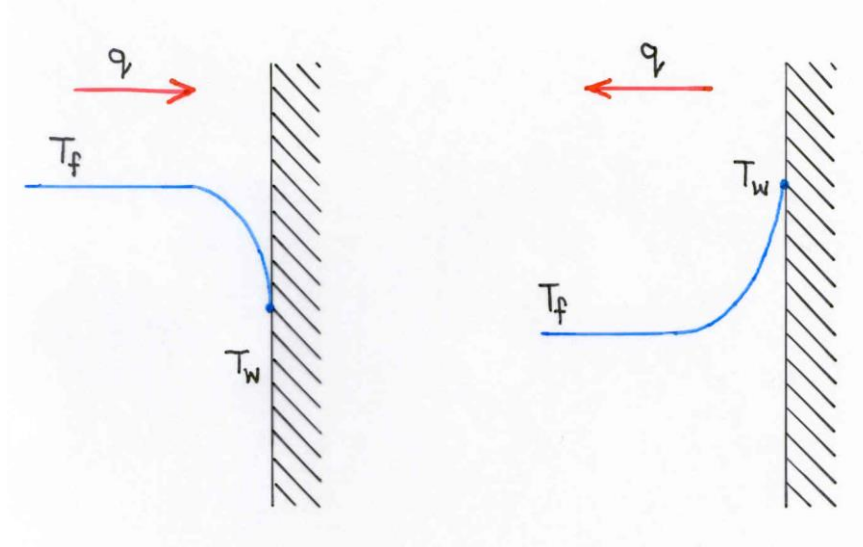


## Wnikanie (przejmowanie) ciepła

Wnikaniem ciepła nazywamy wymianę ciepła pomiędzy ścianką i omywającym ją płynem.



Wymianę ciepła na drodze wnikania opisuje empiryczne równanie *Newtona*

$$Q = A\alpha(T_w - T_f) \quad (1.1)$$

gdzie:

$Q$  – strumień wnikającego ciepła, W

$A$  – powierzchnia wymiany ciepła,  $m^2$

$\alpha$  – współczynnik wnikania (przejmowania) ciepła,  $W/(m^2 \cdot K)$

$T_w$  – temperatura ścianki, °C, K

$T_f$  – temperatura płynu, °C, K

Współczynnik wnikania ciepła,  $\alpha$ , zależy od:

- prędkości płynu:  $w$ ,
- od kształtu, wielkości, rodzaju i temperatury powierzchni wymiany ciepła:  $\varphi, l_1, l_2, \dots, T_w$ ,

- od parametrów termofizycznych płynu:  $T_f, p, \rho, c, \lambda, \nu$ .

$$\alpha = f(w, T_f, T_w, p, \rho, c, \lambda, \nu, \phi, l_1, l_2, \dots) \quad (1.2)$$

### Przykład

Dla wymuszonego przepływu burzliwego cieczy lub gazu w kanale, na drodze doświadczalnej można określić zależność

$$\text{Nu} = C \text{Re}^m \text{Pr}^n \quad (1.3)$$

gdzie typowe wartości  $m$  oraz  $n$  wynoszą:  $m=0,8$ ;  $n=0,4$ .

Liczba *Nusselta* (bezwymiarowa)

$$\text{Nu} = \frac{\alpha d_h}{\lambda} \quad (1.4)$$

Liczba *Reynoldsa* (bezwymiarowa)

$$\text{Re} = \frac{w d_h}{\nu} \quad (1.5)$$

$d_h$  jest wymiarem liniowym charakteryzującym przekrój poprzeczny kanału. Dla kanału o przekroju kołowym (rury) jest to średnica wewnętrzna kanału. Dla kanałów o innych przekrojach poprzecznych jest to najczęściej ich średnica hydrauliczna  $d_h = 4A/\Omega$ , gdzie  $A$  jest polem przekroju poprzecznego kanału,  $\Omega$  jest obwodem zwilżonym kanału.

$\nu [m^2 / s]$  jest współczynnikiem lepkości kinematycznej.

Liczba *Prandtla* (bezwymiarowa)

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} \quad (1.6)$$

Z równania (1.4) wyznacza się współczynnik wnikania ciepła

$$\alpha = \frac{\lambda \text{Nu}}{d_h} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (1.7)$$

Współczynnik wyrównania temperatury  $a$  jest definiowany następująco

$$a = \frac{\lambda}{\rho c_p} \quad [\text{m}^2 / \text{s}] \quad (1.8)$$

Zakresy wartości współczynników przejmowania ciepła w $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$		
Rodzaj płynu	Konwekcja swobodna	Konwekcja wymuszona
Gaz	5 – 30	30 – 500
Woda	30 – 300	300 – $2 \cdot 10^4$
Olej	5 – 100	30 – 3000
Ciepłe metale	50 – 500	500 – $2 \cdot 10^4$
Wrząca woda	$2 \cdot 10^3$ – $2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$ – $10^5$
Kondensacja pary wodnej	$3 \cdot 10^3$ – $3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$ – $2 \cdot 10^5$

Równanie (1.1) po podzieleniu stronami przez  $A$  można przedstawić w postaci

$$q = \frac{T_w - T_f}{R_\alpha} \quad (1.9)$$

gdzie

$$R_\alpha = \frac{1}{\alpha} \quad (1.10)$$

jest oporem wnikania ciepła.