* Pracoviště, zkratku a název předmětu, garanta, počet kreditů, rozsah hodin a způsob zakončení prosím vyplnit přesně podle údajů v google tabulce  
  <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gQdf6NvhFNAXWPN6HH9-m37cA9kvnl1GJdUx6CNxgfE/edit?usp=sharing>  
  Rozvrháři by si teoreticky mohli tyto údaje vytáhnout sami, ale ušetříte tím mnoho práce a potenciálních chyb
* Některé další údaje (např. obsah přednášek a cvičení v češtině) lze zkopírovat z popisu předmětu, které jste posílali pro akreditační dokumentaci. Pokud byste svůj předmět nemohli najít, mohu zaslat
* Vyplněný formulář prosím přejmenovat ve tvaru PRACOVIŠTĚ-KÓDPŘEDMĚTU\_stag.docx a poslat mailem na adresu [petr.sidlof@tul.cz](mailto:petr.sidlof@tul.cz) nejpozději do 10. 1. 2016

**Pracoviště / zkratka (zkopírovat z google tabulky)**

NTI

**Garant (zkopírovat z google tabulky)**

prof. Dr. Ing. Jiří Maryška, CSc.

**Přednášející**

Mgr. Jan Březina, Ph.D. , Mgr. Jan Stebel, Ph.D.

**Cvičící (pokud zatím není známo, není nutné vyplňovat)**

**Název předmětu - česky**

Metoda konečných prvků

**Název předmětu - anglicky**

Finite element method

**Způsob ukončení (zkopírovat z google tabulky)**

Zk

**Počet kreditů (zkopírovat z google tabulky)**

5

**Rozsah hodin (přednášky / cvičení) (zkopírovat z google tabulky)**

2+2

**Semestr (zkopírovat z google tabulky)**

ZS

**Podmiňující předměty (zkopírovat z google tabulky, s rozmyslem)**

**Nahrazovaný předmět**

**Cíle předmětu – česky**

Předmět seznamuje s metodou konečných prvků pro řešení stacionárních a evolučních parciálních diferenciálních rovnic. Zahrnuje i nezbytný úvod do funkcionální analýzy a příklady fyzikálních úloh vedoucích na parciální diferenciální rovnice.

Základy lineární teorie citlivosti a numerické stability výpočtů. Špatně podmíněné a špatně postavené (ill-posed) úlohy.

ZÁKLADY FUNKCIONÁLY + TEORIE MKP, CVIČENÍ U TABULE

Eliptické problémy, příklady eliptických a parabolických rovnic,

okrajové podmínky, variační (slabá) formulace,

interpolace na trojúhelníku, kvadratura, sestavení stavové matice,

metody časové diskretizace.

**Cíle předmětu – anglicky**

The course introduces the finite element method for the solution of stationary and evolutionary partial differential equations. It includes also necessary introduction to functional analysis and examples of physical problems leading to partial differential equations.

**Požadavky na studenta - česky**

Podmínkou zápočtu je aktivní účast na cvičeních, úspěšné absolvování testů. Zkouška je písemná a ústní.

**Požadavky na studenta - anglicky**

Requirements for getting a credit are activity at the practicals /seminars and successful passing the tests. Examination is of the written and oral forms.

**Obsah přednášek a cvičení – česky (ideálně okopírovat z popisu předmětu pro akreditaci)**

Přednášky:

1. Věta o transportu. Odvození rovnice nestacionárního vedení tepla

2. Rovnice elektrostatiky a stacionárního filtračního proudění. Vlnová rovnice. Klasifikace parciálních diferenciálních rovnic.

3. Greenova věta. Slabé řešení, zavedení přirozených okrajových podmínek (Dirichletových, Neumannových a Newtonových).

4. Norma. Konvergence, úplnost, uzavřené a otevřené množiny. Prostory s normou.

5. Prostory se skalárním součinem. L^2

6. Slabá derivace, Sobolevovy prostory (H^k), jejich vlastnosti, operátory stop.

7. Variační forma slabého řešení. Lax-Milgramova věta. Friedrichsova/Poincareho nerovnost.

8. Galerkinova metoda. Příklad lineárních prvků v 1D, rovnice vedení tepla.

9. Konečný prvek obecně.

10. Odhad chyby diskretizace v normách Sobolevova prostoru.

11. Algoritmus sestavení stavové matice a vektoru pravé strany. Sítě. Kvadraturní formule.

12. Aproximace řešení úloh lineární teorie pružnosti.   
13. Metoda časové diskretizace a aproximace řešení úlohy nestacionárního vedení tepla.

14. Smíšené metody. Systémy PDR. Inf-sup podmínka.  
  
  
Cvičení:   
1. Opakování: limita, uzavřená a otevřená množina v R^n, derivace , integrály funkci vice proměnných a vektorových funkcí  
2. Operátorový a vektorový počet.

3. Greenova věta a její aplikace. Odvození slabého řešení.  
4. Vlastnosti normy. Příklady prostorů funkcí a jejich norem.  
5. Konvergence v normě. Uzavřenost závislá na normě.  
6. Skalární součin na prostorech funkcí. Výpočet a vlastnosti.

7. Písemka malá. Aplikace Lax-Milgramovy věty na rovnici vedení tepla.  
8. ... Reprezentace okrajových podmínek ve slabém řešení.   
9. Galerkinova metoda. Sestavení stavové matice pro obecnou bázi. Aplikace na různé rovnice.  
10. Příklady konečných prvků a jejich vlastnosti.  
11. Sestavení stavové matice pro konkrétní bázi (prvek). Aplikace okrajových podmínek.   
12. Aproximace řešení úloh lineární teorie pružnosti a jiné fyzikální problémy.  
13. Evoluční úlohy.  
14. Písemka.

**Obsah přednášek a cvičení – anglicky (ideálně okopírovat z popisu předmětu pro akreditaci)**

Lectures:

1. Transport theorem. Derivation of unsteady heat equation.

2. Equations of electrostatics and stationary porous media flow. Wave equation. Classification of partial differential equations (PDE).

3. Green's theorem. Weak solution, incorporation of natural boundary conditions (of Dirichlet, Neumann and Newton type).

4. Norm. Convergence, completeness, closed and open sets. Normed spaces.

5. Spaces with scalar product. L^2

6. Weak derivative, Sobolev spaces (H^k), their properties, trace operators.

7. Variational form of weak solution. Lax-Milgram theorem. Friedrichs'/Poincaré's inequality.

8. Galerkin's method. Example of linear elements in 1D heat equation.

9. Finite element in general.

10. Estimate of discretization error in Sobolev norms .

11. Algorithm of assembling the systém matrix and right hand side vector. Triangulations. Quadrature formulae.

12. Approximation of linear elasticity problems.   
13. Time discretization method and approximation of unsteady heat equation.

14. Mixed methods. Systems of PDE. Inf-sup condition.

Tutorials:

1. Review: limit, closed and open set in R^n, differentiation and integration of multivariable and vector-valued functions.  
2. Operator and vector calculus.  
3. Green's theorem and its applications. Derivation of weak solution.  
4. Properties of norm. Examples of function spaces and their norms.  
5. Convergence in norm. Closedness and norms.  
6. Scalar product in function spaces. Calculation and properties.  
7. Small written test. Application of Lax-Milgram theorem to heat equation.  
8. ... Representation of boundary conditions in the weak solution.   
9. Galerkin's method. Assembling the system matrix for a general basis. Application to various equations.  
10. Examples of finite elements and their properties.  
11. Assembling the system matrix for particular basis (element). Application of boundary conditions.   
12. Approximation of linear elasticity and other physical problems.  
13. Evolutionary problems.  
14. Written test.

**Předpoklady – další informace k podmíněnosti studia předmětu - česky**

**Předpoklady – další informace k podmíněnosti studia předmětu - anglicky**

**Získané způsobilosti - česky**

Student získá základní znalost metody konečných prvků a elementární funkcionální analýzy. Je schopen odvodit slabé řešení a sestavení stavové matice pro různé fyzikální problémy.

**Získané způsobilosti - anglicky**

Students acquire basic knowledge of finite element method and fundaments of functionsl analysis. They will be able to derive the weak solution and assemble the systém matrix for various physical problems.

|  |
| --- |
|  |
|  |

**Vyučovací metody** **(monologický výklad, dialog, samostatná práce, prezentace a obhajoba písemné práce, laborování)**

Monologický výklad

**Hodnotící metody (kombinovaná zkouška / písemná práce / prezentace samostatné práce)**

Kombinovaná zkouška

**Literatura (pokud možno podle ČSN normy)**

*Axelsson, O., Barker, V.A.: Finite Element Solution of Boundary Value Problems, Academic Press, INC., London, 1984*.

*Ciarlet, P.G.: The Finite Element Method for Elliptic Problem, North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1978.*.

Haslinger, J.:. *Řešení variačních rovnic a nerovnic, skriptum.*. MF UK, Praha, 1983.

*Zienkiewicz, O.C.; Taylor R.L.; Zhu J.Z.: The Finite Element Method: Its basis and fundamentals. Elsevier, Oxford, 2005*