



#3 – Transport ciepła w metalach



Podstawowe pojęcia

Temperatura

Ciepło właściwe

Przepływ ciepła



OBÓZ NAUKOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Temperatura

Jedna z podstawowych wielkości fizycznych (parametrów stanu) w termodynamice. Temperatura jest związana ze średnią energią kinetyczną ruchu i drgań wszystkich cząsteczek tworzących dany układ i jest miarą tej energii:

$$\langle E \rangle = \frac{f}{2} k_B T$$

gdzie:

$\langle E \rangle$ – średnia energia cząstki,

f – liczba stopni swobody cząstki (3-6),

$k_B \approx 1,38 \times 10^{-23}$ J/K – stała Boltzmana

Dwa ciała znajdują się w równowadze termodynamicznej, jeśli posiadają taką samą temperaturę. Nie wymieniają wówczas między sobą ciepła (energii cieplnej).



Ciepło właściwe

Ciepło (ilość energii termicznej) potrzebne do zwiększenia temperatury ciała w jednostkowej masie o jedną jednostkę:

$$c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

gdzie:

ΔQ – dostarczone ciepło;

m – masa ciała;

ΔT – różnica temperatury.

Stąd wynika, że zmiana temperatury ciała o masie m i cieple właściwym c na skutek dostarczenia energii ΔQ wynosi:

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{m c}$$



Przepływ ciepła

Przepływ ciepła przez prostopadłościenną jednorodną ściankę dany jest wzorem:

$$\frac{\Delta Q_{12}}{\Delta t} = -\frac{\lambda A}{d} (T_2 - T_1)$$

gdzie:

ΔQ_{12} – przepływ ciepła od ścianki (1) do (2),

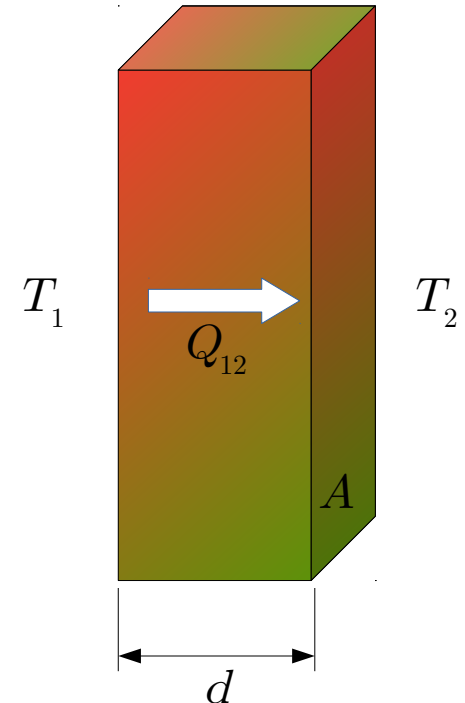
Δt – czas, w którym to zjawisko zachodzi,

T_i – temperatura ścianki (i),

λ – współczynnik przewodnictwa cieplnego,

A – powierzchnia każdej ścianki,

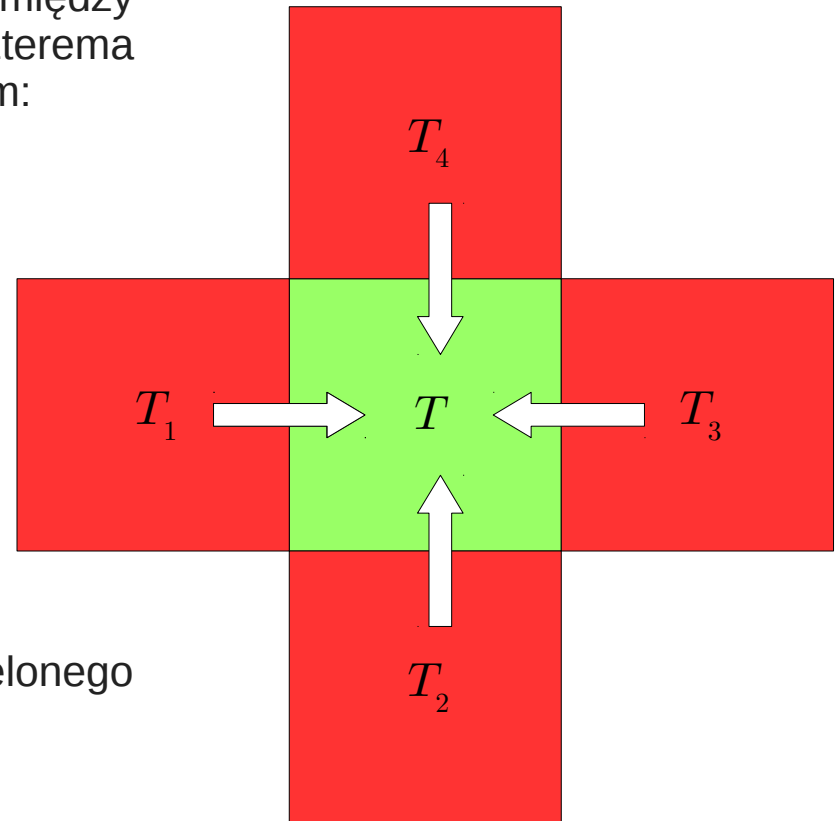
d – odległość między ściankami.



Przypadek 2D

W przypadku, gdy rozważać będziemy kwadraty, łączny przepływ ciepła w czasie Δt pomiędzy kwadratem (zielonym) o temperaturze T a czterema sąsiadami o temperaturze T_i dany będzie wzorem:

$$\Delta Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = -\xi \Delta t \sum_{i=1}^4 (T - T_i)$$



Zatem bezwzględna zmiana temperatury zielonego kwadratu wyniesie:

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{c m} = -\xi \Delta t \sum_{i=1}^4 (T - T_i)$$

Metoda elementów skończonych

Zarys ogólny

Nasz przypadek



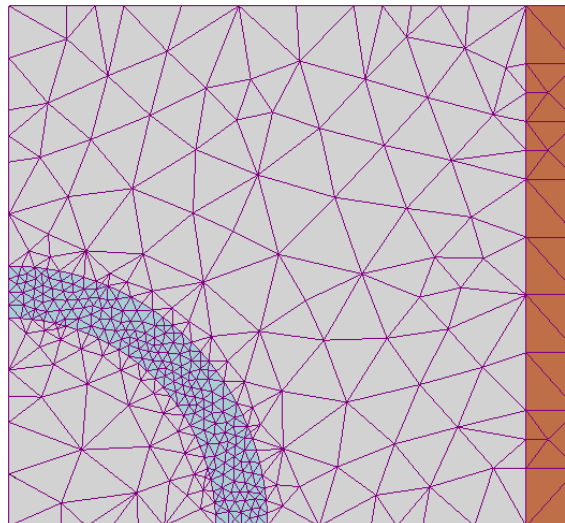
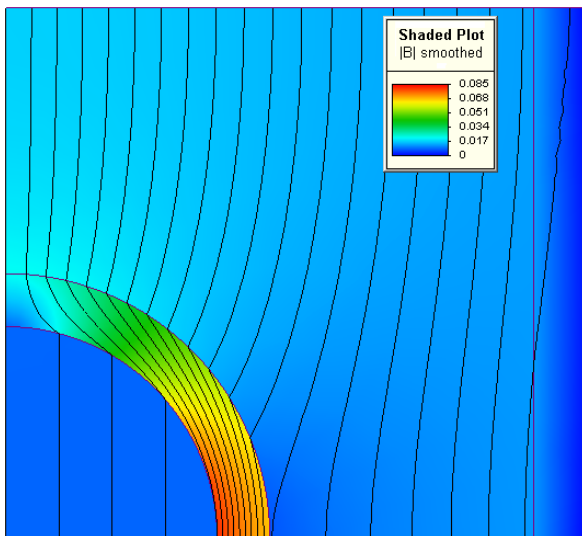
OBÓZ NAUKOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Metoda Elementów Skończonych

(ang. **finite element method**, w skrócie FEM) – zaawansowana metoda rozwiązywania układów równań różniczkowych, opierająca się na podziale dziedziny (tzw. dyskretyzacja) na skończone elementy, dla których rozwiązanie jest przybliżane przez konkretne funkcje, i przeprowadzaniu faktycznych obliczeń tylko dla węzłów tego podziału.

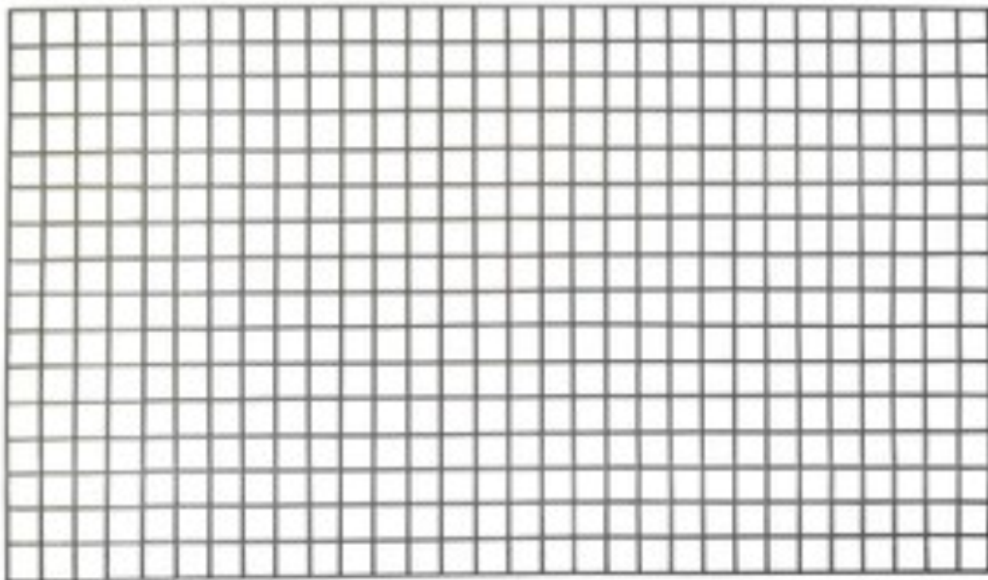
Za pomocą tej metody bada się w mechanice komputerowej (CAE) wytrzymałość konstrukcji, symuluje odkształcenia, naprężenia, przemieszczenia, przepływ ciepła, przepływ cieczy.

Bada się również dynamikę, kinematykę i statykę maszyn, jak również oddziaływania elektrostatyczne, magnetostatyczne i elektromagnetyczne.



Nasz przypadek

1. Tablica dwuwymiarowa skończonych elementów – jeden kwadrat = jeden pixel
2. W każdym kroku symulacji:
 - a) wykonać kopię tablicy temperatury
 - b) modyfikować temperaturę **kopii** na podstawie temperatury sąsiadujących kwadratów oryginału
 - c) zamazać oryginał kopią
 - d) co ok. 10 kroków a-c wyświetlić zawartość tablicy na ekran



Strona warsztatów

<http://programowanie.oboznaukowy.edu.pl>



OBÓZ NAUKOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ