LASERSKA TEHNIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Laserska tehnika
Course title:	Laser Technique
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2026/2027 dalje)	Mehatronika (smer)	3. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0563957
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3074-V

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		30			40	4

Nosilec predmeta/Lecturer:	prof. dr. Matija Jezeršek

Izvajalci predavanj:	
Izvajalci seminarjev:	
Izvajalci vaj:	
Izvajalci kliničnih vaj:	
Izvajalci drugih oblik:	
Izvajalci praktičnega usposabljanja:	

Vrsta predmeta/Course type:	Izbirni strokovni predmet /Elective specialised course

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	Prerequisites:
Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno aplikativni program.	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
1. Uvod • Pregled vsebine, ciljev in kompetenc • Predstavitev dela na laboratorijskih vajah • Predstavitev ocenjevanja	1. Introduction • Review of the content, goals and competencies • Presentation of lab work • Presentation of assessment

2. Gradniki laserskih sistemov • Laserski izvori, • Optika za vodenje in oblikovanje snopa • Aktuacijski sistemi • Krmilni in nadzorni sistemi 3. Delovanje laserjev • Zgradba • Interakcija svetlobe z osnovnimi delci • Inverzna populacija, • Črpanje 3-nivojskih in 4-nivojskih sistemov 4. Laserski resonator • Ojačanje svetlobe po enem ciklu • Konfiguracije resonatorjev • Stabilnost • Amplitudni in fazni pogoj delovanja • Rodovna struktura laserskega snopa 5. Bliskovno delovanje laserjev • Prosta generacija • Preklop kvalitete resonatorja • Parametri laserskih bliskov (energija, trajanje, vršna moč, povprečna moč) 6. Značilnosti laserske svetlobe • Usmerjenost, enobarvnost, koherenca, intenziteta • Gaussov model • Kvaliteta 7. Laserska optika • Osnovni gradniki (okna, zrcala, leče, vlakna) • Dielektrični sloji • Vodenje snopa (leteča optika, skenirna glava) • Fokusiranje laserske svetlobe 8. Zasnova in razvoj laserskih optomehanskih komponent • Vplivi okolice • Materiali • Vpenjanje optičnih elementov v ohišja 9. Vrste laserskih izvorov – 1. del • Laserji He-Ne, • Laserji CO2 • Laserji Nd:YAG • Rubinski laser, 10. Vrste laserskih izvorov – 2. del • Diskovni laserji • Vlakenski laserji • Polprevodniški laserji 11. Laserska varnost • Vrste nevarnosti laserskih sistemov • Klasifikacija v laserske razrede • Ukrepi za zagotavljanje varnosti 12. Osnovni principi delovanja laserskih merilnih sistemov • Laserska triangulacija, • interferometrija, • čas preleta 13. Izbrani laserski merilni sistemi • 3D merilni sistemi	2. The building blocks of laser systems • Laser sources, • Optics for guiding and focusing of laser beam • Actuation systems • Control and monitoring systems 3. Operation of lasers • laser structure • Interaction of light with elementary particles • Inverse population, • Pumping of 3-level and 4-level lasers 4. Laser resonator • Light amplification during one cycle • Resonator (cavity) configurations • Stability • Amplitude and phase conditions • Laser modes 5. Pulsed operation of lasers • Spontaneous generation • Q-switching • Parameters of pulsed lasers (energy, duration, peak power, average power) 6. Features of laser light • Directional, • monochromatic, • coherent, • intensity • description of laser beam spreading • Laser beam quality 7. Laser optics • Basic building blocks (windows, mirrors, lenses, fibers) • Dielectric layers • Beam guidance (flying optics, scanning head) • Focusing of laser light 8. Design of laser optomechanical components • Environmental influences • Materials • Mounting of optical elements into housings 9. Laser types - Part 1 • He-No lasers, • CO2 lasers • Lasers Nd: YAG • Ruby laser 10. Laser types - Part 2 • Disc lasers • Fiber lasers • Semiconductor lasers 11. Laser Safety • Types of hazards related with laser systems • Laser safety classes • Safety measures 12. Basic principles of laser measurement systems • Laser triangulation, • interferometry, • flight time

• Merilniki hitrosti • Merilniki deformacij 14. Laserske obdelave • Interakcija laserske svetlobe z obdelovancem • Absorpcija laserske svetlobe • Mehanizmi laserskega odvzemanja snovi 15. Izbrani laserski obdelovalni sistemi • Sistemi za lasersko vrtanje in rezanje • Sistemi za lasersko varjenje • Označevalni in gravirni sistemi • Laserski sistemi za 3d tisk	13. Selected laser measurement systems • 3D measurement systems • Velocity measurement • Deformation measurement 14. Laser processing • Laser light interaction with the workpiece • Laser light absorption • Laser ablation mechanisms 15. Selected laser processing systems • Laser drilling and cutting systems • Laser welding systems • Marking and engraving systems • Laser systems for 3d printing

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. W.T. Silfvast, Laser Fundamentals, Cambridge Univ. Press, 2008. [COBISS.SI-ID 3651367]
2. E. Kannatey-Asibu, Principles of Laser Materials Processing, Wiley, 2009. [COBISS.SI-ID 11303451]
3. J. Hecht: Understanding Lasers: An Entry-Level Guide, 3rd. ed., Wiley-IEEE Press; 2008. [COBISS.SI-ID 10614811]

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: 1. Spoznati osnovne principe delovanja in zgradbo laserskih sistemov. 2. Razumeti posamezne lastnosti laserske svetlobe in pomembnejše lastnosti posameznih vrst laserskih izvorov in sistemov 3. Spoznati metode razvoja takih sistemov s posebnim poudarkom na interdisciplinarnem pristopu, fizikalnem, matematičnem in numeričnem modeliranju. Kompetence: 1. S1-PAP: Sposobnost uporabe pridobljenega strokovnega znanja s področja laserske tehnike v praksi. 2. P1-PAP: Razumevanje osnovnih fizikalnih zakonitosti in pojavov, na katerih temeljijo laserski izvori in sistemi. 3. P4-PAP: Pozna osnovne laserske merilne in obdelovalne sisteme.	Objectives: 1. To learn the basic principles of operation and structure of laser systems. 2. Understand the individual properties of laser light and the most important properties of individual types of laser sources and systems 3. To learn the methods of development of such systems with special emphasis on interdisciplinary approach, physical, mathematical and numerical modeling. Competences: 1. S1-PAP: The ability to apply the acquired expertise in laser technology to practice. 2. P1-PAP: Understanding the basic physical laws and phenomena underlying laser sources and systems. 3. 3. P4-PAP: Knows basic laser measuring and machining systems.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanja: Poglobljeno strokovno in praktično znanje na področju laserske tehnike podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo: - Poglobljeno razumevanje laserskih izvorov, optike. - Razumevanje laserske varnosti - Poglobljeno razumevanje merilnih ter obdelovalnih sistemov. Spretnosti: S1.3: Diagnosticiranje in reševanje problemov na področju laserskih sistemov v različnih specifičnih delovnih okoljih.	Knowledge: In-depth professional and practical knowledge in the field of laser technology supported by a broader theoretical and methodological basis: - In-depth understanding of laser sources, optics. - Understanding laser safety - In-depth understanding of measurement and processing systems. Skills: S1.3: Diagnosis and problem solving in the field of laser systems in various specific work environments. S1.2 Design and guide of workflows based on creative problem solving related to laser technologies.

S1.2 Načrtovanje in vodenje delovnega procesa na podlagi ustvarjalnega reševanja problemov, povezanih z laserskimi tehnologijami.	

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov. P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki. P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri. P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki (preklopno krmiljenje zapornice, tekočega traku, PID krmiljenje procesa, laserski merilni sistem, laserski obdelovalni sistem). P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki e-verzij: predstavitve predavanj, zbirke nalog z vaj, navodil za izvedbo laboratorijskih vaj P14 Virtualni eksperimenti P15 Uporaba video vsebin kot priprava na vaje	P1 Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases. P2 Presenting the content according to the explained system. P3 Auditorial exercises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples. P4 Laboratory exercises with special-purpose didactic devices (description needs to be added, max. two lines per device). P5 Application of study material (description needs to be added, max. one line per material, e.g. textbook, e-book, printed lecture presentations, etc.). P14 Virtual experiments. P15 Application of videos for preparations to the lectures and exercises.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Teorija (razumevanje konceptov, sistemov, izpeljav in preračunov) - preverjanje v obliki kolokvijev ali izpita ter ustnega zagovora.	50,00 %	Theory (understanding of concepts, systems, derivations and calculations) - assesment in the form of partial exams or final exam and oral defense.
Vaje (predpriprava, razumevanje, sodelovanje in samostojnost) - preverjanje v obliki ustnih zagovorov na vsakokratni laboratorijski vaji.	50,00 %	Exercises (preparation, understanding, cooperation and independence) - assesment in the form of oral defenses at each laboratory exercise.

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

Reference nosilca/Lecturer's references:

Matija Jezeršek:

1. KRAVANJA, Gaia, KRIEGL, Raphael, HRIBAR, Luka, GLAVAN, Gašper, DREVENŠEK OLENIK, Irena, SHAMONIN, Mikhail, **JEZERŠEK, Matija**. Magnetically actuated surface microstructures for efficient transport and tunable separation of droplets and solids. Advanced engineering materials. 2023, 26 str., ilustr. ISSN 1438-1656. DOI: 10.1002/adem.202301000. [COBISS.SI-ID 167150595]
2. KOS, Matjaž, ARKO, Erih, KOSLER, Hubert, **JEZERŠEK, Matija**. Penetration-depth control in a remote laser-welding system based on an optical triangulation loop. Optics and lasers in engineering. [Print ed.]. Apr. 2021, vol. 139, str. 1-14, ilustr. ISSN 0143-8166. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143816620319023?via%3Dihub, https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138442, DOI: /10.1016/j.optlaseng.2020.106464. [COBISS.SI-ID 42940675]
3. PAVLOVČIČ, Urban, ARKO, Peter, **JEZERŠEK, Matija**. Simultaneous hand-eye and intrinsic calibration of a laser profilometer mounted on a robot arm. Sensors. Feb. 2021, vol. 21, iss. 4, f. 1-23, ilustr. ISSN 1424-8220. https://www.mdpi.com/1424-8220/21/4/1037, https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=134961, DOI: 10.3390/s21041037. [COBISS.SI-ID 51371011]
4. PAVLOVČIČ, Urban, RAK, Gašper, HOČEVAR, Marko, **JEZERŠEK, Matija**. Laser triangulation-based ranging of turbulent water surface with epipolar lines. V: ORTEGA-SÁNCHEZ, Miguel (ur.). From snow to sea : 39th IAHR World Congress, Granada, Spain,19 – 24 June 2022. Madrid: International Association for Hydro-Environment Engineering and Research, 2022. Str. 5035-5041, ilustr. Proceedings

of the IAHR World Congress (Online). ISBN 978-90-832612-1-8. ISSN 2521-716X. https://cmswebonline.com/iahr2022/epro/pdf/06-08-010-573.pdf. [COBISS.SI-ID 117014531]

5. KRAVANJA, Gaia, BELYAEVA, Inna A., HRIBAR, Luka, DREVENŠEK OLENIK, Irena, SHAMONIN, Mikhail, **JEZERŠEK, Matija**. Adaptive magneto-responsive surfaces fabricated by laser-based microstructuring. V: Proceedings of ASME 2022 Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems : September 12-14, 2022, Dearborn, Michigan. New York: The American Society of Mechanical Engineers, cop. 2022. 6 str., ilustr. ISBN 978-0-7918-8627-4. https://asmedigitalcollection.asme.org/SMASIS/proceedings-abstract/SMASIS2022/86274/V001T01A006/1150787, DOI: 10.1115/SMASIS2022-90742. [COBISS.SI-ID 130428675]