

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	TEORIJA GRADIV
<b>Course title:</b>	MATERIALS SCIENCE

<b>Študijski programi in stopnja</b>	<b>Študijska smer</b>	<b>Letnik</b>	<b>Semestri</b>
Strojništvo, tretja stopnja, doktorski	Ni členitve (študijski program)		Celoletni

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 7015

Predavanja	Seminar	Vaje	Klinične vaje	Druge oblike študija	Samostojno delo	ECTS
90					160	10

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Roman Šturm

<b>Izvajalci predavanj:</b>	Roman Šturm
<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

<b>Jeziki/Languages:</b>	<b>Predavanja/Lectures:</b>	Slovenščina, Angleščina
	<b>Vaje/Tutorial:</b>	Slovenščina, Angleščina

<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>	<b>Prerequisites:</b>
Veljajo splošni pogoji za doktorski študij.	General prerequisites for the third level studies.

### Vsebina:

Kristalna zgradba kovin in opis kristalov. Napake v kristalni zgradbi in eksperimentalne metode za popis napak, difuzija, atomski model difuzije, Fickovi zakoni, temperaturna odvisnost difuzijskega koeficienta, difuzijski mehanizmi in aktivacijska energija, vplivi na difuznost, Kirkendallov efekt, difuzijski eksperimenti. Dislokacijski mehanizmi pri plastičnem preoblikovanju, drsenje, utrjevanje, rekristalizacijsko žarjenje, kinetika poprave in nukleacijski mehanizmi. Utrjevanje kovin s toplotno obdelavo, fazne transformacije, nukleacijski mehanizmi, izločanje in izločevalni mehanizmi, izločevalno utrjanje. Lezenje, vrste in mehanizmi lezenja, lom in utrjevanje kovin. Girffithova teorija loma, modifikirani modeli za delno žilave kovine, mahanizmi mikrorazpok, vplivi na utrujanje kovin, morfologija utrujenostnega preloma. Korozija, vrste in mahanizmi različnih tipov korozij, korozijske poškodbe, napetostna korozija in utrujenost, zaščita pred korozijo, korozijska odpornost materialov.

### Content (Syllabus outline):

Atomic bonding and crystal structure. Imperfections in crystals and experimental methods for imperfection characterizations, diffusion, model of atomic diffusion, Fick's laws, temperature dependence of diffusion coefficient, diffusion mechanisms and activation energy, diffusion influence factors, Kirkendall's effect, diffusive experiments. Dislocation mechanisms at cold deformation, slip, strengthening, recrystallization, nucleation and recovery mechanisms. Metal strengthening with heat treatment, phase transformations, nucleation, precipitation strengthening. Creep, creep types and mechanisms. Fracture and strengthening of metals. Griffith's fracture theory, models of fracture for ductile to brittle metals, crack mechanisms, fatigue, morphology of fatigue fracture. Corrosion, mechanisms of different types of corrosion, corrosion failures, corrosion protection, corrosion

<p>Integriteta površin po mehanski in toplotni obdelavi, eksperimentalne metode za popis integritete površin. Umetne snovi: kinetika reakcij, konfiguracija polimernih verig, kristalinično in amorfno stanje, vrste reakcij, vrste umetnih snovi, dodatki umetnim snovem, termodinamske faze in lastnosti, eksperimentalne metode za karakterizacijo umetnih snovi, priprava polimernih snovi pred predelavo. Tehnična keramika: fizikalno-kemične osnove keramike, fazni diagrami, medfazni in površinski pojavi, priprava in obdelava prahov, oblikovanje in poobdelava izdelkov, karakterizacija prahov, karakterizacija keramičnih materialov za različne termo-mehanske aplikacije. Kompoziti: delitev kompozitov, kompoziti s kovinsko polimerno in keramično matico, sestave kompozitov, matice, vlakna in viskersi, mejne površine v kompozitih, mikromehanika kompozitov, mehanske lastnosti kompozitov, lomna mehanika kompozitov, metode za karakterizacijo kompozitov, tehnike in tehnologije kompozitnih materialov, neporušno testiranje kompozitov in optimiranje zgradbe, dinamične lastnosti in utrujanje kompozitov. Obrabna odpornost, vrsta in mehanizmi obrabe, obrabno odporne kovine, keramika, umetne snovi, kompoziti. Postopki za povečanje obrabne odpornosti materialov. Utrjevanje površin z mehansko in toplotno energijo, elektronskim in laserskim snopom, plazmo. Teoretične osnove mehanskega preizkušanja materialov, teoretične osnove in postopki neporušnega preizkušanja materialov, kvantitativna ocena stanja materiala in velikost napak v materialu, kritična ocena velikosti napak, zanesljivost materialov v obratovanju, načrtovanju in izbira gradiv v strojništvu.</p>	<p>resistant materials. Surface integrity after mechanical and thermal treatment, experimental methods for surface integrity characterization. Polymers: kinetic reactions, configuration of polymer chains, amorphous and crystallinity, polymer reactions, types of polymers, additives, thermodynamic phases, properties, methods for polymer characterization, polymer pre-processing preparation. Technical ceramics: physical – chemical basis, phase diagrams, phase and surface mechanisms, powder preparation, shaping and sintering, powder characterization, thermo – mechanical applications. Composites: classification, composites with metal, polymer and ceramic matrix, composition of composites, matrix, fibres and viskersi, bonding phase, composite micro-mechanics, mechanical properties, fracture mechanics, composite characterization methods, production technology of composites, non-destructive testing, dynamical and fatigue properties. Wear resistance, wear types and mechanisms, wear resistant metals, ceramics, polymers and composites, procedures to increase wear resistance, surface strengthening with mechanical and heat energy, with electron and laser beam. Theoretical background of mechanical tests, theoretical background of non-destructive tests, quantitative material analysis with failure evaluation, materials reliability during operation, planning and material selection.</p>
---	--

#### Temeljna literatura in viri/Readings:

<p>[1] Physical metallurgy. Vol. 1, 2, 3 / edited by R.W. Cahn, P. Haasen.- Amsterdam etc.: North-Holland, 1996  [2] Kumar, S.A.: Ferrous physical metalurgy.- Boston: Butterworth, 1989  [3] Sinha A.K.: Physical Metallurgy Handbook, McGraw Hill Handbooks, New York, 2003  [4] Guy A.G.: Introduction to Materials Science, McGraw-Hill, Kogakusha, Tokyo, New York 1972  [5] Tilley R.I.D.: Understanding Solids, The Science of Materials, John Wiley &amp; sons, Chichester 2004  [6] Solidification Science and Processing, eds.: I.Ohnaka, D.M.Stefanescu, TMS, 1995  [7] Handbook of residual stress and deformation of steel / edited by G. Totten, M. Howes, T. Inoue.- Materials Park, Ohio: ASM International, 2001 cop. 2002  [8] Grum J.: Laser surface hardening. V: TOTTEN, George E. (ur.), FUNATANI, Kiyoshi (ur.), XIE, Lin (ur.). Handbook of metallurgical process design, (Materials engineering, 24). New York; Basel: M. Dekker, cop. 2004, str. 641-731.  [9] Grum J.: Laser surface hardening. V: TOTTEN, George E. (ur.). Steel heat treatment : equipment and process design. 2nd ed. Boca Raton: Taylor &amp; Francis, cop. 2007, str. 435-566.</p>
--

#### Cilji in kompetence:

<p><b>Cilji:</b>  Cilj predmeta Teorija gradiv je dati študentom poglobljeno znanje in razumevanje lastnosti materialov z vidika kristalne zgradbe in mikrostrukture. Zato pridobijo znanje o zlitinah in zlitinskih sistemih, o nastalih mikrostrukturah, o vplivu primarnega pridobivanja zlitine oziroma materiala. Zato spozna osnove o livarskih tehnologijah in o postopkih preoblikovanja do polizdelkov. Vsi ti postopki vključujejo tudi podatke o</p>	<p><b>Objectives and competences:</b>  <b>Goals:</b>  The principal goal of Materials Science is to give thorough knowledge about material properties from crystal composition and microstructure point of view. Students acquires knowledge about alloying systems, microstructures, foundry technologies, re-forming procedures... All these processes include also material data in handbooks.</p>
---	---

<p>materialu v priročnikih.</p> <p><b>Kompetence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sposobnost ocenjevanja lastnosti materialov z vidika nastale mikrostrukture,</li> <li>• Dobro poznavanje postopkov preizkušanja materialov in načinov prikaza lastnosti materialov glede na stanje materialov</li> <li>• Sposobnost ocenjevanja mikrostrukturnih sprememb pri toplotnih in termo-mehanskih obdelavah materialov in ocenjevanje lastnosti materialov</li> <li>• Sposobnost izbiranja materialov pri snovanju izdelkov in konstruiranju</li> </ul>	<p><b>Competences:</b></p> <p>The student acquires basics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ability to evaluate material properties from microstructure point of view.</li> <li>• Good knowledge about material testing procedures.</li> <li>• Ability to evaluate properties of contact surfaces after thermal and thermo-mechanical treatments.</li> <li>• Ability to select proper material for the application.</li> </ul>
---	--

<p><b>Predvideni študijski rezultati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sposobnost ocenjevanja lastnosti materialov z vidika nastale mikrostrukture,</li> <li>• Dobro poznavanje postopkov preizkušanja materialov in načinov prikaza lastnosti materialov glede na stanje materialov</li> <li>• Sposobnost ocenjevanja mikrostrukturnih sprememb pri toplotnih in termo-mehanskih obdelavah materialov in ocenjevanje lastnosti materialov</li> <li>• Sposobnost izbiranja materialov pri snovanju izdelkov in konstruiranju</li> </ul>	<p><b>Intended learning outcomes:</b></p> <p>The student acquires basics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ability to evaluate material properties from microstructure point of view.</li> <li>• Good knowledge about material testing procedures.</li> <li>• Ability to evaluate properties of contact surfaces after thermal and thermo-mechanical treatments.</li> <li>• Ability to select proper material for the application.</li> </ul>
---	---

<p><b>Metode poučevanja in učenja:</b></p> <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><b>Learning and teaching methods:</b></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. Pogoj za opravljanje ustnega izpita je uspešno izdelano in pozitivno ocenjeno seminarsko delo. Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• projektni seminar (20%)</li> <li>• ustno izpraševanje (80%)</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 (written exam, oral examination, assignments, project).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• project seminar (20%)</li> <li>• oral examination (80%)</li> </ul>

<p><b>Reference nosilca/Lecturer's references:</b></p> <p><b>prof. dr. Roman ŠTURM</b>          STEINER PETROVIČ, Darja, ŠTURM, Roman, NAGLIČ, Iztok, MARKOLI, Boštjan, PEPELNJAK, Tomaž. Microstructural anisotropy of magnetocaloric gadolinium cylinders : effect on the mechanical properties of the material. <i>Materials</i>, ISSN 1996-1944, 2016, vol. 9, iss. 5, str. 1-14, ilustr. <a href="http://www.mdpi.com/1996-1944/9/5/382">http://www.mdpi.com/1996-1944/9/5/382</a>, doi: <a href="https://doi.org/10.3390/ma9050382">10.3390/ma9050382</a>.          ŠTURM, Roman, ŠTEFÁNIKOVÁ, Mária, STEINER PETROVIČ, Darja. Influence of pre-heating on the surface modification of powder-metallurgy processed cold-work tool steel during laser surface melting. <i>Applied Surface Science</i>, ISSN 0169-4332. [Print ed.], Jan. 2015, vol. 325, str. 203-210, ilustr., doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.11.050">10.1016/j.apsusc.2014.11.050</a>.          ŠTURM, Roman, GRIMBERG, Raimond, SAVIN, Adriana, GRUM, Janez. Destructive and nondestructive evaluations of the effect of moisture absorption on the mechanical properties of polyester-based composites. <i>Composites. Part B, Engineering</i>, ISSN 1359-8368. [Print ed.], Mar. 2015, vol. 71, str. 10-16, ilustr., doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.11.022">10.1016/j.compositesb.2014.11.022</a>.          SAVIN, Adriana, STEIGMANN, Rozina, BRUMA, Alina, ŠTURM, Roman. An electromagnetic sensor with a metamaterial lens for nondestructive evaluation of composite materials. <i>Sensors</i>, ISSN 1424-8220, 2015, vol. 15, iss. 7, f. 15903-15920, ilustr., doi: <a href="https://doi.org/10.3390/s150715903">10.3390/s150715903</a>.</p>
--

ŠTURM, Roman, ŽNIDARŠIČ, Matjaž, GRUM, Janez. Crack-growth behavior of laser surface-alloyed low-carbon steel. *Journal of materials engineering and performance*, ISSN 1059-9495, Sep. 2013, vol. 22, iss. 9, str. 2542-2549, ilustr., doi: [10.1007/s11665-013-0549-4](https://doi.org/10.1007/s11665-013-0549-4).

MORAVČÍK, Roman, ŠTEFÁNIKOVÁ, Mária, ČIČKA, Roman, ČAPLOVIČ, L'ubomír, KOCÚROVÁ, Karin, ŠTURM, Roman. Phase transformations in high alloy cold work tool steel. *Strojníski vestnik*, ISSN 0039-2480, Dec. 2012, vol. 58, no. 12, str. 709-715, SI 147, ilustr., doi: [10.5545/sv-jme.2012.531](https://doi.org/10.5545/sv-jme.2012.531).