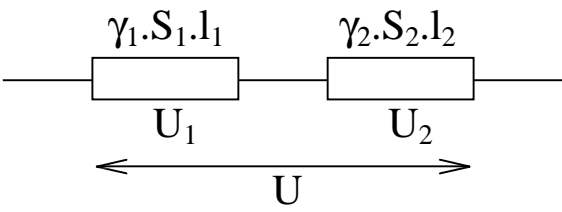
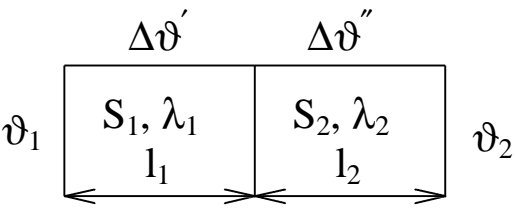


## Analogie mezi polem teplotním a elektrickým

Pole elektrické	Pole teplotní
1. Potenciál $V$ [V]	1. Termodynamická teplota $\Theta$ [K]
2. Napětí $U = V_1 - V_2$ [V]	2. Teplotní rozdíl $\Delta\Theta = \Theta_1 - \Theta_2$ [K]
3. Konduktivita (měrná vodivost) $\gamma$ [S.m <sup>-1</sup> ]	3. Součinitel tep. vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
4. Elektrická vodivost $G = \frac{\gamma \cdot S}{l}$ [S]	4. Tepelná vodivost $G = \frac{\lambda \cdot S}{l}$ [W.K <sup>-1</sup> ]
5. Hustota proudu $\bar{J}$ [A.m <sup>-2</sup> ]	5. Hustota tepelného toku $\bar{q}$ [W.m <sup>-2</sup> ] Tok tepla za jednotku času připadající na jednotku plochy
6. Elektrický proud $I = \int_S \bar{J} \cdot d\bar{S}$ [A]	6. Tepelný tok $= \int_S \bar{q} \cdot d\bar{S}$ [W]
7. Odpor v sérii 	7. Vedení tepla složenou stěnou 

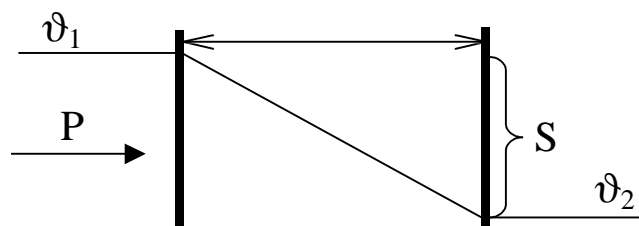
## ad a) vedení tepla

### Jednoduchá stěna

$$P = \frac{S \cdot \lambda \cdot \Delta \vartheta}{l} \quad [\text{W}; \text{m}^2; \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \text{K}; \text{m}]$$

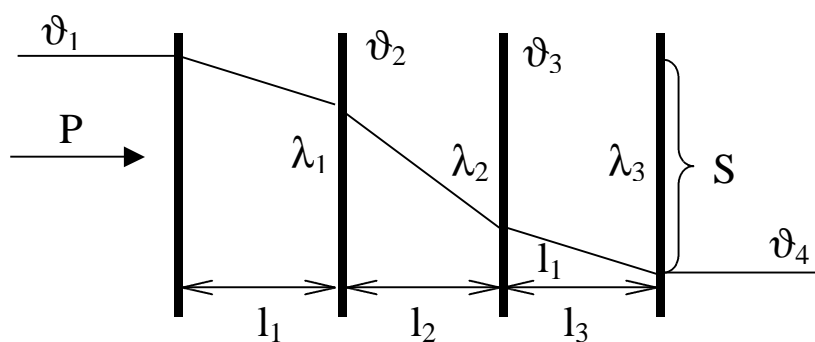
$$P = \frac{Q}{t} \quad [\text{W}; \text{J}; \text{s}]$$

$$q = \frac{P}{S} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}; \text{W}; \text{m}^2]$$



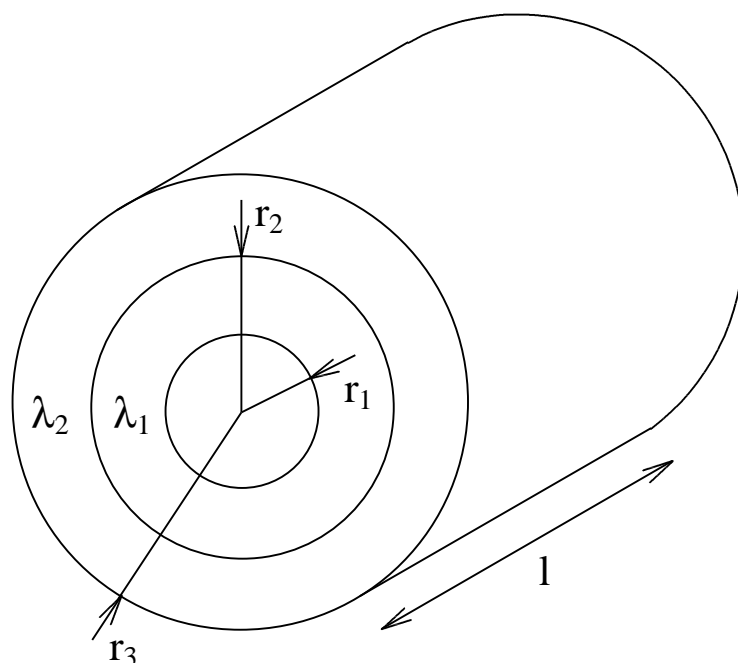
### Složená stěna

$$P = \frac{S \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_4)}{\frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3}}$$



### Válcová stěna

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta \vartheta \cdot l}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$



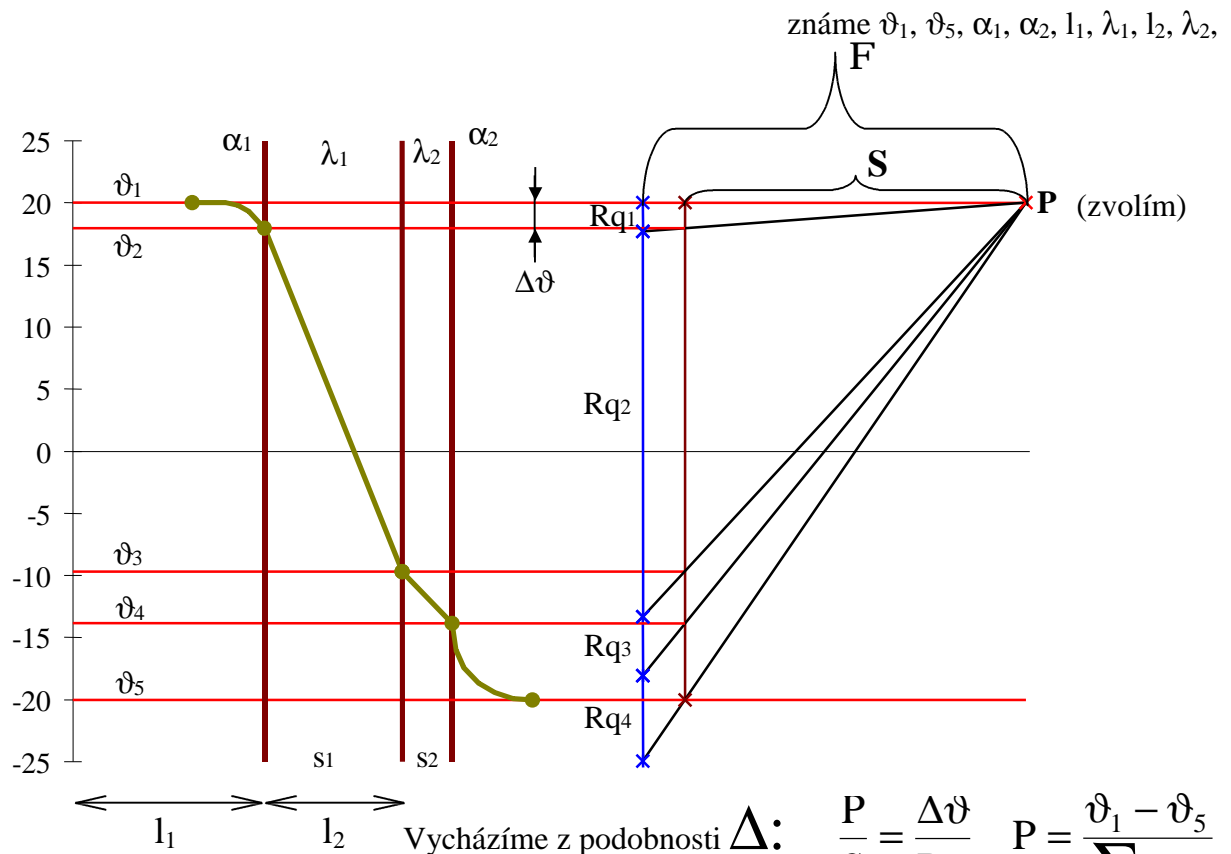
## ad b) proudění

$$P = S \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta \quad [W; m^2; W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}; K]$$

$$P = \frac{\Delta \vartheta \cdot S}{\frac{1}{\alpha}} \quad \alpha \dots \text{součinitel přechodu tepla}$$

(jak velký tepelný tok protéká jednotkovou plochou při teplotním rozdílu 1K)

### Grafické řešení kombinace šíření tepla vedením a prouděním



Pro jednotkovou plochu:  $R_{q1} = \frac{1}{\alpha_1} \quad R_{q2} = \frac{l_1}{\lambda_1} \quad R_{q3} = \frac{l_2}{\lambda_2}$

$$R_{q4} = \frac{1}{\alpha_2}$$

$$\Delta \vartheta = \frac{P}{S} \cdot \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right)$$

k...součinitel přestupu

## ad c) sálání

### Planckův zákon

$$M_{\lambda\check{\epsilon}} = f(\Theta, \lambda) = \frac{c_1}{\lambda^5 \cdot (e^{c_2/\lambda \cdot \Theta} - 1)} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-3}; \text{m}; \text{K}]$$

$M_{\lambda\check{\epsilon}}$  ... spektrální hustota intenzity vyzařování

$$c_1 = 3,73 \cdot 10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^2$$

$$c_2 = 1,438 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Udává výkon vyzařovaný na dané vlnové délce z  $\text{m}^2$  plochy.

### Wienův zákon

$$\lambda_m = \frac{2892}{\Theta} \quad [\mu\text{m}; \text{K}]$$

### Stefan-Boltzmannův zákon – úhrnná zářivost

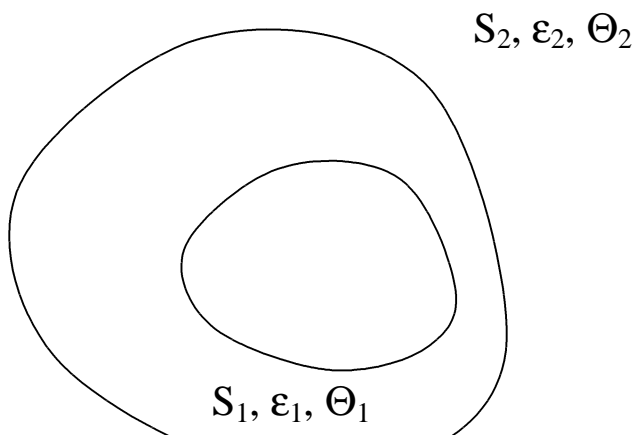
$$P_{\check{\epsilon}} = 5,67 \cdot \left( \frac{\Theta}{100} \right)^4 \cdot S \quad [\text{W}; \text{K}; \text{m}^2]$$

$$\sigma_{\check{\epsilon}} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

### Sálání dvou obklopujících se ploch

$$P_{\check{\epsilon}} = \frac{S_1 \cdot \sigma_{\check{\epsilon}}}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{S_1}{S_2} \left( \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} \cdot \left[ \left( \frac{\Theta_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{\Theta_2}{100} \right)^4 \right] \quad [\text{W}; \text{m}^2; \text{K}]$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{\sigma_{\check{\epsilon}}} \quad \epsilon \dots \text{emisivita}$$

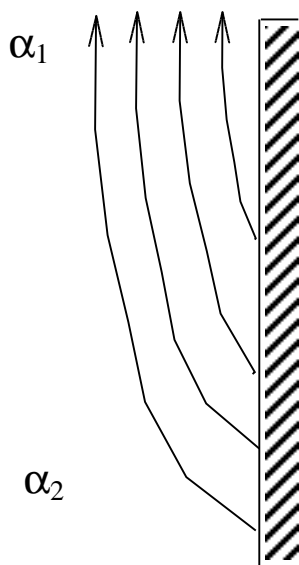


### Tabulka hodnot součinitele přestupu tepla $\alpha$ pro běžné případy

	$\alpha_{\min} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$	$\alpha_{\max} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
Klidný vzduch	3,5	35
Proudící vzduch	11	584
Proudící kapalina	2300	5800
Vroucí kapalina	4660	6970
Kondenzující páry	8055	13580

Obečně platí, že  $\alpha$  je funkcí:  $\alpha = f(x, y, z, \lambda, \nu, c, \eta, \nu, \Delta\vartheta, \dots)$

#### Svislá stěna – přirozená konvekce



$$\alpha_1 = 4,1 \cdot \Delta\vartheta^{0,13}$$

pro  $\vartheta_1$  od 15 do 85°C

$$\alpha_1 = 2,4 \cdot \Delta\vartheta^{0,25}$$

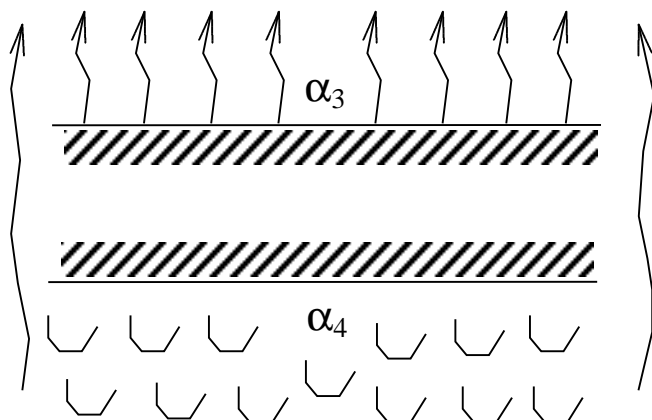
pro  $\vartheta_1$  od 85 do 150°C

$$\Delta\vartheta = (\vartheta_1 - \vartheta_0)$$

$\vartheta_0$ ...teplota okolí

$\vartheta_1$ ...teplota povrchu stěny

### Vodorovná rovinná stěna – přirozená konvekce

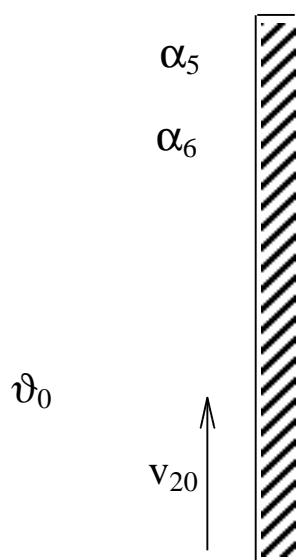


$$\alpha_3 = 2,5 \cdot \Delta\vartheta^{0,25}$$

$$\alpha_4 = 1,31 \cdot \Delta\vartheta^{0,25}$$

Pro rozdělení teplot 15 , 150°C

### Svislá rovinná stěna – nucená konvekce



$$\alpha_5 = 1,4 + 3,95 \cdot v_{20}$$

pro  $v_{20} < 5 \text{ m.s}^{-1}$

$$\alpha_6 = 7,13 + v_{20}^{0,78}$$

pro  $v_{20} > 5 \text{ m.s}^{-1}$

$v_{20}$ ...rychlost proudění přepočtená na

$$v_{20} = v_{sk} \cdot \frac{273 + 20}{273 + \vartheta_{sk}}$$

$v_{sk}$ ...skutečná rychlost

$\vartheta_{sk}$ ...skutečná teplota vzduchu