

# EKSPERIMENTALNA MEHANIKA

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	EKSPERIMENTALNA MEHANIKA
<b>Course title:</b>	ADVANCED EXPERIMENTAL MECHANICS
<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	Konstruktivsko mehanske inženirske znanosti (smer)	1. letnik, 2. letnik	Celoletni	izbirni

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 0033430

**Koda učne enote na članici/UL Member course code:** 7104

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

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Janko Slavič

**Izvajalci predavanj:** Janko Slavič

**Izvajalci seminarjev:**

**Izvajalci vaj:**

**Izvajalci kliničnih vaj:**

**Izvajalci drugih oblik:**

**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**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):**

Za vsakega kandidata posebej se določi prioriteta poglavja za laboratorijsko delo.

Karakterizacija statičnih lastnosti materialov: natezni, tlačni in upogibni preizkusi, merjenje trdote. Vpliv hitrosti obremenjevanja. Načini merjenja deformacije. Bauschingerjev efekt utrjevanja. Lezenje, relaksacija, retardacija. Posebnosti pri anizotropnih materialih (kompoziti, delno kristalni materiali, blendi) ter mikrometrskih in submikrometrskih vlaknih.

Karakterizacija dinamičnih lastnosti materialov: hitri natezni preizkusi, vpliv hitrosti obremenjevanja. Udarni preizkusi. Ciklični preizkusi. Obremenjevanje s konstantno frekvenco, resonančni preizkusi, merjenje histereze, naključno obremenjevanje. Posebnosti pri polimernih in kompozitih ter mikrometrskih in submikrometrskih vlaknih.

Termalna analiza materialov: termogravimetrija. Diferencialne termalne analize (DTA, DCS). Termomehanske analize (TMA, DMA).

Analiza ravninskega napetostno - deformacijskega stanja: teoretične osnove. Uporovni merilni lističi. Metode premazov (krhki in fotoelastični premazi). Osnove optičnih metod. Fotoelastičnost. Moire-jeva metoda. Laserska interferometrija. Speckle

For single student the priority list of topics for laboratory work.

Characterization of material static properties: tension, compression and bending test, material hardness measurements. Load velocity influence on measurements. Procedures for strain measurements. Bausching fatigue effect. Creeping, relaxation and retardation. Specialty of anisotropic materials (composites, partially crystallized materials and blends) and micro mechanical and nano fibers.

Characterization of dynamical material properties: high velocity tension test, load velocity influence. Mechanical stroke tests. Cycling force tests. Cycling test with constant frequency, resonance tests, measurement of deformation hysteresis, coincidental loading. Specialty in measurements of polymers, composites and micro mechanical and nano fibers.

Thermal analysis of materials, termogravimetrija. Differential thermal analysis (DTA,DCS), thermo mechanical analysis. (TMA, DMA).

Analysis of plain stress-strain: theoretical approach. Strain-gages for strain measurements. Special fragile and photo-elastic coating. Basics of optical methods in mechanical properties measurements. Speckle methods and laser interferometry. Specialty in

<p>metoda. Posebnosti pri časovno odvisnih materialih in kompozitih.</p> <p>Dinamična analiza strojev in konstrukcij: merjenje pospeškov, hitrosti in pomikov. Analiza vibracijskega stanja strojev in konstrukcij. Uporaba viskoelastičnih materialov za dušenje vibracij in hrupa. Pasivna in aktivna izolacija. Utrujenje materialov.</p> <p>Eksperimentalna modalna analiza: teoretične osnove. Izbira senzorjev in merilnih mest. Mehanski odziv, električni odziv. Kalibracija. Interpretacija rezultatov.</p> <p>Ekspertni sistemi: linearni sistem (prenosne funkcije). Formiranje baze informacij in logičnega algoritma. Večkanalno računalniško vodeno merjenje v Windows okolju (Visual Basic, Visual C, LabView).</p> <p>Metode meritev vpliva geometrijskih parametrov na pojav koncentracije napetosti. Eksperimentalne metode določanja razvejišč nestabilnega stanja in preskok sistema, ki se pojavi v enoosnih, ravninskih konstrukcijskih elementih in konstrukcijskih lupinah.</p>	<p>measurements of time dependent materials and composites.</p> <p>Dynamical analysis of machines and construction: acceleration, velocity and movement measurements. Analysis of machines and constructions vibrational state. Usage of visco-elastic materials for vibrations and noise damping. Passive and active isolation. Fatigue of material.</p> <p>Experimental modal analysis: basic theory. Appropriate sensor and measuring location selection Mechanical and electrical response. Calibration. Results interpretation.</p> <p>Expert systems: linear system (transfer function). Data base and logical algorithm forming. Multi-channel computer added measurements (CAM) in Windows® operating system (Visual Basic, Visual C, LabView).</p> <p>Methods for measurements geometrical parameter influence on stress peak. Experimental methods for unstable branching state determination and system hopping in line, plane, and shell constructions.</p>
---	---

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

[1] Gonzalez, Rafael C. ; Woods, Richard Eugene: Digital image processing. Pearson, cop. 2018. COBISS.SI-ID - 16999707

[2] S. Mallat: A Wavelet Tour of Signal Processing, 2nd ed., Academic Press, 2001. COBISS.SI-ID - 4743195

[3] Dally, J.W., Riley, W.F.: Experimental stress analysis.- 3rd ed.- New York [etc.]: McGraw-Hill, cop. 1991. COBISS.SI-ID - 2221083

[4] Inman et al.: Damage prognosis: for aerospace, civil and mechanical systems, 2005. COBISS.SI-ID - 11588635

**Cilji in kompetence:**

**Cilji:**  
 Študentu prikazati vlogo in pomen eksperimentalnih metod v mehaniki ter njihovo veljavo kot neodvisno metodo pri potrditvi rezultatov teoretičnih izračunov v mehaniki.

**Kompetence:**

**Objectives and competences:**

**Goals:**  
 The principal goal is to present significance and application of advanced experimental methods in mechanics as independent method for theoretical mechanics results verification.

**Competences:**

<p>Študent osvoji znanja iz področja merjenja mehanskih veličin kot so: deformacije, pomiki, upogibov, pospeškov, sile napetosti, temperatura. Kandidat osvoji znanja potrebna za izbiro in namestitvev ustreznih merilnikov ter izdelavo merilne verige. Se nauči pravilne obdelave rezultatov meritev ter uporabe računalniško podprtih sistemov za zajem podatkov.</p>	<p>The student acquires knowledge from field of measurements of mechanical values as: strain, displacement, bending displacement, acceleration, force, stress, temperature. Student learn to select and locate properly sensor devices and to establish measuring system. Student learn proper measurement results data management and usage of computer added measuring systems (CAM) for measured data acquisition.</p>
---	---

**Predvideni študijski rezultati:**

**Intended learning outcomes:**

<p>Študent osvoji znanja iz področja merjenja mehanskih veličin kot so: deformacije, pomiki, upogibov, pospeškov, sile napetosti, temperatura. Kandidat osvoji znanja potrebna za izbiro in namestitvev ustreznih merilnikov ter izdelavo merilne verige. Se nauči pravilne obdelave rezultatov meritev ter uporabe računalniško podprtih sistemov za zajem podatkov.</p>	<p>The student acquires knowledge from field of measurements of mechanical values as: strain, displacement, bending displacement, acceleration, force, stress, temperature. Student learn to select and locate properly sensor devices and to establish measuring system. Student learn proper measurement results data management and usage of computer added measuring systems (CAM) for measured data acquisition.</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 (projekt, ustno izpraševanje): • projekt (seminarska naloga) (60%) • ustno izpraševanje (40%)</p>		<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 (project, oral examination): • project (seminar assignment) (60%) • oral examination (40%)</p>
--	--	---

Ocenjevalna lestvica:

Grading system:

--	--

**Reference nosilca/Lecturer's references:**

**prof. dr. Janko SLAVIČ**

ARH, Matic, SLAVIČ, Janko, BOLTEŽAR, Miha. Design principles for a single-process 3d-printed accelerometer - theory and experiment. *Mechanical systems and signal processing*. May 2021, vol. 152, str. 1-15, ilustr. ISSN 0888-3270.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088832702030861X>, DOI:

[10.1016/j.ymsp.2020.107475](https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.107475). [COBISS.SI-ID [41594371](#)], [JCR, SNIP, WoS do 25.

2. 2023: št. citatov (TC): 18, čistih citatov (CI): 13, čistih citatov na avtorja (CIAu):

4,33, [Scopus](#) do 13. 2. 2023: št. citatov (TC): 18, čistih citatov (CI): 12, čistih citatov na avtorja (CIAu): 4,00]

ZALETELJ, Klemen, AGREŽ, Vid, SLAVIČ, Janko, PETKOVŠEK, Rok, BOLTEŽAR, Miha. Laser-light speckle formation for deflection-shape identification using digital image correlation. *Mechanical systems and signal processing*. Dec. 2021, vol. 161, str. 1-15, ilustr. ISSN 0888-3270.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327021002946>, DOI:

[10.1016/j.ymsp.2021.107899](https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2021.107899). [COBISS.SI-ID [61853187](#)], [JCR, SNIP, WoS do 9. 2.

2023: št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 7, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,40,

[Scopus](#) do 21. 1. 2023: št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 7, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,40]

ARH, Matic, SLAVIČ, Janko, BOLTEŽAR, Miha. Experimental identification of the dynamic piezoresistivity of fused-filament-fabricated structures. *Additive manufacturing*. [Print ed.]. Dec. 2020, vol. 36, str. 1-10, ilustr. ISSN 2214-8604.

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860420308654?](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860420308654?dgcid=author)

[dgcid=author](https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101493), DOI: [10.1016/j.addma.2020.101493](https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101493). [COBISS.SI-ID [27578883](#)],

[JCR, SNIP, WoS do 11. 2. 2023: št. citatov (TC): 14, čistih citatov (CI): 9, čistih

citatov na avtorja (CIAu): 3,00, [Scopus](#) do 25. 1. 2023: št. citatov (TC): 15, čistih citatov (CI): 9, čistih citatov na avtorja (CIAu): 3,00]

CAPPONI, Lorenzo, SLAVIČ, Janko, ROSSI, Gianluca, BOLTEŽAR, Miha.

Thermoelasticity-based modal damage identification. *International journal of fatigue*. 2020, vol. 137, str. 1-9, ilustr. ISSN 0142-1123.

[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142112320301924?via](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142112320301924?via%3Dihub#!)

[%3Dihub#!](https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105661), DOI: [10.1016/j.ijfatigue.2020.105661](https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105661). [COBISS.SI-ID [13602307](#)], [JCR,

SNIP, WoS do 5. 6. 2021: št. citatov (TC): 5, čistih citatov (CI): 4, čistih citatov na

avtorja (CIAu): 1,00, [Scopus](#) do 22. 12. 2022: št. citatov (TC): 9, čistih citatov (CI): 8, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2,00]