



Univerza v Mariboru

Medicinska fakulteta

## UČNI NAČRT PREDMETA / COURSE SYLLABUS

<b>Ime predmeta:</b>	<b>Matematična fiziologija</b>							
<b>Course title:</b>	<b>Mathematical Physiology</b>							
<b>Študijski program in stopnja</b> <b>Study programme and cycle</b>	<b>Študijska smer</b> <b>Study option</b>			<b>Letnik</b> <b>Year of study</b>	<b>Semester</b> <b>Semester</b>			
Biomedicinska tehnologija/3. stopnja				2	3 ali 4			
Biomedical Technology/3rd Degree								
<b>Vrsta predmeta (obvezni ali izbirni) /</b> <b>Course type (compulsory or elective)</b>				Izbirni Elective				
<b>Univerzitetna koda predmeta / University course code:</b>								
<b>Predavanja</b> <b>Lectures</b>	<b>Seminar</b> <b>Seminar</b>	<b>Vaje</b> <b>Tutorial</b>			<b>Klinične vaje</b> <b>Clinical training</b>	<b>Druge oblike študija</b> <b>Other forms of study</b>	<b>Samost. delo</b> <b>Individual work</b>	<b>ECTS</b>
15	30	AV	LV	RV			135	6
<b>Nosilec predmeta / Course coordinator:</b>				Doc. dr. Marko Gosak				
<b>Jeziki /Languages:</b>		<b>Predavanja / Lectures:</b>		Slovenščina/Slovene				
		<b>Vaje / Tutorial:</b>		Slovenščina/Slovene				
<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>				<b>Prerequisites for enrolling in the course or for performing study obligations:</b>				
<b>Vsebina (kratek pregled učnega načrta):</b>				<b>Content (syllabus outline):</b>				
I. Metode matematičnega modeliranja bioloških sistemov: Preprosti modeli za opis celične vzdražnosti, nefrofiziologije, dihanja, kardiovaskularnega sistema, ledvične fiziologije in teorije povratne zveze Sistemi diferencialnih enačb Teorija kompleksnih mrež in njena uporaba na večceličnih sistemih II. Fiziologija celice: Biokemijske reakcije (kinetika encimov, kooperativna vezava ligandov, glikoliza in oscilacije). Transport preko membrane celice (transport ionov in vode, regulacija volumna celice) Dinamika kalcija v citosolu ( difuzija kalcija, kalcijeve oscilacije, kalcijevi valovi, prenos kalcijevega signala od agonista do kontrakcije mišice)				I. Introduction to methods of mathematical modelling of biological systems: Simple models for describing cellular excitability, neurophysiology, respiration, cardiovascular system, renal physiology, and the feedback theory Systems of differential equations Complex network theory and its application on multicellular systems II. Cell physiology: Biochemical reactions (enzyme kinetics, cooperative ligand binding, glycolysis and glycolitic oscillations) Membrane transport (ionic and water transport, cell volume regulation) Calcium dynamics (diffusion, oscillations, calcium waves, calcium signaling from agonist effect to muscle contraction) Function of contractile elements				



Delovanje kontraktilnih elementov III. Sistemska fiziologija: Sklopitev med srcem in žilami Sklopitev med dihalnim in srčno-žilnim sistemom Sklopitev med srčnožilnim sistemom in ledvicami Sklopitev med endokrinimi organi in njihovimi tarčami Acidobazno ravnovesje.	III. Systems physiology Coupling between the heart and vessels, Coupling between the respiratory and cardiovascular system Coupling between the cardiovascular system and the kidneys Acid-base balance
<b>Temeljni literatura in viri / Reading materials:</b>	
<b>Visokošolski učbeniki / Textbooks</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– A Stožer, L Križančič Bombek, J Dolensek, M Skelin. Izbrana poglavja iz fiziologije : za študente medicine : z navodili za vaje. 1. izd. Maribor: Medicinska fakulteta, 2012. 215 str., ilustr. ISBN 978-961-6739-36-8</li><li>– P Nelson, Biological Physics: Energy, Information, Life, 2020: <a href="https://www.physics.upenn.edu/biophys/BPse/index.html">https://www.physics.upenn.edu/biophys/BPse/index.html</a></li><li>– P Nelson, Physical Models of Living Systems, Second Edition: Probability, Simulation, Dynamics, 2020: <a href="https://www.physics.upenn.edu/biophys/PMLS2e/index.html">https://www.physics.upenn.edu/biophys/PMLS2e/index.html</a></li></ul>	
<b>Dodatna literatura in viri / Additional References:</b>	
<b>Visokošolski učbeniki / Textbooks</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– SH Strogatz: Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry, And Engineering, CRC Press, 1st Ed, 2000</li><li>– SH Strogatz: SYNC. How order emerges from chaos in the universe, nature, and daily life. Hachette Books, 1st Ed, 2004.</li><li>– J Loscalzo, AL Barabasi, EK Silverman: Network Medicine. Complex systems in human disease and therapeutics, Harvard university press, 1st Ed, 2017.</li><li>– M Newman, AL Barabasi, DJ Watts, The structure and dynamics of networks, Princeton university press, 1st Ed, 2006.</li><li>– A Goldbeter: Biochemical Oscillations and Cellular Rhythms, Cambridge University Press, 1997.</li><li>– JD Murray: Mathematical Biology, I: An Introduction, 3rd Ed, Springer, 2007.</li><li>– E Carson, C Cobelli: Introduction to Modeling in Physiology and Medicine, Academic Press, 1st Ed, 2008.</li><li>– FC Hoppensteadt, C.S. Peskin: Modeling and Simulation in Medicine and Life Sciences, 2nd Ed, Springer 2004.</li><li>– JE Hall. Guyton and Hall Textbook of medical physiology. 13th E, Saunders, 2015.</li><li>– Ribarič S. ured. Temelji patološke fiziologije, 4. izd., Inštitut za patološko fiziologijo MF UL, 2017.</li><li>– Ribarič S. ured. Seminarji iz patološke fiziologije, 3. izd., Inštitut za patološko fiziologijo MF, 2014.</li><li>– WF Boron, EL Boulpaep. Medical Physiology. Ed. 3., Elsevier, 2016.</li></ul>	
<b>Izvirni in pregledni članki / Original and review papers</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– GOSAK, Marko, MARKOVIČ, Rene, DOLENŠEK, Jurij, RUPNIK, Marjan, MARHL, Marko, STOŽER, Andraž, PERC, Matjaž. Network science of biological systems at different scales : a review. Physics of life reviews, ISSN 1873-1457, 2018, vol. 24, str. 118-135, doi: 10.1016/j.plev.2017.11.003. [COBISS.SI-ID 512746040]</li><li>– DOLENŠEK, Jurij, ŠPELIČ, Denis, SKELIN, Maša, ŽALIK, Borut, GOSAK, Marko, RUPNIK, Marjan, STOŽER, Andraž. Membrane potential and calcium dynamics in beta cells from mouse pancreas tissue slices : theory, experimentation, and analysis. Sensors, ISSN 1424-8220, 2015, vol. 15, iss. 11, str. 27393-27419, ilustr. <a href="http://www.mdpi.com/1424-8220/15/11/27393">http://www.mdpi.com/1424-8220/15/11/27393</a>, doi: 10.3390/s151127393. [COBISS.SI-ID 512558136]</li></ul>	

- PERC, Matjaž, RUPNIK, Marjan, GOSAK, Marko, MARHL, Marko. Prevalence of stochasticity in experimentally observed responses of pancreatic acinar cells to acetylcholine. *Chaos*, ISSN 1054-1500, 2009, vol. 19, iss. 3, str. 037113-1-037113-6, doi: 10.1063/1.3160017. [COBISS.SI-ID 13698582]
- MARKOVIČ, Rene, STOŽER, Andraž, GOSAK, Marko, DOLENŠEK, Jurij, MARHL, Marko, RUPNIK, Marjan. Progressive glucose stimulation of islet beta cells reveals a transition from segregated to integrated modular functional connectivity patterns. *Scientific reports*, ISSN 2045-2322, vol. 5, 2015, 10 str. <http://www.nature.com/srep/2015/150119/srep07845/full/srep07845.html>, doi: 10.1038/srep07845. [COBISS.SI-ID 512466488]
- STOŽER, Andraž, GOSAK, Marko, DOLENŠEK, Jurij, PERC, Matjaž, MARHL, Marko, RUPNIK, Marjan, KOROŠAK, Dean. Functional connectivity in islets of Langerhans from mouse pancreas tissue slices. *PLoS computational biology*, ISSN 1553-734X. [Print ed.], Feb. 2013, vol. 9, iss. 2, str. e100292312-1-e1002923-12, doi: 10.1371/journal.pcbi.1002923. [COBISS.SI-ID 512264760]
- STOŽER, Andraž, DOLENŠEK, Jurij, SKELIN, Maša, RUPNIK, Marjan. Cell physiology in tissue slices : studying beta cells in the islets of Langerhans = Celična fiziologija v tkivnih rezinah : preučevanje celic beta v Langerhansovih otočkih. *Acta medico-biotechnica : AMB*, ISSN 1855-5640. [Tiskana izd.], 2013, vol. 6, [no.] 1, str. 20-32, ilustr. [http://www.actamedbio.mf.uni-mb.si/03\\_10id\\_amb\\_97\\_13\\_v2.pdf](http://www.actamedbio.mf.uni-mb.si/03_10id_amb_97_13_v2.pdf). [COBISS.SI-ID 512298296]
- STOŽER, Andraž. Nernstov potencial in ohmski model membranskega potenciala = Nernst potential and the Ohmic model of membrane potential. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], jun. 2014, letn. 53, št. 2, str. 193-202. [COBISS.SI-ID [512415288](#)]
- SKELIN, Maša. Akcijski potencial = Action potential. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], jun. 2014, letn. 53, št. 2, str. 203-217, ilustr. [COBISS.SI-ID [512415544](#)]
- DOLENŠEK, Jurij. Razumevanje elektroencefalografije s pomočjo prostorskega kota = Solid angle approach to understanding electroencephalography. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], mar. 2015, letn. 54, št. 1, str. 41-55, ilustr. [COBISS.SI-ID [279836928](#)]
- POHOREC, Viljem, RUPNIK, Marjan. Funkcija in disfunkcija bazalnih ganglijev = Function and dysfunction of basal ganglia. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], jun. 2014, letn. 53, št. 2, str. 219-231, ilustr. [COBISS.SI-ID [512415800](#)]
- STOŽER, Andraž, RUPNIK, Marjan. Akutna respiracijska acidoza in alkalozna : sodobna kvantitativna interpretacija. *Zdravniški vestnik : glasilo Slovenskega zdravniškega društva*, ISSN 1318-0347. [Tiskana izd.], feb. 2014, letn. 83, št. 2, str. 147-157, ilustr. <http://vestnik.szdz.si/index.php/ZdravVest/article/view/1100>. [COBISS.SI-ID [512392248](#)]
- STOŽER, Andraž, DOLENŠEK, Jurij, RUPNIK, Marjan. Fiziologija pljuč : prvi del = Pulmonary physiology : part one. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], 2012, letn. 51, št. 3/4, str. 269-290, ilustr. [COBISS.SI-ID [512246072](#)]
- STOŽER, Andraž, RUPNIK, Marjan. Fiziologija pljuč : drugi del = Pulmonary physiology : part two. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], 2012, letn. 51, št. 3/4, str. 291-308, ilustr. [COBISS.SI-ID [512246328](#)]
- STOŽER, Andraž, DOLENŠEK, Jurij, RUPNIK, Marjan. Fiziologija pljuč : tretji del = Pulmonary physiology : part three. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], 2012, letn. 51, št. 3/4, str. 309-328, ilustr. [COBISS.SI-ID [512246584](#)]
- KRIŽANČIČ BOMBEK, Lidija. Vid: sinaptično povezovanje med nevroni mrežnice in obdelava signalov = Vision: synaptic connections between retinal neurons and signal processing. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], 2014, letn. 53, št. 1, str. 101-114, ilustr. [COBISS.SI-ID [512402488](#)]
- KRIŽANČIČ BOMBEK, Lidija. Vid: mrežnica, fotoreceptorji in fototransdukcija = Vision: retina, photoreceptors and phototransduction. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in*

*raziskovalni članki*], ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], dec. 2013, letn. 52, št. 4, str. 441-455, ilustr. [COBISS.SI-ID [512402232](#)]

- STOŽER, Andraž, DOLENŠEK, Jurij, RUPNIK, Marjan. Fiziologija prebavne cevi. Del 1 = Gastrointestinal physiology. Part 1. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], 2010, letn. 49, št. 4, str. 371-389. [COBISS.SI-ID [66519809](#)]
- STOŽER, Andraž, DOLENŠEK, Jurij, RUPNIK, Marjan. Fiziologija prebavne cevi. Del 2 = Gastrointestinal physiology. Part 2. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], 2010, letn. 49, št. 4, str. 391-424. [COBISS.SI-ID [66520065](#)]
- RUPNIK, Marjan. Fiziologija ledvic. *Medicinski razgledi : [medicinski pregledni, strokovni in raziskovalni članki]*, ISSN 0025-8121. [Tiskana izd.], 2005, letn. 44, št. 3, str. 235-256. [http://www.medrazgl.si/e107\\_files/public/datoteke/mr05\\_3\\_03.pdf](http://www.medrazgl.si/e107_files/public/datoteke/mr05_3_03.pdf). [COBISS.SI-ID [2191423](#)]
- DOLENŠEK, Jurij, POHOREC, Viljem, RUPNIK, Marjan, STOŽER, Andraž. Pancreas physiology. V: SEICEAN, Andrada (ur.). *Challenges in pancreatic pathology*. Rijeka: InTech. cop. 2017, str. [19]-52, ilustr. <https://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/53020.pdf>, doi: [10.5772/65895](https://doi.org/10.5772/65895). [COBISS.SI-ID [512723000](#)]

**Prosto dostopni viri na spletu / Open web sources**

- <https://www.khanacademy.org/>
- <https://phy.percipio-big-data.com/>
- <https://www.osmosis.org/>
- <https://estudij.um.si/>
- <http://medicinec.viidea.net/fiziologija/>

<b>Cilji in kompetence:</b>	<b>Objectives and competences:</b>
<p>Predmet je usmerjen v osvojitev metod matematičnega modeliranja različnih fizioloških procesov v človeškem telesu. Poglavitni cilj je poglobljen študij izbranih in za temo relevantnih fizioloških procesov z metodami matematičnega modeliranja. Študij oziroma raziskava mora vsebovati elemente izvirnosti. Tako bi naj ta predmet praviloma predstavljal uvod v raziskave na ravni doktorskega dela. Zato so med vsebinami navedeni nekateri klasični zgledi za uvajanje, konkretni primeri aplikacije matematičnega modeliranja s strani naše skupine, kakor tudi nekateri aktualni problemi, ki omogočajo izvirni prispevek znanosti.</p>	<p>A student is acquainted with a basic knowledge of mathematical modelling of various physiological processes in the human body. However, the major aim is to study selected physiological processes which are relevant for student's thesis, in details by this method so that research could lead to an original contribution to science, and concomitantly, to the a work on doctoral thesis. Therefore, the syllabus outline contains traditional examples, case studies of applying mathematical modelling by our research group, as well as some actual problems focused on current research.</p>
<b>Predvideni študijski rezultati:</b>	<b>Intended learning outcomes:</b>
<p><b>Znanje in razumevanje:</b> Razumevanje in praktično obvladovanje fizioloških procesov na ravni simulacije matematičnega modela. Doseženo znanje izbranega fiziološkega procesa v smislu poznavanja aktualne problematike, ki omogoča nadaljnje raziskave.</p>	<p><b>Knowledge and understanding:</b> Understanding and practical application of physiological processes by computer simulation of a mathematical model. Knowledge of the process studied in such details which may lead to further research.</p>
<p><b>Prenosljive/ključne spretnosti in drugi atributi:</b> Formuliranje matematičnega modela izbranega problema in računalniška simulacija modelnih enačb.</p>	<p><b>Transferable/key competences and other abilities:</b> Ability of mathematical modelling and computer simulating of the model.</p>

<p>Poznavanje in uporaba ustrezne področne nomenklature.</p> <p>Analiza, vizualizacija in interpretacija kvantitativnih in grafičnih podatkov.</p> <p>Kritično razmišljanje, timsko delo, kreativnost, ustno in pisno komuniciranje, reševanje problemov in samokontrola.</p>		<p>Understanding and using the vocabulary relevant for the field.</p> <p>Analysis, visualisation, and interpretation of quantitative and graphical data.</p> <p>Critical thinking, teamwork, creativity, oral and written communication, problem solving and self-control.</p>
<b>Metode poučevanja in učenja:</b>		<b>Learning and teaching methods:</b>
<p>Predavanja</p> <p>Seminarji</p> <p>Samostojno delo</p>		<p>Lectures</p> <p>Seminars</p> <p>Individual work</p>
<b>Načini ocenjevanja:</b>	<b>Delež (v %) / Share (in %)</b>	<b>Assessment methods:</b>
<p>Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt)</p> <p>Seminarska naloga</p> <p>Projekt</p>	<p><b>50 %</b></p> <p><b>50 %</b></p>	<p>Method (written or oral exam, coursework, project):</p> <p>Seminar paper</p> <p>Project</p>
<b>Reference nosilca / Course coordinator's references:</b>		
<p>BARAČ, Uroš, PERC, Matjaž, GOSAK, Marko. Determinants of collective failure in excitable networks. Chaos. 2023, vol. 33, iss. 4, [article no.] 043120, 9 str. ISSN 1054-1500. DOI: 10.1063/5.0149578. [COBISS.SI-ID 149413891], [JCR, SNIP, WoS do 29. 9. 2023: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.67, Scopus do 17. 9. 2023: št. citatov (TC): 5, čistih citatov (CI): 5, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1.67]</p> <p>financer: ARRS, Programi, P3-0396, SI, Celične in tkivne mreže; ARRS, Programi, P1-0403, SI, Računsko intenzivni kompleksni sistemi; ARRS, Programi, I0-0029, SI, Infrastrukturalna dejavnost Univerze v Mariboru; ARRS, Projekti, J3-3077, SI, Analiza kolektivne celične aktivnosti v normalnih in diabetičnih pankreatičnih otočkih s principi večplastnih mrež; ARRS, Projekti, J1-2457, SI, Fazni prehodi proti koordinaciji v večplastnih omrežjih</p> <p>kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (INSPEC, MEDLINE, MSN, PUBMED); tip dela je verificiral OSICN</p> <p>točke: 41.94, št. avtorjev: 3</p> <p>DUH, Maja, SKOK, Kristijan, PERC, Matjaž, MARKOTA, Andrej, GOSAK, Marko. Computational modeling of targeted temperature management in post-cardiac arrest patients. Biomechanics and modeling in mechanobiology. Oct. 2022, vol. 21, issue 5, str. 1407-1424. ISSN 1617-7940. <a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s10237-022-01598-x">https://link.springer.com/article/10.1007/s10237-022-01598-x</a>, DOI: 10.1007/s10237-022-01598-x. [COBISS.SI-ID 114648835], [JCR, SNIP, WoS do 15. 9. 2023: št. citatov (TC): 3, čistih citatov (CI): 3, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.60, Scopus do 2. 9. 2023: št. citatov (TC): 3, čistih citatov (CI): 3, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.60]</p> <p>financer: ARRS, Projekti, J1-2457, SI, Fazni prehodi proti koordinaciji v večplastnih omrežjih; ARRS, Projekti, J1-9112, SI, Kvantna lokalizacija v kaotičnih sistemih; ARRS, Programi, P1-0403, SI, Računsko intenzivni kompleksni sistemi; ARRS, Programi, P3-0396, SI, Celične in tkivne mreže; ARRS, Projekti, J3-3077, SI, Analiza kolektivne celične aktivnosti v normalnih in diabetičnih pankreatičnih otočkih s principi večplastnih mrež</p> <p>kategorija: 1A2 (Z, A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (BIOABS, BIOPREW, COMPENDEX, INSPEC, MEDLINE, METADEX, PUBMED); tip dela je verificiral OSICM</p> <p>točke: 18.5, št. avtorjev: 5</p> <p>STOŽER, Andraž, ŠTERK, Marko, PARADIŽ, Eva, MARKOVIČ, Rene, SKELIN, Maša, ELLIS, Cara E., KRIŽANČIĆ BOMBEK, Lidija, DOLENŠEK, Jurij, MACDONALD, Patrick E., GOSAK, Marko. From isles of Königsberg to islets</p>		

of Langerhans: examining the function of the endocrine pancreas through network science. *Frontiers in endocrinology*. Jun. 2022, vol. 13, str. 1-28. ISSN 1664-2392. DOI: 10.3389/fendo.2022.922640. [COBISS.SI-ID 112192515], [JCR, SNIP, WoS do 30. 9. 2023: št. citatov (TC): 7, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.10, Scopus do 24. 9. 2023: št. citatov (TC): 9, čistih citatov (CI): 3, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.30]

financer: ARRS, Programi, P3-0396, SI, Celične in tkivne mreže; ARRS, Programi, P1-0055, SI, Biofizika polimerov, membran, gelov, koloidov in celic; ARRS, Programi, I0-0029, SI, Infrastrukturalna dejavnost Univerze v Mariboru; ARRS, Projekti, J3-3077, SI, Analiza kolektivne celične aktivnosti v normalnih in diabetičnih pankreatičnih otočkih s principi večplastnih mrež; ARRS, Projekti, J1-2457, SI, Fazni prehodi proti koordinaciji v večplastnih omrežjih; ARRS, Projekti, J3-9289, SI, Vloga cikličnega adenozin monofosfata v normalni fiziologiji celic beta in med razvojem sladkorne bolezni tipa 2; ARRS, Projekti, N3-0048, SI, Vloga ionskih kanalov TRPM3 in TRPM5 pri uravnavanju mrežne aktivnosti v otočkih trebušne slinavke; ARRS, Projekti, N3-0170, SI, Pomen povezav med eksokrinim in endokrinim delom trebušne slinavke v zdravju in bolezni; ARRS, Projekti, N3-0133, SI, Celice beta med razvojem in remisijo z dieto povzročene sladkorne bolezni

kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (BIOABS, BIOPREW, DOAJ, MEDLINE, PUBMED); tip dela je verificiral OSICM

točke: 10, št. avtorjev: 10