 2, 4 und 6 Minuten. Hierbei soll angenommen werden, dass sich der Inhalt der Dose nach jedem Schwenken ideal rückvermischt hat. Welche kalorische Mitteltemperatur \bar{T} hat dann das Getränk am Ende der acht Minuten?

Hinweise:

Die Dose soll wie ein endlos langer Zylinder mit einem Durchmesser von $d = 6\text{ cm}$ und einer Länge von $l = 18\text{ cm}$ behandelt werden. Über die Stirnseiten werde keine Wärme übertragen. Die Wanddicke sei vernachlässigbar. Die Flüssigkeit in der Dose ist wie Wasser zu behandeln.

Daten:

Durchmesser der Dose

$$d = 6\text{ cm}$$

Länge der Dose

$$l = 18\text{ cm}$$

Wärmeleitfähigkeit des Getränks

$$\lambda = 590 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

Dichte des Getränks

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Wärmekapazität des Getränks

$$c_p = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

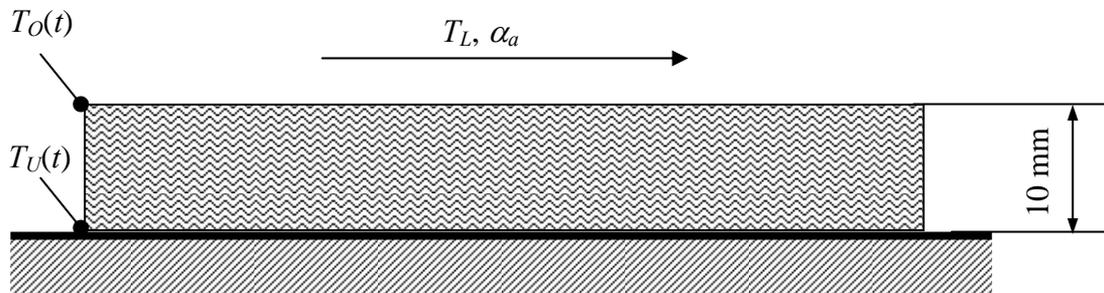
Kinematische Viskosität des Getränks

$$\nu = 1,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

2. Aufgabe (Klausuraufgabe)

Ein plattenförmiges Gut mit einer Anfangstemperatur von $T_A = 80^\circ\text{C}$ soll mittels kalter Luft abgekühlt werden.

- Berechnen Sie die notwendige Zeit t_E , nach der die Platte die kalorische Mitteltemperatur von $\bar{T}(t_E) = 40^\circ\text{C}$ erreicht hat.
- Wie groß ist dann zu diesem Zeitpunkt der Unterschied zwischen der Temperatur an der Oberfläche $T_0(t_E)$ und an der Unterseite der Platte $T_U(t_E)$?
- Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf der Temperaturen $\bar{T}(t)$; $T_0(t)$; $T_U(t)$ über der Zeit und markieren Sie das zeitliche Nachhinken der Temperatur der Unterseite gegenüber der kalorischen Mitteltemperatur (s.g. Totzeit) zum Zeitpunkt t_E .

Hinweise:

Die Unterseite der Platte darf als adiabatisch angesehen werden, das heißt es findet nur an der Oberseite der Platte Wärmeübergang statt. Rechnen Sie bei der Berechnung der kalorischen Mitteltemperatur (Teil a) mit einem konstanten Wärmeübergangskoeffizienten; es gilt $Nu_i = 4 + a^*$.

Daten:

Anfangstemperatur der Platte	$T_A = 80^\circ\text{C}$
Dichte des Plattenmaterials	$\rho = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Dicke der Platte	$s = 0,01 \text{ m}$
Wärmekapazität der Platte	$c_p = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
Wärmeleitfähigkeit der Platte	$\lambda = 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$
Temperatur der Luft	$T_L = 20^\circ\text{C}$
Wärmeübergangskoeffizient Platte - Luft	$\alpha_a = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$