

PRENOS TOPLOTE IN SNOVI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Predmet: | Prenos toplote in snovi |
| Course title: | Heat and Mass Transfer |
| 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 2025/2026 dalje) | Energetsko strojništvo (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | Industrijsko inženirstvo (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | Konstruiranje industrijskih sistemov (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | Konstruiranje strojev in naprav (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | Mehatronika (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni | Procesno strojništvo (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |

| | | | | |
|--|---|-----------|-------------|---------|
| (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | | | | |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | Proizvodne tehnologije (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | Prometni pilot letala/helikopterja (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje) | Snovanje in vzdrževanje letal (smer) | 2. letnik | 1. semester | obvezni |

Univerzitetna koda predmeta/University course code:

0562716

Koda učne enote na članici/UL Member course code:

3019-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:

Andrej Kitanovski, Urban Tomc

Izvajalci predavanj:

Izvajalci seminarjev:

Izvajalci vaj:

Izvajalci kliničnih vaj:

Izvajalci drugih oblik:

Izvajalci praktičnega usposabljanja:

| |
|--|
| |
|--|

Vrsta predmeta/Course type:

Obvezni splošni predmet/Compulsory general 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. Pomen in vloga prenosa toplote in snovi:
- Predstavitev osnovnih mehanizmov prenosa toplote in snovi (prevod toplote, difuzija snovi, konvektivni prenos snovi ali toplote, sevanje toplote, sočasni prenos toplote in snovi);
- Pregled toplotnih lastnosti snovi;
- Primeri v praksi.
2. Prevod toplote 1:
- Fourierov zakon;
- Enodimenzijski stacionarni prevod toplote (ravna stena, večplastna ravna stena, ukrivljena stena, večplastna ukrivljena stena);
- Upor toplote in analogija električnih tokokrogov;
- Termična difuzivnost in njen pomen;
- Praktični primeri.
3. Prevod toplote 2:
- Dvodimenzijski stacionarni prevod toplote (enostavni primeri reševanja, vključno z uvedbo enostavnih numeričnih metod);
- Praktični primeri.
4. Prevod toplote 3:
- Nestacionarni prevod toplote z enostavnimi analitičnimi primeri reševanja;

1. Meaning and role of heat and mass transfer:
- Introduction of basic mechanisms (heat conduction, mass diffusion, convective heat and mass transfer, heat radiation, simultaneous heat and mass transfer);
- Thermal properties of materials;
- Examples from practice.
2. Heat conduction 1:
- Fourier law;
- One-dimensional steady state conduction (flat wall, composite flat wall, circular structures, composite circular structures);
- Thermal resistance and analogy with electrical circuits;
- Thermal diffusivity and its meaning;
- Practical examples.
3. Heat conduction 2:
- Two-dimensional steady state thermal conduction (simple examples, including simple numerical methods);
- Practical examples.
4. Heat conduction 3:
- Transient heat conduction with simple analytical examples;
- Transient heat conduction with simple numerical methods or program

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Nestacionarni prevod toplote z enostavnimi numeričnimi metodami ali programskimi orodji; - Praktični primeri. <p>5. Difuzija snovi 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fickov zakon in analogija prevoda toplote in difuzije snovi; - Stacionarna difuzija snovi (enodimenzijska difuzija, ravna stena, večplastna ravna stena, ukrivljena stena, večplastna ukrivljena stena); - Upor pri difuziji snovi in nadomestna difuzijska upornost; - Praktični primeri; <p>6. Difuzija snovi 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ekvimolarna difuzija snovi; - Enostranska difuzija snovi; - Praktični primeri. <p>7. Difuzija snovi 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nestacionarna difuzija snovi z enostavnimi analitičnimi primeri reševanja; - Nestacionarna difuzija snovi z enostavnimi numeričnimi metodami ali programskimi orodji; - Praktični primeri . <p>8. Konvektivni prenos toplote 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uvod v konvektivni prenos toplote skozi praktične primere; - Newtonov zakon hlajenja (prestop toplote); - Pomen in izračun hitrostne in termične mejne plasti; - Brezdimenzijska števila in njihove relacije. <p>9. Konvektivni prenos toplote 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tok preko obtekane plošče z različnimi primeri; - Obtekana telesa; - Notranji tokovi (nerazvit tok, polno-razvit tok) z različnimi primeri; - Naravna konvekcija. <p>10. Konvektivni prenos snovi 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uvod v konvektivni prenos snovi skozi praktične primere; - Pomen in izračun hitrostne in mejne plasti koncentracij; - Meje med koncentracijami (Henryev in Raultov zakon); - Brezdimenzijska števila in njihove relacije. | <p>tools;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Practical examples. <p>5. Mass diffusion 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fick's law and analogy between heat and mass transfer; - Steady state mass diffusion (one-dimensional diffusion, flat wall, composite flat wall, circular objects, circular composite objects); - Mass transfer resistance and analogy with electrical circuits; - Practical examples; <p>6. Mass diffusion 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equimolar mass diffusion; - One-direction mass diffusion; - Practical examples. <p>7. Mass diffusion 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transient mass diffusion with simple analytical examples; - Transient mass diffusion with simple numerical methods and program tools; - Practical examples . <p>8. Convective heat transfer 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to convective heat transfer with practical examples; - Newton's law of cooling; - The meaning and calculation of velocity and thermal boundary layer; - Non-dimensional numbers and their relations. <p>9. Convective heat transfer 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flow over heated plate with different examples; - Flow over bodies; - Internal flow (developing flow, fully developed flow) with different examples; - Natural convection. <p>10. Convective mass transfer 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to convective mass transfer with practical examples; - The meaning and calculation of velocity and concentration boundary layer; - Boundaries between concentrations (Henry's and Rault's law); - Non-dimensional numbers and their relations. <p>11. Convective mass transfer 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flow over plate with different examples; - Flow over bodies; |
|---|--|

| | |
|--|--|
| <p>11. Konvektivni prenos snovi 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tok preko obtekane plošče z različnimi primeri; - Obtekana telesa; - Notranji tokovi (nerazvit tok, polno-razvit tok) z različnimi primeri. <p>12. Sevanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wienov zakon, Stefan-Boltzmanov zakon, Kirchoffov zakon; - Absorpcija, refleksija in transmisija; - Faktor medsebojnega videnja; - Preračun sevanja toplote (v okolico, med dvema telesoma); - Praktični primeri. <p>13. Prenosniki toplote 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Delitev prenosnikov toplote glede na vrsto tekočin, geometrijske značilnosti; - Učinkovitost in izkoristek, pomen NTU; - Dimenzioniranje prenosnikov toplote (srednja logaritemska temperaturna razlika in epsilon-NTU metoda). <p>14. Prenosniki toplote 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Razširjene površine in preračun; - Dimenzioniranje prenosnikov toplote s križnim tokom in proti-tokom; - Praktični primeri. <p>15. Sočasni prenos toplote in snovi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relacije med prenosom toplote in prenosom snovi, brezdimenzijska števila; - Praktični primeri: izhlapevanje/kondenzacija; - Praktični primeri: sublimacija/desublimacija. | <ul style="list-style-type: none"> - Internal flow (developing flow, fully-developed flow) with different examples. <p>12.Heat radiation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wien's law, Stefan-Boltzman's law, Kirchoff's law; - Absorption, reflection and transmissivity; - The view factor; - Radiative heat transfer (into environment, between two bodies); - Practical examples. <p>13.Heat exchangers 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Types of heat exchangers (fluid, geometry); - Effectiveness and efficiency, the meaning of NTU; - Dimensioning of heat exchangers (log mean temperature difference and epsilon-NTU method). <p>14. Heat exchanger 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extended surfaces and calculation; - Dimensioning of cross-flow and counter flow heat exchangers; - Practical examples. <p>15. Simultaneous heat and mass transfer:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relations between heat and mass transfer, dimensionless numbers;; - Practical examples: evaporation/condensation; - Practical examples: sublimation/desublimation. |
|--|--|

Temeljna literatura in viri/Readings:

| |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. KITANOVSKI, Andrej, TOMC, Urban, POREDOŠ, Alojz. Zbirka rešenih problemov in nalog : učni pripomoček pri predmetu Prenos toplote in snovi. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2017. [COBISS.SI-ID 15536411] 2. Incropera, Frank P. et al, Fundamentals of heat and mass transfer, 2007 [COBISS.SI-ID 12387634] 3. Gašperšič, Branko, Prenos toplote, 2001 [COBISS.SI-ID 111288064] 4. Kaviany, Massoud, Heat transfer physics, 2008 [COBISS.SI-ID 30583301] 5. Jiji, Latif Menashi. Heat convection (2nd edition), Berlin: Springer 2009, [COBISS.SI-ID 1541997023] |
|--|

Cilji in kompetence:

Objectives and competences:

| | |
|--------|-------------|
| Cilji: | Objectives: |
|--------|-------------|

| | |
|---|---|
| <p>Glavni cilj predmeta je posredovanje znanja študentom za razumevanje, reševanje, analizo in izboljšave praktičnih problemov povezanih s prenosom toplote in snovi. S tem predmet dosega sledeče pod-cilje:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Razumevanje osnovnih principov prenosa toplote in snovi 2. Sposobnost analize različnih problemov s področja prenosa toplote in snovi 3. Sposobnost implementacije znanja ter optimizacije procesov prenosa toplote in snovi v praktičnih primerih <p>Kompetence</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. S1-PAP, P1-PAP: Razumevanje principov prenosa toplote in snovi ter njihovih procesov v različnih domenah strojništva. 2. S5-PAP, P3-PAP: Sposobnost implementacije znanja pri analizi različnih primerov s področja prenosa toplote in snovi. 3. S13-PAP, P8-PAP: Sposobnost implementacije znanja pri izboljšavah ali razvoju procesov ter izdelkov, ki pri svojem delovanju temeljijo na prenosu toplote in snovi. | <p>The main objective of the subject is to provide student with knowledge and skills for understanding, solving problems, analysis and improvements of practical cases in heat and mass transfer. This is supported by the following sub-objectives:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Understanding of basic heat and mass principles 2. Ability for analysis of different problems from heat and mass transfer 3. Ability for implementation of knowledge and optimization of heat and mass transfer processes in practical examples. <p>Competences</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. S1-PAP, P1-PAP: Understanding of principles of heat and mass transfer and their processes in different domains of mechanical engineering. 2. S5-PAP, P3-PAP: Ability for implementation of knowledge for analysis of different examples from heat and mass transfer. 3. S13-PAP, P8-PAP: Ability for implementation of knowledge and skills for improvements or developments of processes and products, whose operation depends on heat and mass transfer. |
|---|---|

Predvideni študijski rezultati:

| |
|--|
| <p>Znanja:</p> <p>Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje s področja prenosa toplote in snovi, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo, ki omogoča implementacijo znanja v praksi.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S1.2: Obvladovanje analiz, načrtovanja in implementacije procesov prenosa toplote in snovi v industrijskih procesih, napravah ali sistemih.</p> <p>S1.3: Sposobnost identifikacije in izboljšav procesov prenosa toplote in</p> |
|--|

Intended learning outcomes:

| |
|--|
| <p>Knowledge:</p> <p>Z1: In-depth professional theoretical and practical knowledge from the field of heat and mass transfer, supported with broader theoretical and methodological basis, which enables implementation of knowledge in practice.</p> <p>Skills:</p> <p>S1.2: Mastering analysis, planning and implementation of heat and mass processes in industry, different devices and systems.</p> <p>S1.3: Ability for identification and improvement of heat and mass processes in different industrial</p> |
|--|

| | |
|--|-----------------------------------|
| snovi v različnih industrijskih okoljih, napravah, ali sistemih. | environments, devices or systems. |
|--|-----------------------------------|

Metode poučevanja in učenja:

P1: Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.

P3: Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri.

P4: Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki (demonstracijski pripomoček stacionarnega in nestacionarnega prevoda toplote, demonstracijski pripomoček za toplotno sevanje, naprava za konvektivni prenos toplote na ravni in razširjenih površinah, naprava za demonstracijo in meritve pri procesu izhlapevanja, pripomoček za demonstracijo enostranske difuzije snovi, prenosnik toplote cev-v-cevi).

P5: Uporaba študijskega gradiva v obliki (skripta z vajami, e-verzija predstavitve predavanj).

P8: Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog s področja prenosa toplote in snovi.

P12: Individualizirane domače naloge v spletni učilnici.

P14: Virtualni eksperimenti.

P15: Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje.

Learning and teaching methods:

P1: Classroom lectures focused on solving topic specific theoretical and practical examples.

P3: Classroom tutorials where theoretical knowledge is supported by computational examples.

P4: Laboratory exercises with dedicated didactic means (demonstration device for steady and transient heat transfer, demonstration device for radiative heat transfer, demonstration device for convective heat transfer on flat and extended surfaces, demonstration device for evaporation process, demonstration device for one-directional mass diffusion, tube-in-tube heat exchanger).

P5: Study material in the form of (script with exercises, e-version of lectures).

P8: Application-oriented seminary work and its presentation from the field of heat and mass transfer.

P12: Individualized homework in an online classroom.

P14: Virtual experiments.

P15: The use of video contents for lectures and exercises.

Načini ocenjevanja:

Delež/ Weight

Assessment:

| | | |
|---|---------|---|
| Teoretična znanja (računske naloge, pisni kolokvij ali izpit). | 50,00 % | Theoretical knowledge (exercise problems, colloquia or exam). |
| Izpitno ali kolokvijsko pisno preverjanje teoretičnega in praktičnega znanja. | 50,00 % | Written exam related to gained theoretical and practical knowledge. |

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:

Andrej Kitansovski:

1. SWOBODA, Timm, KLINAR, Katja, ABBASI, Shahzaib, BREM, Gerrit, **KITANSOVSKI, Andrej**, MUÑOZ ROJO, Miguel. Thermal rectification in multilayer phase change material structures for energy storage applications. iScience. [Online ed.]. 2021, vol. 24, iss. 8, str. 1-14, ilustr. ISSN 2589-0042. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004221008117>, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=128882>, DOI: 10.1016/j.isci.202102843. [COBISS.SI-ID [72781059](#)]
2. KLINAR, Katja, MUÑOZ ROJO, Miguel, KUTNJAK, Zdravko, **KITANSOVSKI, Andrej**. Toward a solid-state thermal diode for room-temperature magnetocaloric energy conversion. *Journal of applied physics*. 2020, vol. 127, no. 23, str. 234101-1-234101-10. ISSN 0021-8979. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=124217>, DOI: [10.1063/5.0006120](#). [COBISS.SI-ID [19703299](#)]
3. **KITANSOVSKI, Andrej**, VIDRIH, Boris, POREDOŠ, Primož, LORBEK, Luka. Cyclic pressure testing of aluminum roll-bond heat exchangers. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2021. 2 zv. ([9] ; 10 f.), ilustr. [COBISS.SI-ID [55104259](#)]
4. LORBEK, Luka, **KITANSOVSKI, Andrej**. Evaluation of global optimization algorithms for capillary tube suction line heat exchanger sizing. V: Refrigeration science and technology proceedings : 26th IIR International Congress of Refrigeration, Paris, France, August 21-25, 2023. Paris: Institut international du froid = International Institute of Refrigeration, 2023. Vol. 2, str. 1124-1134, ilustr. Science et technique du froid. ISBN 978-2-36215-056-2. ISSN 0151-1637. [COBISS.SI-ID [167755523](#)]
5. PETELIN, Nada, GATARIĆ, Pero, **KITANSOVSKI, Andrej**, POREDOŠ, Alojz. Modelling and experimental evaluation of a condenser for a heat-pump tumble dryer. V: MINEA, Vasile (ur.). ICR 2019 : refrigeration science and technology proceedings. 25th IIR International Congress of Refrigeration, August 24-30, 2019, Montreal, Canada. Paris: International Institute of Refrigeration = Institut International du Froid, 2019. F. 4455-4462, ilustr. ISBN 978-2-36215-035-7. [COBISS.SI-ID [16782363](#)]

Urban Tomc:

1. POREDOŠ, Primož, **TOMC, Urban**, PETELIN, Nada, VIDRIH, Boris, FLISAR, Uroš, KITANSOVSKI, Andrej. Numerical and experimental investigation of the energy and exergy performance of solar thermal, photovoltaic and photovoltaic-thermal modules based on roll-bond heat exchangers. Energy conversion and management. [Print ed.]. Apr. 2020, vol. 210, str. 1-21, ilustr. ISSN 0196-8904., DOI: 10.1016/j.enconman.2020.112674. [COBISS.SI-ID [17080603](#)]
2. MAIORINO, Angelo, DEL DUCA, Manuel Gesù, **TOMC, Urban**, TUŠEK, Jaka, KITANSOVSKI, Andrej, APREA, Ciro. A numerical modelling of a multi-layer LaFeCoSi active magnetic regenerator by using artificial neural networks. Applied thermal engineering. Oct. 2021, vol. 197, str. 1-13, ilustr. ISSN 1359-4311. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117375. [COBISS.SI-ID [72137475](#)]

3. PETELIN, Nada, PEČAR, Borut, VRTAČNIK, Danilo, PERNE, Jakob, **TOMC, Urban**, KITANOVSKI, Andrej. Oscillating gadolinium thermal switch. V: Proceedings : 10th IIR Conference on Caloric Cooling and Applications of Caloric Materials, Baotou, China August 21-24, 2024. 10th IIR Conference on Caloric Cooling and Applications of Caloric Materials, Baotou, China August 21-24, 2024. Beijing: Chinese Association of Refrigeration; Paris: International Institute of Refrigeration, 2024. Str. 167-173, ilustr. Science et technique du froid. ISBN 978-2-36215-063-0. ISSN 0151-1637. [COBISS.SI-ID [210523907](#)]
4. KLINAR, Katja, **TOMC, Urban**, KITANOVSKI, Andrej. (Micro) Fluidic thermal switches : a review of the principles for caloric technologies. V: MINEA, Vasile (ur.). ICR 2019 : refrigeration science and technology proceedings. 25th IIR International Congress of Refrigeration, August 24-30, 2019, Montreal, Canada. Paris: International Institute of Refrigeration = Institut International du Froid, 2019. F. 547-554, ilustr. ISBN 978-2-36215-035-7. [COBISS.SI-ID [16773147](#)]
5. VELKA VRH, Blaž, **TOMC, Urban**, ŠADL, Matej, REGIS DE MORAES, Victor, KOBLAR, Maja, COLARIČ, Bianka, KITANOVSKI, Andrej, URŠIČ NEMEVSŠEK, Hana. Preparation of dielectric layers for applications in digital microfluidic thermal switches. Informacije MIDEM. [Spletna izd.]. 2024, vol. 54, no. 3, str. 215-223, ilustr. ISSN 2232-6979.
<https://ojs.midem-drustvo.si/index.php/InfMIDEM/article/view/1935>, DOI: 10.33180/InfMIDEM2024.305. [COBISS.SI-ID [205254403](#)]