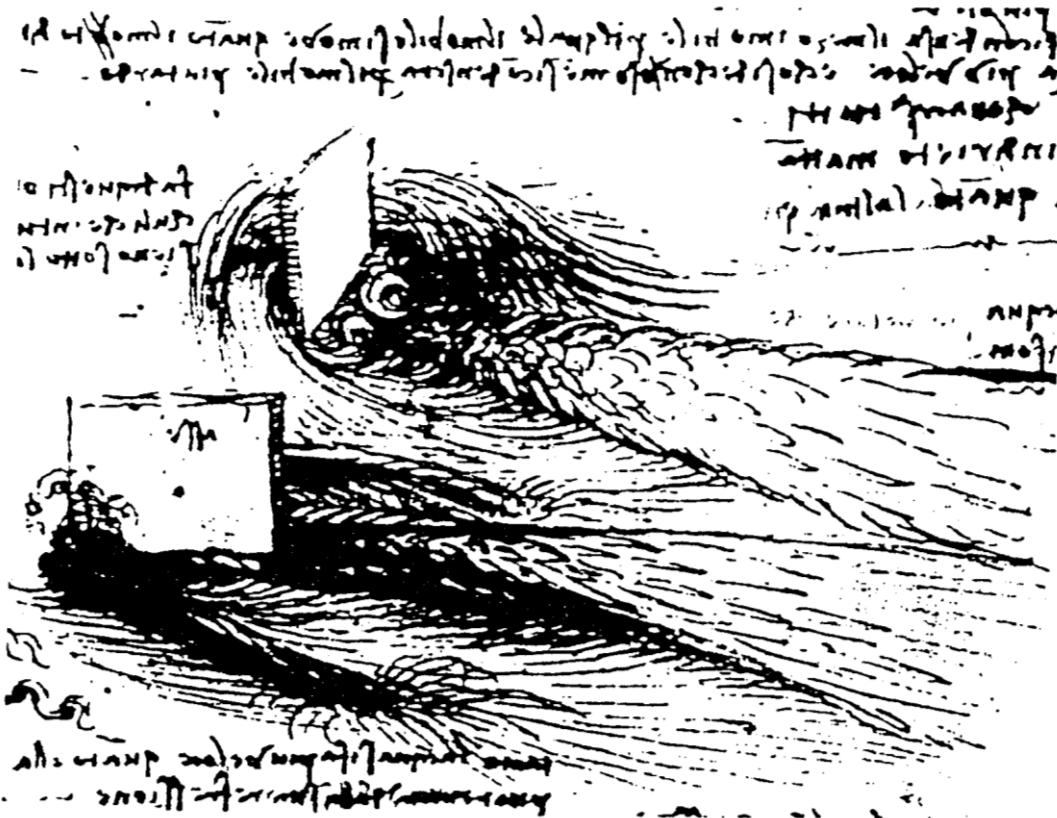


Modelování proudění s přenosem tepla

Modeling of flow with heat transfer



Observe the motion of the surface of the water, which resembles that of hair, which has two motions, of which one is caused by the weight of the hair, the other by the direction of the curls; thus the water has eddying motions, one of part of which is due to the principal flow, the other to the random and reverse motion.

Leonardo da Vinci (1452-1519)

Pozorujte pohyb hladiny vody. Podobá se pohybu vlasů, který se skládá ze dvou pohybů. Jeden je způsobený hmotností vlasů, druhý směrem kadeří. Tedy voda má dva pohyby, jedna jeho část se děje díky hlavnímu proudu, druhá díky náhodnému a zpětnému pohybu.



Fakulta strojní, katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment

Přednášející - Lecturer: Prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.

Sídlo - Address: Budova - Building A, 749

tel: 59 732 3342

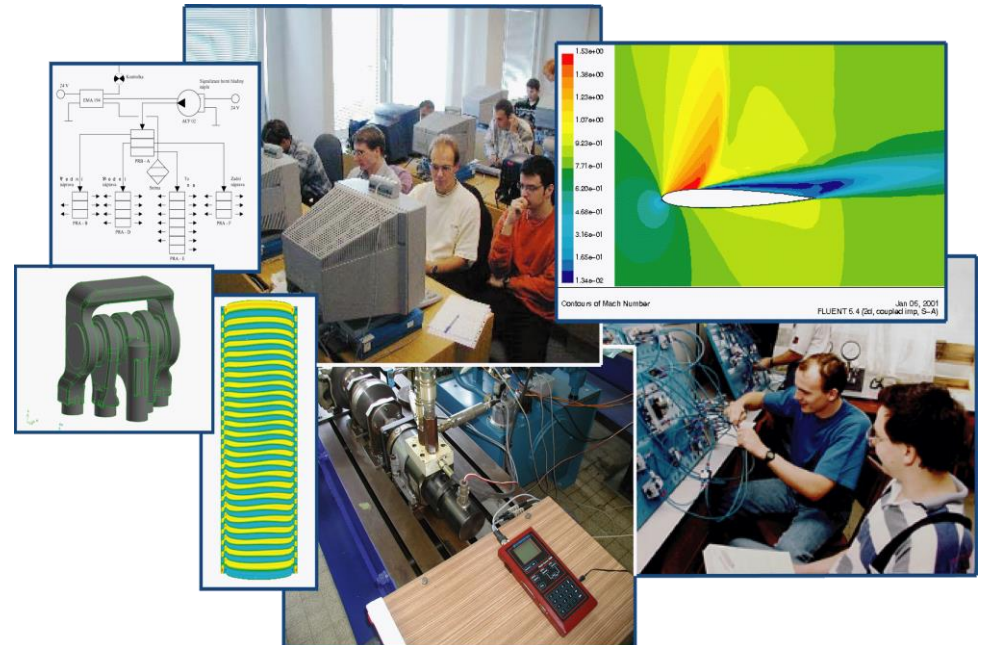
email: milada.kozubkova@vsb.cz

Přednášející - Lecturer: Doc. Ing. Marian Bojko, PhD.

Sídlo - Address: Budova - Building A, 730

tel: 59 732 4385

email: marian.bojko@vsb.cz



Doporučená literatura – Literature

Kozubková, M., Blechař, T., Bojko, M.: *Modelování přenosu tepla, hmoty a hybnosti*. Skripta. VŠB-TUO, 2019. 223 s.

Kozubková, M., Blechař, T., Bojko, M.: *Modeling of heat, mass and momentum*. Textbook. VŠB-TUO, 2019. 186 p.

KOZUBKOVÁ, M.: *Modelování proudění tekutin FLUENT, CFX*. Ostrava: VŠB-TU, 2008, 115 s., ISBN 978-80-248-1913-6,

BOJKO, M. *Modelování přenosu tepla, hmoty a hybnosti. Návod do cvičení*. VŠB-TU Ostrava, 2020, 116 s.

BOJKO, M. *Modeling of heat, mass and momentum. Tutorials*. VŠB-TU Ostrava, 2020. 116 s.

BLEJCHAŘ, T. *Návod do cvičení „Modelování proudění“ – CFX*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 138 s. ISBN 978-80-248-2050-7.

Drábková a kol.: *Mechanika tekutin*, VŠB-TU Ostrava, 2009. <http://www.338.vsb.cz/studium9a.htm>

Incropera, F. a kol. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6. edition, John Wiley and Sons 2007, 996p., ISBN 978-0-471-45728-2

Modelování přenosu tepla, hmoty a hybnosti – Modeling of heat, mass and momentum

skripta - textbook

Přednášky - Lectures

- 1) podmínky absolvování, skripta, Ansys-stažení, kap. 1(fyz. vlastnosti), kap 2. (po str. 26), uvod/Tacoma - videa
textbooks, Ansys, chap. 1, chap. 2 (till page 26)
- 2) kap.2- diferenční metoda, teplo-1D.xls, typy sítí, příklady siti.doc, videa dynamických sítí (uvod/blejchar/ - ppt-popis problemu, sf-dynamicka sit),
relaxace, reziduály
chap. 2 - transmission, mesh types, relaxation, residuals
- 3) kap.3- kondukce, příklad deska, deska time
chap. 3 - Conduction
- 4) kap.4 - laminární proudění, příklad laminárního proudění vody mezi deskami, OP, výpočet profilu rychlosti
chap. 4 - laminar flow, example of laminar water flow between plates, BC, calculation of velocity profile
- 5) kap. 5, kondukce a konvekce při laminárním proudění, vyhodnocení tepelných veličin, referenční hodnoty
chap. 5 - laminar flow, chap. 5, conduction and convection at laminar flow, evaluation of thermal variables, reference values
- 6) turbulence, kap. 6 – Taylorovy víry, teorie, 3D schod, výpočet, vyhodnocení, turbul. veličiny, okrajové podmínky pro turb. veličiny,
turbulence, chap. 6 – Taylor theory, 3D stair, calculation, evaluation, turbul. quantities, boundary conditions for turbulent variables,
- 7) turbulence, kap.6 - přesnost sítě podle gradientu (3 výpočty na 2D schodu), RSM, LES, DNS obrázky porovnání, kap. 6.7 – tunel, obtékání válce
turbulence, chap. 6 - mesh accuracy using gradient adaptation, RSM, LES, DNS comparison, chap. 6.7 - tunnel, flow around cylinder
- 8) kondukce a konvekce, kap. 7 - obtékání jedné trubky, obtékání trubek do kříže a za sebou, fyzikální vlastnosti závislé na teplotě
conduction and convection, chap. 7 – flow around one tube, flow through the bundle of tubes, physical properties depending on temperature
- 9) výměníky obecně kap. 8, výměník souproudý, protiproudý, fyzikální vlastnosti jednoho plynu, kinetická teorie, příklad trubkového výměníku, spirálový výměník
exchangers generally chap. 8, co-flow, counter-flow exchanger, physical properties of gas, kinetic theory,
- 10) časově závislé proudění, FFT- sin, příklady (uvod 3, tunel Fabian – rozběh single valec, dva válce, dva válce k-eps, most Tacoma – video, 4 Raj. Teplice Dra., Karman, rez, Blejchř – dynamické sítě, Zavila – hoření v tunelu)),
time-dependent flow, examples
- 11) optimalizace –koleno, diplomka
optimization
- 12) vícefázové proudění, fyzikální vlastnosti směsi, proudění směsi plynů, gravitace
multiphase flow, physical properties of the mixture, flow of gas mixture, gravity
- 13) proudění s kavitací, proudění porézním prostředím – aplikace dýza,
flow with cavitation, flow through porous environments - applications
- 14) vektorový počet, diskuze
vector theory, discussion

Modelování přenosu tepla, hmoty a hybnosti – Modeling of heat, mass and momentum

Návody do cvičení - Tutorials

Cvičení - Seminars

- 1) prezentace CFD (www.ansys.com), trubka v trubce – Re, Pr, Nu alfa, vzorový příklad,
presentation of CFD (www.ansys.com), tube in tube - Re, Pr, Nu alpha, example,
- 2) Tvorba geometrie pro vedení tepla v tyči (3D válec), síťování
chap. 3.2-3.3 - creation of geometry (rectangle), meshing
- 3) Vedení tepla v tyči (3D), definování okrajových podmínek, numerický výpočet, varianty okrajových podmínek, různé materiály
heat conduction in the rod, chap.3.4,3.5 - definition of boundary conditions, numerical solution, variants of boundary conditions, different materials
- 4) Laminární proudění mezi deskami (tvorba 3D geometrie-kvádr, síťování)
laminar flow between plates without temperature and with temperature
- 5) Laminární proudění mezi deskami, numerický výpočet bez teploty a s teplotou
ch. 4 - geometry identical to the model of rod, gradient adaptation
- 6) Turbulentní proudění mezi deskami bez teploty, geometrie stejná jako pro laminární proudění mezi deskami, turbulentní $k-\varepsilon$, $k-\omega$ modely, okrajové podmínky, vyhodnocení proudových a turbulentních veličin,
turbulent flow between plates without temperature, ch. 5 - RNG model, boundary conditions, adaptations (wall functions, gradient and $y+$ adaptations), evaluation of current and turbulent quantities,
- 7) Pokračování cv.6 (Turbulentní proudění mezi deskami)
continuation of ex.6
- 8) Souproudý výměník – tvorba 3D geometrie (trubka v trubce), síťování, turbulentní proudění, tenká stěna (s tloušťkou - coupled), přesnost sítě, vyhodnocení základních veličin
co-flow exchanger - formation of geometry and mesh, turbulent flow, thin wall (coupled), network accuracy, evaluation of basic quantities
- 9) Souproudý tepelný výměník - součinitel přestupu tepla, vyhodnocení Nu, Pr, ztrátový součinitel, modely turbulence
co-flow heat exchanger - heat transfer coefficient, Nu, Pr, loss coefficient, adaptation, turbulence models
- 10) seminární práce
seminar work
- 11) seminární práce
seminar work
- 12) seminární práce
seminar work
- 13) seminární práce
seminar work

14) zápočet

Applied Mechanics, Erasmus, Aplikovaná mechanika, Hydraulika a Pneumatika,

Zápočet - Credit

	minimum	maximum
test 1	5	8
test 2	5	8
Seminární práce - Seminar work	15	19
Celkem - Total	25	35

Zkouška - Exam:

	minimum	maximum
1. část (first part)	10	30
2. část (second part)	16	35
Celkem - Total	26	65

CELKEM - TOTAL 51 100

Energy Engineering, Energetické stroje a zařízení

Klasifikovaný zápočet – Graded credit:

	minimum	maximum
test 1	8	16
test 2	8	16
Seminární práce - Seminar work	35	68
CELKEM - TOTAL	51	100

Otázky

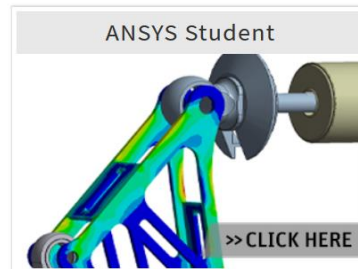
1. Hypotéza o kontinuu
2. Přenos, obecný matematický model, jeho řešení
3. Numerické metody řešení, okrajové podmínky
4. Vytvoření geometrie, prvky sítě, konvergence a residuály, urychlení konvergence, relaxace
5. Vlastnosti pevných látek a tekutin
6. Bezrozměrná kritéria
7. Přenos tepla kondukcí, okrajové podmínky
8. Přenos hmoty a hybnosti, okrajové podmínky
9. Kondukce a konvekce při laminárním proudění, okrajové podmínky
10. Nusseltovo číslo, součinitel přestupu tepla
11. Turbulence, princip Reynoldsova středování
12. Okrajové podmínky pro k-e turbulentní model
13. Kondukce a konvekce při turbulentním proudění
14. Okrajové podmínky pro turbulentní proudění s přenosem tepla
15. Přesnost výpočtu s ohledem na kvalitu sítě uvnitř oblasti, u stěny (y+), adaptace
16. Typy výměníku tepla
17. Fyzikální vlastnosti plynů závislé na teplotě, souproudé a protiproudé výměníky tepla
18. Časově závislé řešení
19. Vícefázové proudění, mixture model
20. Kavitační model ve Fluentu

Topics for study

1. Continuum hypothesis
2. Transfer, general mathematical model, its solution
3. Numerical methods of solution, boundary conditions
4. Creating geometry, grid elements, convergence and residuals, convergence acceleration, relaxation
5. Properties of solids and liquids
6. Dimensionless criteria
7. Heat transfer by conduction, boundary conditions
8. Mass and momentum transfer, boundary conditions
9. Conduction and convection at laminar flow, boundary conditions
10. Nusselt number, heat transfer coefficient
11. Turbulence, principle of Reynolds's time averaging
12. Boundary conditions for k-e turbulent model
13. Conduction and convection at turbulent flow
14. Boundary conditions for turbulent flow with heat transfer
15. Accuracy of the calculation with regard to the mesh quality inside the area, near the wall (y+), adaptation
16. Types of heat exchangers
17. Temperature depending physical properties of gases, co-flow and counter-flow heat exchangers
18. Time dependent solution
19. Multiphase flow, mixture model
20. Cavitation model in Fluent

Instalace Ansys Fluent 2019 R3 na osobním PC – free verze, která pracuje bez připojení na internet, omezení – 500 000 buněk, licence je na 12 měsíců
Internet – <https://www.ansys.com/academic/free-student-products>

Ansys [Ansys Fluent 2019 R3](#) installation on PC - free version that works without Internet connection, limit - 500,000 cells, license is for 12 months
Internet - <https://www.ansys.com/academic/free-student-products>



[Vyberte ANSYS Student](#)
Select ANSYS Student

[Vyberte a stáhněte ANSYS STUDENT 2019 R3 \(lze stáhnout novější i starší verze\)](#)

Select **and download ANSYS STUDENT 2019 R3** (you can download old or new version of ANSYS)

[Klikněte na „Prior Releases“ a stáhněte verzi „ANSYS STUDENT 2019 R3“](#)

Click to „Prior Releases“ and download version „ANSYS STUDENT 2019 R3“

[Installation Steps – otevřít a postupovat podle návodu](#)

Installation Steps - open and follow the instructions

▲ Download Ansys Student 2020 R1

▲ Installation Steps

▲ System and Browser Requirements

▲ Problem Size Limits

▲ License Duration

▲ What's Included

▼▲ Prior Releases

DOWNLOAD ANSYS STUDENT 2019 R3 OR 2019 R2

For the [free online simulation course from Cornell University](#), Ansys Student 2019 R3 is recommended.