

# DINAMIKA SISTEMOV TELES

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	DINAMIKA SISTEMOV TELES
<b>Course title:</b>	DYNAMICS OF MULTIBODY SYSTEMS
<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:**

0033429

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

7103

<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 /Individual student work</b>	<b>ECTS</b>
90					160	10

**Nosilec predmeta/Lecturer:**

Gregor Čepon, Miha Boltežar

**Izvajalci predavanj:**

Miha Boltežar, Gregor Čepon

**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):**

Uvod, kinematika v nepremičnem in premičnem koordinatnem sistemu, rotacijske matrike.

Analitični pristop: posplošene koordinate in kinematične vezi, Lagrangeova dinamika, Eulerjeve enačbe za primer večih spremenljivk.

Zapis dinamskih enačb v premičnem koordinatnem sistemu: kinematika, vztrajnost deformabilnih teles, posplošene sile, uporaba neodvisnih koordinat, dinamske enačbe z multiplikatorji.

Dinamske enačbe za primer velikih deformacij, uporaba absolutnega koordinatnega sistema, postavitve togostne matrike.

Aplikacija na računsko dinamiko sistemov togih ter prožnih teles. Uporaba v sodobnem inženirstvu.

Dinamika sistemov togih teles z enostranskimi kontakti: kontaktna kinematika, primer večih sočasnih trkov, sočasno upoštevanje trka ter trenja v kontaktu. Linearni komplementarni problem. Numerično reševanje. Aplikacije v strojništvu.

Introduction, kinematics in the fixed and moving reference frame, rotational matrices.

Analytic approach: generalised coordinates and kinematical constraints, Lagrangian dynamics, Euler equations in the case of several variables.

Dynamic equations in the moving reference frame: kinematics, inertia of deformable bodies, generalised forces, the use of generalised coordinates, dynamic equations with multipliers.

Dynamic equations in the case of big deformations, absolute nodal coordinate system, determination of stiffness matrix.

Application to computational dynamics of systems of rigid and flexible bodies. Applications in modern engineering.

Dynamics of rigid bodies with unilateral contacts: contact kinematics, several simultaneous impacts, simultaneous description of friction and impact. Linear complementarity problem. Numerical aspects. Application in mechanical engineering.

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

[1] A. A. Shabana: Computational Dynamics, John Wiley & Sons, 1994. - izbrana poglavja COBISS.SI-ID - 13386523

[2] F. Pfeiffer, C. Glocker: Multibody Dynamics with Unilateral Contacts, John Wiley

&

Sons, 1996. COBISS.SI Cobiss.si-ID 5580315

[3] A. A. Shabana: Dynamics of Multibody Systems, 3rd ed., Cambridge university press, 1994. – izbrana poglavja COBISS.SI Cobiss.si-ID 8633371

[4] A. A. Shabana: Computational Continuum Mechanics, Cambridge University Press, 2008 COBISS.SI Cobiss.si-ID 10606363

### **Cilji in kompetence:**

#### **Cilji:**

Študentu prikazati vlogo in pomen sodobnih metod pri obvladovanju gibanja sistemov togih ter prožnih teles ter poudariti njihovo uporabo.

#### **Kompetence:**

Študent osvoji potrebna znanja iz kinematike in dinamike sistemov teles, potrebna za samostojno kreiranje gibalnih enačb, na podlagi katerih je v nadaljevanju omogočena numerična rešitev danega problema.

### **Objectives and competences:**

#### **Goals:**

The principal goal is to demonstrate and learn modern analytical methods in the field of multibody system dynamics composed of rigid and flexible bodies.

#### **Competences:**

Student learns kinematical and dynamical principles in the field of multibody dynamics that enables him (her) to individually derive the governing equations of motion that further lead to numerical solution of the problem.

### **Predvideni študijski rezultati:**

Študent osvoji potrebna znanja iz kinematike in dinamike sistemov teles, potrebna za samostojno kreiranje gibalnih enačb, na podlagi katerih je v nadaljevanju omogočena numerična rešitev danega problema.

### **Intended learning outcomes:**

Student learns kinematical and dynamical principles in the field of multibody dynamics that enables him (her) to individually derive the governing equations of motion that further lead to numerical solution of the problem.

### **Metode poučevanja in učenja:**

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.

### **Learning and teaching methods:**

Lectures, laboratory practice & 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.

### **Načini ocenjevanja:**

### **Delež/Weight**

### **Assessment:**

Ustni izpit (50%), poročilo o seminarskem delu (50%). Pogoji za opravljanje ustnega izpita je uspešno izdelano in

Oral exam (50%), report on seminar work (50%). The condition for admission to oral exam is successful completion of

pozitivno ocenjeno seminarsko delo.		seminar work, rewarded with a passing grade.
--	--	---

### 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:

#### prof. dr. Miha BOLTEŽAR

OCEPEK, Domen, ČEPON, Gregor, BOLTEŽAR, Miha. Characterization of sensor location variations in admittance-based TPA methods. *Journal of sound and vibration*, ISSN 0022-460X. [Print ed.], Jun. 2022, vol. 528, str. 1-15, ilustr. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X22001298>, doi: [10.1016/j.jsv.2022.116888](https://doi.org/10.1016/j.jsv.2022.116888). [COBISS.SI-ID [102695939](https://www.cobiss.si/record/102695939)],

OCEPEK, Domen, KODRIČ, Miha, ČEPON, Gregor, BOLTEŽAR, Miha. On the estimation of structural admittances from acoustic measurement using a dynamic substructuring approach. *Applied acoustics*, ISSN 0003-682X. [Print ed.], Sep. 2021, vol. 180, str. 1-10, ilustr. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X21002085?via%3Dihub>, doi: [10.1016/j.apacoust.2021.108115](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108115). [COBISS.SI-ID [62006531](https://www.cobiss.si/record/62006531)]

SKRINJAR, Luka, SLAVIČ, Janko, BOLTEŽAR, Miha. A Review of continuous contact-force models in multibody dynamics. *International journal of mechanical sciences*, ISSN 0020-7403, Sep. 2018, vol. 145, str. 171-187, doi: [10.1016/j.ijmecsci.2018.07.010](https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2018.07.010). [COBISS.SI-ID [16175131](https://www.cobiss.si/record/16175131)],

RAZPOTNIK, Matej, ČEPON, Gregor, BOLTEŽAR, Miha. A Smooth contact-state transition in a dynamic model of rolling-element bearings. *Journal of sound and vibration*, ISSN 0022-460X. [Print ed.], Sep. 2018, vol. 430, str. 196-213, ilustr. [https://ac.els-cdn.com/S0022460X18303316/1-s2.0-S0022460X18303316-main.pdf?\\_tid=0053fe6d-b9b1-479b-9db2-02f142a55b55&acdnat=1528357961\\_a6804519835b68bd2d06a119a4e9a336](https://ac.els-cdn.com/S0022460X18303316/1-s2.0-S0022460X18303316-main.pdf?_tid=0053fe6d-b9b1-479b-9db2-02f142a55b55&acdnat=1528357961_a6804519835b68bd2d06a119a4e9a336), doi: [10.1016/j.jsv.2018.05.041](https://doi.org/10.1016/j.jsv.2018.05.041). [COBISS.SI-ID [16096795](https://www.cobiss.si/record/16096795)],

#### izr. prof. dr. Gregor ČEPON

RAZPOTNIK, Matej, ČEPON, Gregor, BOLTEŽAR, Miha. A Smooth contact-state transition in a dynamic model of rolling-element bearings. *Journal of sound and vibration*. [Print ed.], Sep. 2018, vol. 430, str. 196-213, ilustr. ISSN 0022-460X. [https://ac.els-cdn.com/S0022460X18303316/1-s2.0-S0022460X18303316-main.pdf?\\_tid=0053fe6d-b9b1-479b-9db2-02f142a55b55&acdnat=1528357961\\_a6804519835b68bd2d06a119a4e9a336](https://ac.els-cdn.com/S0022460X18303316/1-s2.0-S0022460X18303316-main.pdf?_tid=0053fe6d-b9b1-479b-9db2-02f142a55b55&acdnat=1528357961_a6804519835b68bd2d06a119a4e9a336), DOI: [10.1016/j.jsv.2018.05.041](https://doi.org/10.1016/j.jsv.2018.05.041). [COBISS.SI-ID [16096795](https://www.cobiss.si/record/16096795)], [JCR, SNIP, WoS do 26. 10. 2022: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 4, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,33, Scopus do 6. 8. 2022: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 4, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1,33]

ČEPON, Gregor, ROGELJ, Jakob, KNEZ, Luka, BOLTEŽAR, Miha. On multibody-system equilibrium-point selection during joint-parameter identification: A numerical and experimental analysis. *Mechanism and machine theory*. Oct. 2018, vol. 128, str. 287-297, ilustr. ISSN 0094 14X. ,

DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2018.06.006. [COBISS.SI-ID 16120347],  
[JCR, SNIP, WoS, Scopus]

ČEPON, Gregor, STARČ, Blaž, ZUPANČIČ, Blaž, BOLTEŽAR, Miha. Coupled thermo-structural analysis of a bimetallic strip using the absolute nodal coordinate formulation. Multibody system dynamics. Dec. 2017, vol. 41, iss. 4, f. 391-402, ilustr. ISSN 1384-5640. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11044-017-9574-7>, DOI: 10.1007/s11044-017-9574-7. [COBISS.SI-ID 15513627],  
[JCR, SNIP, WoS do 12. 2. 2023: št. citatov (TC): 10, čistih citatov (CI): 10, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2,50, Scopus do 6. 1. 2023: št. citatov (TC): 13, čistih citatov (CI): 13, čistih citatov na avtorja (CIAu): 3,25]

ČEPON, Gregor, BOLTEŽAR, Miha. Dynamics of a belt-drive system using a linear complementarity problem for the belt-pulley contact description. Journal of sound and vibration. [Print ed.]. Jan. 2009, vol. 319, iss. 3/5, str. 1019-1035. ISSN 0022-460X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2008.07.005>, DOI: 10.1016/j.jsv.2008.07.005. [COBISS.SI-ID 10609947], [JCR, SNIP, WoS do 12. 12. 2022: št. citatov (TC): 55, čistih citatov (CI): 43, čistih citatov na avtorja (CIAu): 21,50, Scopus do 14. 2. 2023: št. citatov (TC): 71, čistih citatov (CI): 58, čistih citatov na avtorja (CIAu): 29,00]