

# VEČFAZNI TOK

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	VEČFAZNI TOK
<b>Course title:</b>	MULTIPHASE FLOW
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

<b>Študijski programi in stopnja</b>	<b>Študijska smer</b>	<b>Letnik</b>	<b>Semestri</b>	<b>Izbirnost</b>
Strojništvo, tretja stopnja, doktorski	Energetske, procesne in okoljske inženirske znanosti (smer)	1. letnik, 2. letnik	Celoletni	izbirni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0033455
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	7210

<b>Predavanja /Lectures</b>	<b>Seminar /Seminar</b>	<b>Vaje /Tutorial s</b>	<b>Klinične vaje /Clinical tutorials</b>	<b>Druge oblike študija /Other forms of study</b>	<b>Samostojno delo /Individu al student work</b>	<b>ECTS</b>
90					160	10

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Božidar Šarler
-----------------------------------	----------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Boštjan Mavrič, Božidar Šarler
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

**Vrsta predmeta/Course type:**

Izbirni predmet /Elective course

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:

Angleščina, Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Angleščina, Slovenščina

**Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:****Prerequisites:**

Veljajo splošni pogoji za doktorski študij.

General prerequisites for the third level studies.

**Vsebina:****Content (Syllabus outline):**

Kompleksni sistem: vsiljena, projektirana ali ustvarjena hierarhija, spremenljive strukture dvofaznega sistema; cilj: pridobiti znanje o ločevanju skal in definiranju ciljne funkcije v več-funkcionalnih sistemih z večimi skalami.

Pojavne lastnosti dvofaznega toka: makro skala, vmesna skala, mikroskala; cilj: pridobiti znanje o naravi lastnosti sistema, ki se stopnjujejo v odvisnosti od referenčne skale, pridobiti znanje o vlogi tokovnih vzorcev, tokovnih režimov in strukturni funkciji in pridobiti znanje o možnih eksperimentalnih tehnikah v dvofaznem toku.

Konstruktivski parametri dvifaznih tokov: primarni konstrukcijski parametri, sekundarni konstrukcijski parametri; cilj: pridobiti znanje o ločevanju med sistemskimi in procesnimi parametri.

Modeliranje: ohranitveni principi, topološki zakoni, konstitucijski zakoni, zakoni prehoda, teoretične in praktične omejitve. 1D modeliranje, 3D modeliranje; cilj: pridobiti znanje o uporabi povprečenja po kanalu in o lokalni in trenutni formulaciji dvofaznega toka.

Praktične aplikacije: študentje (-ke) so spodbujani predložiti svoje lastne aplikacije, ki lahko zajamejo vse možne kombinacije tokov trdno-plin-kapljevina in so relevantne v velikih ali mikro-

General complex system: imposed, engineered or created hierarchy, variable structure two-phase system; aim: to learn how to choose scale separation and how to define objective function in multi-scale multi-functional systems.

Two phase flow emergent properties: Macro scale, mesoscale, microscale; aim: to learn about the nature of system properties that escalate depending upon the reference scale, to learn about the role of flow patterns, flow regimes and structural function, also to learn about possible experimental techniques in two-phase flow.

Two-phase flow design parameters: primary design parameters, secondary design parameters; aim: to learn how to distinguish between system and process parameters.

Modeling: conservation principles, topological laws, constitutive laws, transfer laws, theoretical and practical constraints. 1D modeling, 3D modeling; aim: to learn how to model two-phase flow using channel averaging or to model two-phase flow using local instant formulation.

Practical applications: students are encouraged to submit their own applications of interest that may cover all possible solid-gas-liquid flow combinations relevant to large- or micro-

<p>sistemih; cilj: podpora samostojnemu in neodvisnemu študiju večfaznih sistemov in pridobiti znanje o planiranju, implementaciji in predstavitvi raziskovalnega dela.</p>	<p>scale devices; aim: to promote independent studies of multiphase systems and to learn how to design, implement and present research work.</p>
---	--

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

[1] C. E. Brennen: Fundamentals of Multiphase Flow, Cambridge University Press, 2005- Selected chapters. Dostopno na spletu <https://plus.cobiss.net/cobiss/ul/sl/bib/search?q=Fundamentals+of+Multiphase+Flow&db=ul&mat=allmaterials&ds=true>

[2] S. Levy: Two-phase Flow in Complex Systems, John Wiley & Sons, 1999- Selected chapters. COBISS.SI-ID - 15100455

[3] A. Faghri, Z. Zhang: Transport Phenomena in Multiphase Systems, Academic Press, 2006 - Selected chapters COBISS.SI-ID - 9875483

[4] M. Ishii, T. Hibiki: Thermo-fluid Dynamics of Two-phase Flow, Springer 2006- Selected chapters. Dostopno na spletu

**Cilji in kompetence:**

**Cilji:**

Namen predmeta je prikazati osnovne tehnike analize dvofaznih tokov in pokazati njihove aplikacije na široko vrsto praktičnih problemov v večfaznih sistemih. Vsebina je izjemno pomembna v široki paleti tradicionalnih inženirskih disciplin, od obstoječih, do novih multidisciplinarnih tehnologij v procesni in kemijski industriji, energetiki, okoljski znanosti, mikroelektroniki, biotehnologiji, nanotehnologiji, znanosti o polimerih, procesiranju hrane, kriogeniki in v številnih drugih industrijskih panogah. Zaradi prevladujoče negotovosti, ki trenutno prevladujejo pri poznavanju fizikalnih potankosti, posebno v povezavi s stikom plin-kapljevina, je poudarjen pomen ohranjanja časovno odvisnih lastnosti v integralnih napravah.

Pričakovati je, da bo predmet vzpodbudil študente v raziskovanje pomembnih primerjalnih postopkov še pred izgradnjo in pogonom testnih naprav. Študent bi moral biti sposoben izbrati relevantni model za obravnavani fizikalni problem in prav tako biti sposoben

**Objectives and competences:**

**Goals:**

The purpose of this course is to make a thorough presentation of the basic techniques for analyzing two-phase flows and to show how they can be applied to a wide variety of practical problems in multiphase systems. The subject has immense importance in a large variety of traditional engineering disciplines, from the established to emerging multidisciplinary technologies in process, chemical, power, nuclear industry, environmental science, microelectronics, biotechnology, nanotechnology, polymer science, food processing, cryogenics, and in many other industries. Due to presently prevailing uncertainties about two-phase-flow physical details, particularly at the gas-liquid interfaces, the value of preserving fluid properties and the time scale in integral experimental facilities is stressed out.

It is hoped that mastering the course will encourage students in future examination of important scaling issues before test facilities for complex systems are built and operated. They should be

<p>verificirati dobljene rezultate.</p> <p><b>Kompetence:</b></p> <p>Pridobljeno razumevanje osnovnih principov v znanosti o večfaznih sistemih in tehnologijah. Študent (-ka) bi moral biti sposoben učinkovito uporabiti to znanje in pridobiti kritičen odnos do eksperimentalnih ali računskih rezultatov.</p>	<p>capable to select the relevant model for the considered physical problem and also to verify the obtained results.</p> <p><b>Competences:</b></p> <p>A student acquires understanding of the basic principles of multiphase science and technology. Therefore she/he should be capable to efficiently use such knowledge as well as critical assessment of the experimental or calculated results.</p>
--	--

**Predvideni študijski rezultati:**

**Intended learning outcomes:**

<p>Pridobljeno razumevanje osnovnih principov v znanosti o večfaznih sistemih in tehnologijah. Študent (-ka) bi moral biti sposoben učinkovito uporabiti to znanje in pridobiti kritičen odnos do eksperimentalnih ali računskih rezultatov.</p>	<p>A student acquires understanding of the basic principles of multiphase science and technology. Therefore she/he should be capable to efficiently use such knowledge as well as critical assessment of the experimental or calculated results.</p>
--	--

**Metode poučevanja in učenja:**

**Learning and teaching methods:**

<p>Predavanja, laboratorijske vaje, seminarsko delo, e-izobraževanje, konzultacije. Seminarsko delo v čim večji meri navezuje se na področje doktorskega raziskovanja. Študij z uporabo priporočene literature.</p>	<p>Lectures, laboratory practice &amp; seminar work, e-education, consulting. The seminar work is related, as much as possible, to the student's doctoral research field. Study on a recommended literature basis.</p>
---	--

**Načini ocenjevanja:**

**Delež/Weight**

**Assessment:**

<p>Ustni izpit, poročilo o seminarskem delu. Pogoji za opravljanje ustnega izpita je uspešno izdelano in pozitivno ocenjeno seminarsko delo. Način (ustno izpraševanje, projekt):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• projekt (seminarska naloga) (70%)</li> <li>• ustno izpraševanje (30%)</li> </ul>		<p>Oral exam, report on seminar work. The condition for admission to oral exam is successful completion of seminar work, rewarded with a passing grade. Method (oral examination, project):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• project (seminar assignment) (70%)</li> <li>• oral examination (30%).</li> </ul>
---	--	---

**Ocenjevalna lestvica:**

**Grading system:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna	5 - 10, a student passes the exam if he is
--	--

**Reference nosilca/Lecturer's references:****prof. dr. Božidar ŠARLER**

ŠARLER, Božidar, ZAHOR, Rizwan, BAJT, Saša. Alternative geometric arrangements of the nozzle outlet orifice for liquid micro-jet focusing in gas dynamic virtual nozzles. *Materials*. Mar. 2021, vol. 14, iss. 6, str. 1-18, ilustr. ISSN 1996-1944. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/6/1572>, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=135232>, DOI: 10.3390/ma14061572. [COBISS.SI-ID 57106947], [JCR, SNIP, WoS do 14. 4. 2023: št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 5, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,67, Scopus do 28. 2. 2023: št. citatov (TC): 10, čistih citatov (CI): 7, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2,33]

BELŠAK, Grega, BAJT, Saša, ŠARLER, Božidar. Numerical study of the micro-jet formation in double flow focusing nozzle geometry using different water-alcohol solutions. *Materials*. Jul. 2021, vol. 14, iss. 13, str. 1-11, ilustr. ISSN 1996-1944. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/13/3614>, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=135639>, DOI: 10.3390/ma14133614. [COBISS.SI-ID 68503555], [JCR, SNIP, WoS do 30. 3. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0,67, Scopus do 21. 2. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0,67]

ZAHOR, Rizwan, BAJT, Saša, ŠARLER, Božidar. Influence of gas dynamic virtual nozzle geometry on micro-jet characteristics. *International journal of multiphase flow*. 2018, vol. 104, str. 152-165, ilustr. ISSN 0301-9322. DOI: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2018.03.003. [COBISS.SI-ID 5124347], [JCR, SNIP, WoS do 9. 4. 2023: št. citatov (TC): 30, čistih citatov (CI): 22, čistih citatov na avtorja (CIAu): 7,33, Scopus do 9. 4. 2023: št. citatov (TC): 28, čistih citatov (CI): 21, čistih citatov na avtorja (CIAu): 7,00]

TALAT, Nazia, MAVRIČ, Boštjan, BELŠAK, Grega, HATIĆ, Vanja, BAJT, Saša, ŠARLER, Božidar. Development of meshless phase field method for two-phase flow. *International Journal of Multiphase Flow*. Nov. 2018, vol. 108, f. 169-180, ilustr. ISSN 1879-3533. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301932218302258?via%3Dihub>, DOI: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2018.06.003. [COBISS.SI-ID 16111387], [JCR, SNIP, WoS do 21. 11. 2022: št. citatov (TC): 15, čistih citatov (CI): 7, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,17, Scopus do 5. 11. 2022: št. citatov (TC): 17, čistih citatov (CI): 8, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,33]

**doc. dr. Boštjan Mavrič**

DOBRAVEC, Tadej, MAVRIČ, Boštjan, ŠARLER, Božidar. Acceleration of RBF-FD meshless phase-field modelling of dendritic solidification by space-time adaptive approach. *Computers & mathematics with applications*, ISSN 1873-7668, Nov. 2022, vol. 126, str. 77-99, ilustr. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0898122122003881>, doi: 10.1016/j.camwa.2022.09.008. [COBISS.SI-ID 122502403], [JCR, SNIP, WoS do 15. 10. 2022: št. citatov (TC): 0, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0, Scopus do 10. 10. 2022: št. citatov (TC): 0, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na

avtorja (CIAu): 0]

MAVRIČ, Boštjan, ŠARLER, Božidar. Equivalent-PDE based stabilization of strong-form meshless methods applied to advection-dominated problems. *Engineering analysis with boundary elements*, ISSN 0955-7997, 2020, vol. 113, str. 315-327, ilustr. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955799720300205?via%3Dihub>, doi: [10.1016/j.enganabound.2020.01.014](https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2020.01.014). [COBISS.SI-ID [17037339](#)], [JCR, SNIP, WoS do 2. 4. 2023: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 4, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2.00, Scopus do 6. 4. 2023: št. citatov (TC): 5, čistih citatov (CI): 5, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2.50]

RANA, Khush Bakhat, MAVRIČ, Boštjan, ZAHOR, Rizwan, ŠARLER, Božidar. A meshless solution of the compressible viscous flow in axisymmetric tubes with varying cross-sections. *Engineering analysis with boundary elements*. Oct. 2022, vol. 143, str. 340-352, ilustr. ISSN 0955-7997. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955799722002260>, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138374>, DOI: [10.1016/j.enganabound.2022.06.029](https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2022.06.029). [COBISS.SI-ID [114950915](#)], [JCR, SNIP, WoS do 3. 1. 2024: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.00, Scopus do 17. 2. 2024: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.00]

HATIĆ, Vanja, MAVRIČ, Boštjan, KOŠNIK, Nejc, ŠARLER, Božidar. Simulation of direct chill casting under the influence of a low-frequency electromagnetic field. *Applied mathematical modelling*, ISSN 0307-904X. [Print ed.], 2018, vol. 54, str. 170-188, ilustr. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X17305863>, doi: [10.1016/j.apm.2017.09.034](https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.09.034). [COBISS.SI-ID [15664923](#)], [JCR, SNIP, WoS do 4. 5. 2023: št. citatov (TC): 37, čistih citatov (CI): 28, čistih citatov na avtorja (CIAu): 7.00, Scopus do 7. 5. 2023: št. citatov (TC): 44, čistih citatov (CI): 33, čistih citatov na avtorja (CIAu): 8.25]