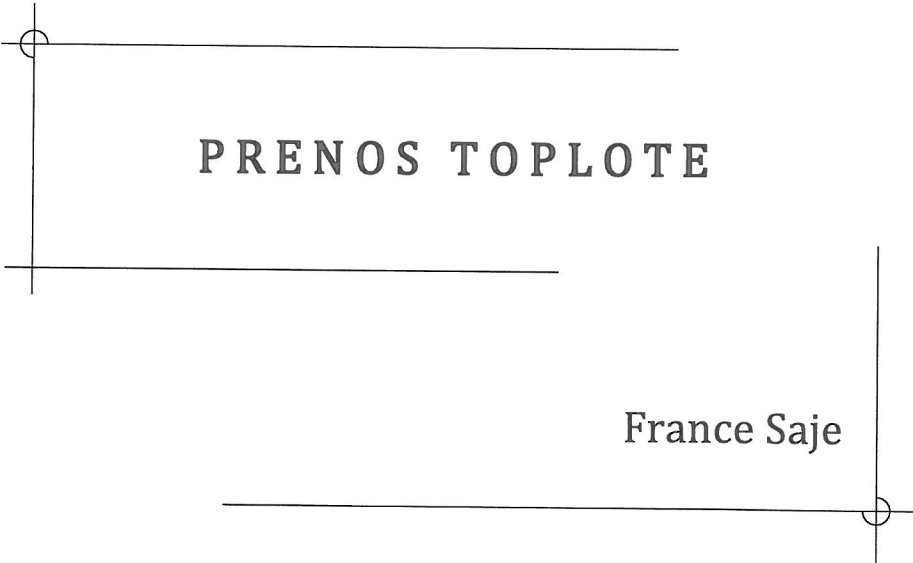
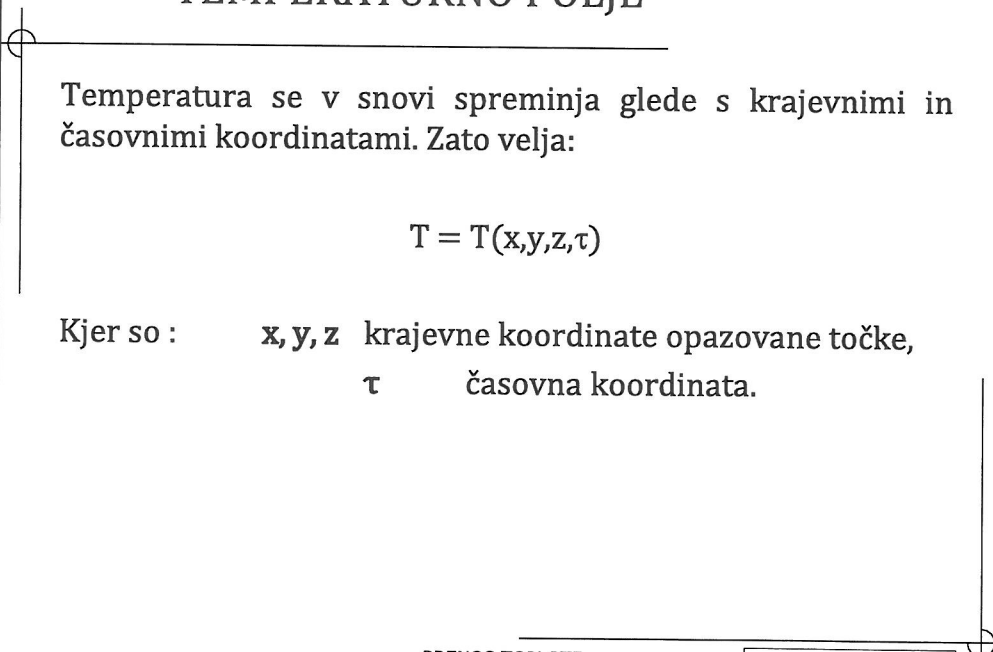




PRENOS TOPLOTE

France Saje



TEMPERATURNO POLJE

Temperatura se v snovi spreminja glede s krajevnimi in časovnimi koordinatami. Zato velja:

$$T = T(x, y, z, \tau)$$

Kjer so : **x, y, z** krajevne koordinate opazovane točke,
 τ časovna koordinata.

PRENOS TOPLOTE 2

TEMPERATURNNO POLJE

Temperaturno polje: tvorijo trenutne vrednosti temperature povezanih točk v prostoru.

- Stacionarno ($\tau=0$),
- Nestacionarno ($\tau \neq 0$)

Temperaturni gradient: Največja sprememba temperature na enoto dolžine v prostoru. Toplotni tok teče vedno v smeri temperaturnega gradienta.

PRENOS TOPLOTE 3

GOSTOTA TOPLOTNEGA TOKA

Je količina toplote, ki v časovni enoti preide skozi enoto preseka.

$$q^\circ = \frac{dQ^\circ}{dA}$$

Osnovna enota je $[\text{W}/\text{m}^2]$.

PRENOS TOPLOTE 4

PRENOS TOPLOTE

V naravi se toplota prenaša tako v snovi znotraj telesa kakor tudi med telesi. Glede na to se prenos toplote deli na:

- prevod toplote, (prenos toplote med elementarnimi delci v snovi)
- konvekcija, (prenos toplote v fluidu),
prestop toplote ali konvektivni prenos toplote med fluidom in trdno steno,
- sevanje, kjer se z energijskimi kvanti (fotoni) prenaša energija brez posredovanja delcev snovi.

PRENOS TOPLOTE

5

PREVOD TOPLOTE

Toplota se neposredno prenaša med sosednjimi molekulami zaradi temperaturnih gradientov. V trdnih telesih, ki so nepropustna za sevanje, se energija prenaša samo s prevodom, medtem ko se v plinih in kapljevinah energijski transport poveča še z gibanjem delcev in s sevanjem.

Fourierov zakon prevoda toplote:

$$q^{\circ} = -\lambda \cdot \text{grad}(T)$$

λ – toplotna prevodnost, ki je odvisna od vrste snovi in od temperature.

PRENOS TOPLOTE

6

ENODIMENZIJSKI PREVOD TOPLOTE

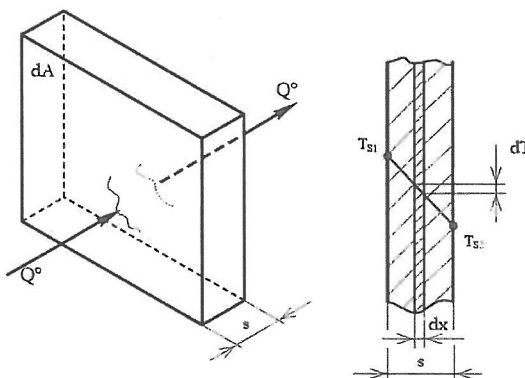
Če je površina stene bistveno večja, kot je njena debelina.

$$q^\circ = -\lambda (T) \frac{dT}{dx}$$

Za steno iz homogenega materiala debeline $x = s$,

$$q^\circ = \frac{\lambda}{s} \cdot (T_{s1} - T_{s2})$$

$$R_\lambda = \frac{s}{\lambda}$$



PRENOS TOPLOTE

7

KONVEKCIJA

Je prenos toplote v fluidu, kjer se zaradi temperaturnih gradientov toplota prenaša:

s prevodom med elementarnimi delci,

z gibanjem elementarnih delcev fluida zaradi vzgonskih sil, ki delujejo na delce kot posledica različnih lokalnih gostot zaradi različnih temperatur znotraj fluida.

Elementarni delci so nosilci energije, ki se pojavlja kot entalpija in kinetična energija osnovnih gradnikov snovi.

Konvekcija predstavlja istočasni prenos toplote s prevodom in transport mase in energije skozi tok fluida.

PRENOS TOPLOTE

8

PRESTOP TOPLOTE

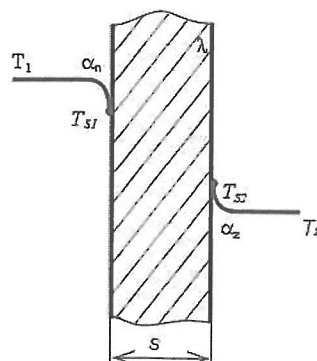
Je prenos toplote med snovmi različnih agregatnih stanj.

Newtonov zakon prestopa toplote:

$$Q^o = \alpha \cdot A \cdot (T_1 - T_{s1})$$

α - toplotna prestopnost
[W/m² K]

$$R_\alpha = \frac{1}{\alpha}$$



PRENOS TOPLOTE

9

TOPLOTNA PRESTOPNOST

Toplotna prestopnost α je toplotni tok, ki prestopa s fluida na steno, ali pa s stene na fluid na površini 1 m², pri temperaturni diferenci med steno in fluidom 1 K.

Toplotna prestopnost je v splošnem odvisna od fizikalnih lastnosti fluida, ki obteka steno (λ, ρ, c_p, ν), od tlaka in temperature fluida, od hitrostnih razmer pri gibanju ob trdni površini, od materiala stene in oblike površine, od hrapavosti, ...

Vrednost toplotne prestopnosti je zelo težko določiti. Glede na pogoje se njene vrednosti zelo spreminja. (od ~2 W/m²K tudi do 20000 W/m²K).

PRENOS TOPLOTE

10

RAČUNANJE TOPLOTNE PRESTOPNOSTI

Natančno računanje toplotne prestopnosti je zelo komplicirano, saj je potrebno za vsak primer posebej izračunati ustrezne diferencialne enačbe.

Enostavnejši pristop predstavlja *Teorija podobnosti prestopa toplote*:

Naprave za prestop toplote, ki so si fizikalno in tehnično podobne, imajo enake pretočne karakteristike in so med seboj povezane na enak način.

Pretočne karakteristike računamo s pomočjo brezdimenzijskih števil.

PRENOS TOPLOTE
11

BREZDIMENZIJSKA ŠTEVILA

Nusseltovo število	$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda_F}$	
Reynoldsovo število	$Re = \frac{w \cdot l}{\nu}$	
Prandtlovo število	$Pr = \frac{\nu}{a}$	$a = \frac{\lambda_F}{\rho \cdot c_p}$
Primer : Laminarni tok kapljevine	$Nu \approx 3,65$	
Primer: Turbulentni tok kapljevine	$Nu = 0,0396 \cdot \frac{Pr \cdot Re^{\frac{3}{4}}}{1 + 0,35 \cdot (Pr - 1)}$	

PRENOS TOPLOTE
12

Toplotna prestopnost fluid - stena

Fluid	Gibanje fluida	Toplotna prestopnost
Voda	mirujoča	250 do 700
Voda	pretakajoča se	$(580 + 2100 \cdot w^{1/2})$
Voda	vrela	1000 do 15000
Plini, zrak, pregrete pare	mirujoč	2 do 10
Plini, zrak, pregrete pare	pretakajoči se	$(2 + 12 \cdot w^{1/2})$
vodna para	kondenzirajoča	5000 do 12000

TERMODINAMIKA

Toplotna prestopnost gradbene konstrukcije

Gradbena konstrukcija	α_n	α_z
Zunanji zid in zid proti neogrevanemu stopnišču	8	23
Notranji zidovi v stanovanju in proti ogrevanemu stopnišču	8	8
Zunanji zid pod tlemi	8	/
Stropna konstrukcija med stanovanji	8	8
Pod na tleh (npr. v kleti)	8	/
Stropna konstrukcija proti podstrešju	8	23
Stropna konstrukcija nad kletjo	8	6
Stropna konstrukcija nad odprtimi prehodi	8	23
Ravne in poševne strehe nad ogrevanimi prostori	8	23

TERMODINAMIKA

PREHOD TOPLOTE

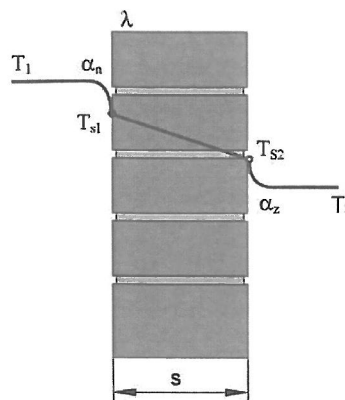
Prehod toplote sestavljata prevod in prestop toplote in poenostavlja računski pristop pri prenosu toplote iz fluida na eni strani stene na fluid na drugi strani stene.

Pri enodimenzijki obravnavi velja

$$q^o = \alpha_n \cdot (T_1 - T_{s1})$$

$$q^o = \frac{\lambda}{s} \cdot (T_{s1} - T_{s2})$$

$$q^o = \alpha_z \cdot (T_{s2} - T_2)$$



PRENOS TOPLOTE

15

TOPLITNA PREHODNOST

Iz enačb za prenos toplote izrazimo temperaturno diferenco, enačbe seštejemo in rezultat uredimo v osnovno obliko

$$T_1 - T_{s1} = \frac{q^o}{\alpha_n}$$

$$T_{s1} - T_{s2} = \frac{q^o}{\frac{\lambda}{s}}$$

$$T_{s2} - T_2 = \frac{q^o}{\alpha_z}$$

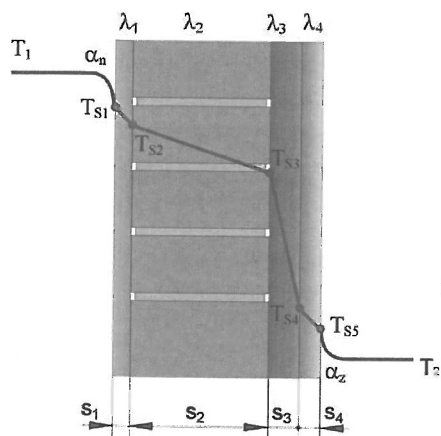
$$q^o = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_z}\right)} \cdot (T_1 - T_2) = U \cdot (T_1 - T_2)$$

$$R_u = \frac{1}{U} = \left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_z}\right)$$

PRENOS TOPLOTE

16

Prehod toplote skozi večplastno ravno steno



Na podoben način, upoštevaje, da se skozi vse plasti prenaša enak toplotni tok, dobimo

$$q^o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3} + \frac{s_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_z}} \cdot (T_1 - T_2)$$

$$R = \frac{1}{U} = R_{\text{cn}} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3} + R_{\lambda 4} + R_{\text{cz}} = R_{\text{cn}} + \sum_i R_{\lambda i} + R_{\text{cz}}$$

PRENOS TOPLOTE

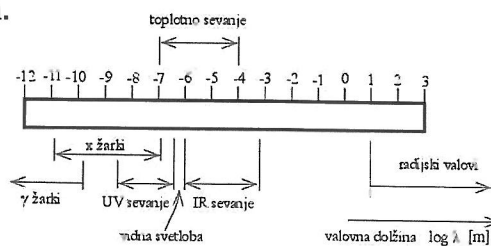
17

SEVANJE

Sevanje je neposreden prenos energije z energijskimi kvanti – fotoni, iz enega telesa na drugo telo brez posredovanja snovi. Fotoni so elementarni delci elektro-magnetnega valovanja.

Glede na valovno dolžino ločimo:

- UV žarke 0,04 do 0,4 μm,
- vidno svetlobo 0,4 do 0,8 μm,
- IR žarke 0,8 do 800 μm.



PRENOS TOPLOTE

18

SEVANJE

Energija, ki jo telo seva je definirana z enačbo

$$Q^{\circ} = \alpha_s \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$$

$$\alpha_s = \varepsilon \cdot C_s \cdot \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{(T_1 - T_2)}$$

V enačbah je: α_s – sevalna toplotna prestopnost,
 A – velikost površine, ki seva,
 T_1 – temperatura površine, ki seva,
 T_2 – temperatura površine, ki seva,
 ε – emisivnost
 c_s – sevalna konstanta toplotno črnega telesa

PRENOS TOPLOTE

19

PRENOS TOPLOTE S SEVANJEM

Toplotni tok med dvema telesoma, ki imata temperaturi T_1 in T_2

$$Q^{\circ} = C_{12} \varphi_{12} A_2 \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right)$$

V enačbah je: c_{12} – sevalni količnik,
 φ_{12} – faktor obsevanosti

PRENOS TOPLOTE

20