

RTU studiju kurss "Modelēšana un simulācija I"**0R000 Rēzeknes akadēmija****Vispārējā informācija**

Kods	RA0365
Nosaukums	Modelēšana un simulācija I
Studiju kursa statuss programmā	Obligātais/Ierobežotās izvēles
Atbildīgais mācībspēks	Andris Martinovs - Doktors, Profesors
Mācībspēks	Pēteris Grabusts - Doktors, Profesors Artis Teilāns - Doktors, Profesors Ilmārs Kangro - Doktors, Asociētais profesors
Apjoms daļās un kredītpunktos	1 daļa, 3.0 kredītpunkti
Studiju kursa īstenošanas valodas	LV, EN
Anotācija	Kursā tiek apskatīta ar materiālu lāzerapstrādi saistītu inženierproblēmu risināšana: nestacionārā siltumvadīšanas vienādojuma 3D telpā pielietošana; robežnosacījumu izmantošana (ietverot siltuma vadīšanu, konvekciju un starošanu); materiālu fizikālo parametru (siltumvadītspēja, īpatnējā siltumietilpība, refleksijas koeficients u.c.) maiņas atkarībā no temperatūras ievērošana; problēmas skaitliska risināšana ar COMSOL Multiphysics; aprēķinu programmas izstrāde un skaitliska atrisināšana ar MatLab un Maple.
Mērķis un uzdevumi, izteikti kompetencēs un prasmēs	Studiju kursa mērķis: iemācīt studentus veikt inženieraprēķinus ar CAE programmatūru (COMSOL Multiphysics, MatLab, Maple u.c.), lai iegūtās zināšanas, prasmes un kompetences varētu izmantot lāzertechnoloģiju izstrādei un pielietošanai, lāzeriekārtu projektēšanai un materiālu lāzerapstrādes procesa parametru optimizācijai.
Patstāvīgais darbs, tā organizācija un uzdevumi	•Temperatūras lauku un lāzerapstrādes procesa parametru optimizācijas aprēķini ar COMSOL Multiphysics: kustīgs lāzers ar pulsējošu jaudu/ Moving laser with pulsed power- Pulsed mode. •Temperatūras lauku un lāzerapstrādes procesa parametru optimizācijas aprēķini ar MatLab. •Elektriskā sildelementa modelēšana ar Simulink / Modeling of an electric heating element with Simulink •Centrbēdzes regulatora pārejas procesu modelēšana ar Simulink / Modeling of centrifugal controller transition processes with Simulink •RLC shēmas ar Simulink / RLC circuits with Simulink •Studenta izvēlētas jomas Diskrētu notikumu simulācijas modeļa izstrāde. •Pārneses procesu (temperatūras, mitruma, metālu koncentrācijas) matemātiskā modelēšana siltuma vadīšanas a) bez konvekcijas; b) ar konvekciju) procesā ar Maple un Matlab: - 1-D modelis. - 2-D modelis. Uzdevumu izpildīt viena slāņa un divu slāņu gadījumā. •Matlab pakotnes "Matlab-Laser-Toolbox-0.1 beta" lietošana: - 3-D temperatūras profila matemātiska modelēšana virsmas karsēšanas rezultātā ar punktveida lāzera staru (pie uzdotās jaudas un stara pārvietošanās ātruma). - 2-D jaudas blīvuma sadalījuma matemātiska modelēšana virsmas karsēšanas rezultātā ar punktveida lāzera staru. Konkrētajā nodarbībā apskatītās tēmas padziļināta apguve, izmantojot studiju kursa programmā dotos u.c. mācību literatūras avotus. Papildus darbs pie nodarbībās neapskatīto tēmu apguves, tai skaitā, zinātniskās literatūras izpēte Studiju kursa programmā doto tēmu un risināto uzdevumu atkārtošana.

Literatūra	Obligātā/Obligatory: 1. Introduction to Mathematical Modeling and Computer Simulations. Vladimir Mityushev, Wojciech Nawalaniec, Natalia Rylko, 30-Jun-2021, Paperback / softback, Taylor & Francis Ltd, ISBN-13: 9781032095752)RTA bibliotēkā 2.COMSOL Multiphysics Reference Manual. Version COMSOL 5.5, 2019. 1742 p.https://doc.comsol.com/5.5/doc/com.comsol.help.comsol/COMSOL_ReferenceManual.pdfBrīvi pieejams internetā 3.Kalis, H. Datorprogrammas MATLAB lietošana matemātikas mācību procesā. Rēzekne : RA Izdevniecība, 2010. 263 lpp.RTA bibliotēkā 4.Ļevčenko, Anatolijs. Programmēšanas pamati industriālajā elektronikā MATLAB un SIMULINK vidē RTU Izdevniecība, 2010. 92 lpp.RTA bibliotēkā 5.Nise, Norman S. Control systems engineering Wiley, 2011. xviii, 926 p.RTA bibliotēkā 6.Philip J Thomas. Simulation of Industrial Processes for Control Engineers 1st Edition ISBN-13 : 978-0750641616RTA bibliotēkā 7.Discrete Event Simulation Using ExtendSim 8 First Edition by Jeffrey Strickland (Author) ISBN-13 : 978-1300790587RTA bibliotēkā 8.Simulation Modeling with SIMUL8 Paperback – November 1, 2003 by Kieran Concannon (Author), Mark Elder (Author), Kim Hunter (Author), Jillian Tremble (Author), & 1 moreISBN-10 : 0973428503RTA bibliotēkā 9.Monte Carlo Simulation in Engineering Mikael Amelin KTH Royal Institute of Technology Electric Power Systems Stockholm. 2013RTA bibliotēkā 10.Heck A. Introduction to MAPLE. Springer-Verlag, New-York, Inc., 1996, 828 p.RTA bibliotēkā 11.W. Hundsdorfer, J. Verwer. Numerical solution of time-dependent advection-diffusion-reaction equations, Spinger-Verlag Berlin Heidelberg 2003, 471 p.RTA bibliotēkā 12.J.W.Thomas, Numerical partial differential equations: finite difference methods. Springer, 1995.RTA bibliotēkā 13.Ануфриев И. Е., Смирнов А. Б., Смирнова Е. Н. MATLAB 7. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-1104 с.RTA bibliotēkā Papildu/Additional: 1.A.Borodinecs, A.Krēsliņš. Būvniecības siltumfizika ēku projektētājiem. Rīga, RTU Izdevniecība, 2007, 114.lpp. (20) 2.J. Nagla, P. Saveljevs, A. Cars. Siltumtehnikas aprēķini piemēros- Rīga: Zvaigzne, 1982., 309 lpp. (1) https://www.scribd.com/document/465463063/Siltumtehnikas-aprekinu-piemeros-J-Nagla-P-Saveljevs-A-Cars 3.Cengel, Yunus A. Heat Transfer : a practical approach. 2nd ed. in si units. Boston. McGraw-Hill. 2004, 908 p. (3) 4.Jearl Walker, David Halliday and Robert Resnick. Principles of physics: new problem sets, concise coverage. 10th edition. Singapore, Wiley & Sons, 2014, 1244 p. 5.Stephan K., Mayinger F. Thermodynamik. Grundlage und technische Anwendungen, Band 1 Einstoffsysteme// Springer- Verlag, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong. 6.McQuiston, Faye C. Heating, ventilating, and air conditioning: analysis and design / F.C.McQuiston ; J.D.Parker, J.D.Spitler. 6th ed. New York. John Wiley & Sons, Inc. 2005, 623 p. 7.Norbert Lechner. Heating, cooling, lighting. Fourth Edition. Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, Inc. 2014, 702 p. 8.John W. Mitchell, James E. Braun. Principles of heating, ventilation, and air conditioning in buildings. Hoboken, NJ Wiley, 2013, 600 p. 9.Fundamentals of Physics I: Mechanics, Relativity, and Thermodynamics / R. Shankar. New Haven and London, Yale University Press, 2019, 506 p. (1) 10.Grundwissen des Ingenieurs : mit 831 Bilden und 265 Tabellen/ Ekbert Hering und Karl-Heinz Modler (Hrsg.), Munchen, Fachbuchverlag Leipzig, 2007, 1216 S. (1) 11.Martinovs A., Polukoshko S., Zaicevs E., Revalds R. (2020) Laser hardening process optimization using FEM// Proceedings of the 19th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development”, 20.-22.05.2020. Jelgava, Latvia, pp.1500-1508, SCOPUS. http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF372.pdf 12.Solidworks Corporation. SolidWorks2005 Sheet Metal and Weldments; Solidworks Corporation, Concord, Massachusetts, USA, 2004.-204.lpp. https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/files/108027/SolidWorks_Sheet_Metal_and%28bookzz.pdf?1495099509 13.Solidworks Corporation. SolidWorks2005 Advanced Assembly Modeling; Solidworks https://www.academia.edu/7825236/Advanced_Assembly_Modeling 14.Smith D. Engineering Computation with MATLAB, 3e. Pearson Education Inc., 2013. 15.Тарасевич Юрий. Математическое и компьютерное моделирование : вводимый курс : учебное пособие для вузов / Ю. Тарасевич. - Москва : УРСС, 2019 16.Jeffrey R. Chasnov. Introduction to Differential Equations. The Hong Kong University of Science and Technology 2016, 144 p. Interneta resursi/Internet resources: https://www.comsol.com/videos https://www.mathworks.com/videos.html https://www.scribd.com/what-is-scribd (e-grāmatu abonements) https://www.youtube.com/c/Sw-tcNet/videos https://www.youtube.com/c/SolidFactory/videos SNE - Simulation Notes Europe, https://www.eurosim.info/journal-sne SIMULATION: Transactions of The Society for Modeling and Simulation International, https://journals.sagepub.com/loi/sim
Nepieciešamās priekšzināšanas	Augstākā matemātika, Termodinamika un siltumtehnika. Optika augstskolas fizikas kursa līmenī.

Studiju kursa saturs

Saturs	Pilna un nepilna laika klātienē studijas		Nepilna laika neklātienē studijas	
	Kontakt stundas	Patstāv. darbs	Kontakt stundas	Patstāv. darbs

Temperatūras lauku un lāzerapstrādes procesa parametru optimizācijas aprēķini ar COMSOL Multiphysics, ievērojot siltuma vadīšanu, konvekciju, starošanu un materiālu fizikālo parametru maiņu atkarībā no temperatūras: •stacionārs lāzers ar konstantu jaudu/ stationary laser with constant power- CW mode; •stacionārs lāzers ar pulsējošu jaudu/ stationary laser with pulsed power- Pulsed mode; •kustīgs lāzers ar konstantu jaudu/ Moving laser with constant power- CW mode.	6	12	0	0
Matlab Simulink modelēšanas vide: •Skaitlisko un simbolisko rezultātu vizualizēšana/ Visualization of numerical and symbolic results. •Grafisko rezultātu interpretācija/ Interpretation of graphical results. •Simulink bibliotēku izmantošana modeļa uzbūvē/ Using Simulink libraries to build a model. •Simulink modeļu izstrāde / Simulink model development.	6	14	0	0
Statistiskās modelēšanas pielietošana sarežģītu sistēmu analīzei un projektēšanai. Simulācijas pielietošanas piemēri un modelēšanas programmatūra. Ražošanas sistēmas simulācijas modeļa izveidošana un pielietošana. Simulācijas modelēšanas programmlīdzekļu apgušana (pēc studenta izvēles: ExtendSim, Simul8, Arena) •Ražošanas sistēmas simulācijas modeļa izveidošana un pielietošana: •Modeļa validācija •Eksperimentu plānošana un izpilde •Modelēšanas rezultātu analīze	6	12	0	0
•Otrās kārtas paraboliskā tipa parciālo diferenciālvienādojumu (DV) un Puasona parciālā DV matemātiskā modelēšana ar Maple un Matlab (parciālā DV atrisinājuma iegūšanas iespējas simboliskā un skaitliskā veidā). •Speciālas diferenču shēmas (DS) robežproblēmai eliptiska tipa parciālajam DV ar konvektīvajiem locekļiem: a) difūzijas-konvekcijas parciālā DV diskretā analīze; b) DS ar lieliem konvektīvajiem locekļiem, monotonā DS. •Pārneses procesu matemātiskā modelēšana ar otrās kārtas paraboliskā tipa parciālajiem DV (siltuma vadīšanas vienādojums un Puasona parciālais DV). •Temperatūras lauka, mitruma koncentrācijas aprēķināšana ar MAPLE, Matlab siltuma vadīšanas un konvekcijas procesā (lineārs modelis), ievērojot vides fizikālās īpašības (viena slāņa vide).	6	16	0	0
Kopā:	24	54	0	0

Sasniedzamie studiju rezultāti un to vērtēšana

Sasniedzamie studiju rezultāti	Rezultātu vērtēšanas metodes
Zināšanas: 1.Materiālu lāzerapstrādes procesu modelēšanas teorētiskie pamati: siltumvadīšanas diferenciālvienādojums nestacionārā procesā 3D telpā; robežnosacījumi; konvekcijas un siltuma starošanas procesu apraksts. 2.Datorprogramma COMSOL Multiphysics. 3.Datorprogramma MatLab. 4.Galīgo elementu metode. 5.Datorprogrammas Matlab pakotne Simulink 6.Datorprogrammas Matlab pakotnes PDE Toolbox, PDE Modeler, Matlab-Laser-Toolbox-0.1 beta. 7. Datorprogrammas Maple pakotne PDE tools	Praktiskie darbi, eksāmens
Prasmes: 1.Veikt temperatūras lauku un lāzerapstrādes procesa parametru optimizācijas aprēķinus ar COMSOL Multiphysics. 2.Sastādīt matemātisko modeli un veikt temperatūras lauku un lāzerapstrādes procesa parametru optimizācijas aprēķinus ar MatLab; programmēt MatLab vidē. 3.Prot izmantot Matlab paplašinātās pakotnes (Simulink). 4.Prot izmantot Matlab pakotnes PDE Toolbox, PDE Modeler, Matlab-Laser-Toolbox-0.1 beta. 5.Prot izmantot Maple pakotni PDE tools.	Praktiskie darbi, eksāmens
Kompetences: 1.Spēja pielietot CAE tehnoloģijas inženiertehnisku problēmu, kas saistītas ar materiālu lāzerapstrādes procesiem, risināšanā. 2.Spēj patstāvīgi analizēt un lietot dažādas skaitliskās un statistiskās metodes praktisku problēmu risināšanā ar Matlab palīdzību. 3.Spēj risināt pārneses procesu matemātiskās modelēšanas uzdevumus slāņainās vidēs, balstoties uz parciālo diferenciālvienādojumu teorētiskajām zināšanām un Matlab pakotņu izmantošanu, kā arī spēj veikt speciālu lāzer-tehnoloģijas uzdevumu risināšanu (materiāla karsēšana ar punktveida lāzera staru) ar Matlab pakotnes palīdzību.	Praktiskie darbi, eksāmens

Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji

Kritērijs	% no kopējā vērtējuma
Praktisko nodarbību apmeklējums	75
Mājas darbu izpilde un aizstāvēšana.	5
Eksāmens (katrs docētājs novērtē studenta zināšanas un prasmes ar atzīmi; galīgā atzīme tiek aprēķināta kā visu docētāju izlikto atzīmju vidējā vērtība).	20
Kopā:	100

Studiju kursa plānojums

Daļa	KP	Stundas			Pārbaudījumi		
		Lekcijas	Prakt d.	Laborat	Ieskaite	Eksām.	Darbs
1.	3.0	8.0	16.0	0.0		*	