**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

­­­

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Pētnieciski laboratorijas darbi I |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | *6* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 74 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 2 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 72 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 166 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Guntars Kitenbergs |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir veicināt daudzveidīgu pētnieciskā darba pieredzi, veicot nelielus, zinātnisko darbu raksturojošus darbus, kas sniedz zināšanas un priekšstatus par daudzveidīgo fizikas pētniecību laboratorijās un inovatīvajos uzņēmumos.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Izvēlēties un izstrādāt pētniecības institūciju un inovatīvu uzņēmumu piedāvātos laboratorijas darbus viņu darbībai atbilstošās tematikās; 2. Iepazīt un izmantot dažādas pētniecības metodes, iegūt rezultātus, tos apstrādāt un interpretēt; 3. Par katru laboratorijas darbu sagatavot īsu protokolu, kas jāaizstāv pie zinātnieka, kas atbildīgs par konkrēto laboratorijas darbu; 4. Sagatavot īsu padziļinātu prezentāciju par viena no izstrādāto laboratorijas laboratoriju tematikām;   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot atsevišķus tematus dažādās fizikas un astronomijas jomās, to pielietojumus starpdisciplinārās jomās un kvalitatīvi izprot šo tematu attīstību;   Prasmes:   1. veic atsevišķus pētījuma soļus individuāli un grupā, izmanto zinātnisko literatūru, komunicē savstarpēji un ar kolēģiem; 2. analītiski pieiet sarežģītu parādību izpētei un izmanto dažādas IT iemaņas datu ieguvē, apstrādē un interpretācijā; 3. ievēro darba drošību un pētnieciskā darba ētikas principus, apzinās savu zināšanu robežas;   Kompetence:   1. risina fizikālas problēmas, izmantojot nepieciešamos tuvinājumus; 2. veic eksperimentus, izvēloties piemērotu datu analīzes metodiku, kļūdu novērtējumu un salīdzinājumu ar modeļiem. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Laboratorijas darbu piedāvājums un izvēle. Drošības noteikumi. Kursa prasības. Ieteikumi darbu izstrādei. Pētnieciskā darba ētika. L2 2. Laboratorijas darbi Ld72   L – lekcija, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa ietvaros studentiem patstāvīgi, pāros vai nelielās grupās būs jāturpina klātienē veikto laboratorijas darbu apstrāde, analīze un apkopošana īsā laboratorijas darba protokolā. Kursa ievadā tiks izrunāti principi laboratorijas darbu veikšanai. Par neskaidrībām studenti varēs vaicāt neklātienes un klātienes konsultācijās par kursu atbildīgajam pasniedzējam un katra laboratorijas darba atbildīgajiem zinātniekiem. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Laboratorijas darbu izstrāde, protokolu sagatavošana un mutiska ieskaite (kopskaits atkarīgs no izvēlētajiem darbiem) – 90 %   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutiska prezentācija par izvēlētu laboratorijas darbu) – 10 %   Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja kārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Laboratorijas darbu ieskaite | + | + | + | + | + | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Alfredo, K. Hart, H. “The University and the Responsible Conduct of Research: Who is Responsible for What?”, Science and Engineering Ethics, 17 (3), 447 (2011) - doi.org/10.1007/s11948-010-9217-3 2. Reviews of Modern Physics: https://journals.aps.org/rmp/ | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Reports on Progress in Physics: http://iopscience.iop.org/journal/0034-4885 2. Whitbeck, C. “Trust and the Future of Research”, Physics Today, 57 (11), 48 (2017) - https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.1839377 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Distribution service and an open-access archive for scholarly articles: arXiv.org 2. Physical Review journals: https://journals.aps.org/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **Ievads.**   **Laboratorijas darbu piedāvājums un izvēle. Drošības noteikumi. Kursa prasības. Ieteikumi darbu izstrādei. Pētnieciskā darba ētika.**  Ievads par kursu, piedāvātajiem darbiem, kursa organizāciju un pārbaudījumiem. Ar darbiem saistītie drošības noteikumi, ieteikumi darbu izstrādei un pētnieciskā darba ētikas jautājumi.  **2. Laboratorijas darbi.**  Studenti izvēlas laboratorijas darbus no piedāvātā saraksta. Katram darbam ir e-studiju vidē pieejams darba apraksts, norādīts atbildīgais zinātnieks, darba izstrādei, klātienes konsultācijām un ieskaitei paredzētais laiks un cita būtiska informācija. Par darbu izstrādi studenti vienojas ar atbildīgo zinātnieku, ņemot vērā laboratoriju iespējas un noslodzi. Pirms izstrādes studenti sagatavojas darbam, izmantojot darba aprakstu un tajā norādītos literatūru. Darbu izstrāde notiek pāros vai lielākās grupās, ja to pieprasa darba specifika. Par katru darbu studenti sagatavo laboratorijas darba protokolu, kura izveidei atvēlēts ievērojams studenta patstāvīgā darba laiks. Gatavu laboratorijas darba protokolu studenti ieskaita pie atbildīgā zinātnieka.  **3. Semināri par izvēlētiem laboratorijas darbiem**  Katrs students izvēlas vienu no izstrādātajiem laboratorijas darbiem un sagatavo īsu prezentāciju par darba būtību, izmantotajām metodēm, rezultātiem, turpmākiem pētniecības izaicinājumiem. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Fizikas maģistra specializācijas |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 8 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 128 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 83 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 45 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 320 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.04.2020 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Mārcis Auziņš  Dr.phys. Anatolijs Šarakovskis  Dr.phys. Jānis Cīmurs  Mg.phys. Ģirts Zāģeris |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju studējošajiem apgūt būtiskus teorētiskos pamatus, kas fizikas maģistra studiju programmas apguvē nepieciešami kā priekšzināšanas specializācijas kursiem teorētiskajā fizikā, nepārtrauktas vides fizikā, gaismas mijiedarbības ar vielu fizikā un materiālu fizikā.  Studiju kursa uzdevumi ir:  1. Sekmēt fizikā biežāk lietoto risināšanas metožu apguvi;  2. Aplūkot matemātisko formālismus, kas raksturīgs kursa mērķos uzskaitītajām fizikas nozarēm;  3. Apgūt šo matemātisko formālismu pielietojumu tipiskām fizikālām problēmām.  4. Attīstīt studentos prasmi patstāvīgi izvēlēties problēmai atbilstošu risināšanas metodi;  5. Trenēt prasmes fizikālu procesu kvalitatīvai un kvantitatīvai raksturošanai;  6. Izskaidrot pamatīpašības, kas raksturo materiālu uzvedību;  7. Trenēt prasmi izvēlēties piemērotu materiāla veidu konkrētam pielietojumam;    Kursi tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro fizikālo lielumu bezdimensionalizāciju un transformācijas teorētiskajā fizikā; 2. Raksturo nepārtrauktas vides apraksta matemātiskos modeļus un to saistību ar konkrētiem fizikāliem procesiem; 3. Demonstrē padziļinātas zināšanas par atomu stāvokļu aprakstu kvantu fizikā; 4. Nosauc dažādu materiālu iegūšanas tehnoloģijas un pielietošanas iespējas;   Prasmes:   1. Formulē fizikālo problēmu, izveidojot matemātisko modeli un lietojot nepieciešamos tuvinājumus; 2. Atrisina matemātisko problēmu ar kādu no apgūtajām metodēm; 3. Attēlo un interpretē iegūto rezultātu; 4. Analizē un apraksta gaismas mijiedarbības ar atomiem procesus ārējo elektriskā un magnētiskā lauka klātbūtnē reāliem atomiem, reālu eksperimentu apstākļos; 5. Pielieto dažādu fundamentālās fizikas nozaru atziņas materiālu raksturojošo parametru noteikšanā;   Kompetence:   1. Identificē svarīgākos faktorus fizikālajā problēmā, gadījumos, kad vērojama nesakritība ar eksperimentu, precizē ar matemātisko modeli, lai labāk atbilstu fizikālajai situācijai. 2. Risina fizikālas problēmas (tās sastāda, matemātiski formulē, nosaka svarīgākos faktorus, izvēlas pieeju); 3. Izprot specifiskus ar atomu mijiedarbības ar gaismu jautājumus, kas ir saistīt ar kvantu tehnoloģijām, kvantu sensoriem, atmiņas elementiem kvantu datoriem un tamlīdzīgus; 4. Prognozē dažādu materiālu fizikālās īpašības konkrētos fizikālos apstākļos. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Teorētiskās fizikas elementi:    1. Bezdimensionalizācija. L4 P4    2. Vispārīgā (meistara) līkne. L4 P4    3. Furjē rinda. L2 P2    4. Transformācijas. L6 P6 2. Nepārtrauktas vides mehānikas pamati:    1. Ievads. L2    2. Matricu formālisms cietvielu aprakstam. L6    3. Praktiskie darbi par matricu formālismu. P4    4. Diferenciālvienādojumu formālisms cietvielu aprakstam. L4    5. Praktiskie darbi par diferenciālvienādojumu formālismu. P4    6. Ievads hidrodinamikā. L4    7. Praktiskie darbi par NS vienādojuma vienkāršošanu un atrisināšanu, izmantojot tuvinājumus P4    8. Turbulentas plūsmas apraksts L4 3. Atomu mijiedarbība ar gaismu:    1. Atomu stāvokļi. L6    2. Ievads kustības daudzuma momenta kvantu teorijā. L4    3. Gaismas polarizācija. L6    4. Optiskās pārejas atomos – izvēles likumi. L6    5. Atomi koherentos stāvokļos. L4    6. Atomi stacionāros laukos. L6 4. Materiālu fizikas pamati:    1. Ievads materiālu fizikā. L2    2. Atomārā struktūra un starpatomu saites. L1 P1    3. Kristālisko materiālu struktūra. L1 P1    4. Defekti materiālos. L1 P1    5. Fāzu diagrammas. L1 P1    6. Metāli un sakausējumi. L1 P1    7. Keramika un stikli. L1 P1    8. Kontroldarbs. P2    9. Polimēri. L1 P1    10. Kompozītmateriāli. L1 P1    11. Pusvadītāji. L1 P1    12. Materiālu mehāniskās īpašības. L1 P1    13. Materiālu elektriskās īpašības. L1 P1    14. Materiālu optiskās īpašības. L1 P1    15. Materiālu magnētiskās īpašības. L1 P1    16. Kontroldarbs P2   L - lekcija, P - praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studentiem tiek piedāvāti mājas darbi – uzdevumu komplekti par lekcijās apgūtajām tēmām. Uzdevumu risinājumi jāiesniedz noteiktos termiņos.  Studentiem patstāvīgi jāstudē ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru un jāgatavojas nodarbībām. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. Mājas darbi – 45%  2. 2 kontroldarbi – 15%  Lai tiktu pielaists pie eksāmena studentam jābūt ieskaitītiem visiem mājasdarbiem. Rakstiskajos kontroldarbos atzīmei jābūt lielākai par “5”.  Noslēguma pārbaudījums:  2. Eksāmens (jaukts; 4 daļas) – 40%  Eksāmenā students rēķina vienu vai vairākus uzdevumus un atbild uz teorijas jautājumus.  Lekciju apmeklējums – obligāts. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | | 1. Mājasdarbi | x | x | x |  | x | x | x | x |  | x | x | x |  | | 1. Kontroldarbi |  |  |  | x |  |  |  |  | x |  |  |  | x | | 1. Eksāmens | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Arfken, G., Weber, H., Harris, F. "Mathematical Methods for Physicists" 2. Askeland, D.R., Fulay, P. P., "Essentials of Materials Science and Engineering", 2nd edition, Cengage Learning, 2009. 3. Auzinsh, M., Budker D., Rochester S. Optically Polarized Atoms: Understanding light-atom interactions, 400 pages, Oxford University Press; 1 edition (September 10, 2010) 4. Callister, W. D. , Rethwisch, D. G., "Materials Science and Engineering: An Introduction", 8th edition, John Wiley & Sons, Inc., 2010 5. Irgens, F. “Continuum Mechanics” Springer 2008, ISBN: 978-3-540-74297-5 6. Riley, K., Hobson, M., Bence, S. "Mathematical Methods for Physics and Engineering" 7. Šarakovskis, A., Materiāli kursam Materiālu fizika un pielietojumi, Moodle vide. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Aleksandrov, E.B., M.P. Chaika, and G.I. Khvostenko, Interference of atomic states. Springer series on atoms + plasmas. 1993, Berlin ; New York: Springer-Verlag. ix, 250 p. 2. Auzinsh, M. and R. Ferber, Optical polarization of molecules. Cambridge monographs on atomic, molecular, and chemical physics. 1995, Cambridge ; New York: Cambridge University Press. xv, 306 p. 3. Budker, D., D.F. Kimball, and D.P. DeMille, Atomic physics : an exploration through problems and solutions. 2004, Oxford ; New York: Oxford University Press. xiv, 441 p. 4. Cahill, K., "Physical Mathematics" 5. Corney, A., Atomic and laser spectroscopy. 1977, Oxford ; New York: Clarendon Press. xvii, 763 p. 6. Edmonds, A.R., Angular momentum in quantum mechanics. 3d print., with corrections. ed. Investigations in physics. 1974, Princeton, N.J.: Princeton University Press. viii, 146 p. 7. Huard, S., Polarization of light. 1997, Chichester ; New York, Paris, Hohn Wiley, Masson xii, 333 p. 8. Nolting, W., "Theoretical Physics 1: Classical Mechanics" 9. Oliver, X., Agelet de Saracibar, C. “Continuum Mechanics for Engineers. Theory and Problems” Second Ed., doi:10.13140/RG.2.2.25821.20961 10. Reddy, J. N., “Principles of Continuum Mechanics: Conservation and Balance Laws with Applications“, Cambridge University Press, ISBN-13: 978-1107199200 11. Susskind, L. Hrabovsky, G., "The theoretical minimum: what you need to know to start doing physics" 12. Varshalovich, D.A., A.N. Moskalev, and V.K. Khersonski\*i, Quantum theory of angular momentum : irreducible tensors, spherical harmonics, vector coupling coefficients, 3nj symbols. 1988, Singapore ; Teaneck, NJ, USA: World Scientific Pub. x, 514 p. 13. Zare, R.N., Angular momentum : understanding spatial aspects in chemistry and physics. 2007, Mineola, N.Y.: Dover Publications, Inc. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Free distribution service and an open-access archive, Mathematical Physics: <https://arxiv.org/archive/math-ph> 2. Žurnāls Physical Review A 3. Žurnāls Physical Review Letters 4. Žurnāls Reviews of Modern Physics 5. Žurnāls Nature 6. Žurnāls Science | |
| ***Kursa saturs*** |  |

**1.Teorētiskās fizikas elementi**

1.1. Bezdimensionalizācija (4 st. Lekcijas 4 st. Praktiskie darbi)

1.1.1. Mērvienību identificēšana

1.1.2. Problēmas risināšana izmantojot dimensiju (mērvienību) analīzi

1.1.3. Atrisinājuma forma konstruēšana

1.1.4. Bezdimensionālo grupu identificēšana

1.1.5. Atrisinājuma meklēšana izmantojot triviālos gadījumus

1.2. Vispārīgā līkne (4 st. Lekcijas 4 st. Praktiskie darbi)

1.1.2. Fizikālo mērogu izvēle (laiks, attālums u.c.)

1.1.3. Skaitlisko vienādojuma parametru identificēšana (Reinoldsa skaitlis, Jaudas skaitlis u.c.)

1.1.4. Vienādojumu atrisināšana un vispārīgās līknes iegūšana

1.1.5. Fizikālo mērogu identificēšana eksperimentālos datos

1.2.1. Vispārīgās līknes iegūšana no eksperimentāliem datiem (ja nav zināma teorētiskā līkne)

1.2.2. Fizikālo mērogu identificēšana eksperimentālos datos

1.2.3. Fizikālās situācijas pārvēršana par diferenciālvienādojumu

1.2.4. Fizikālo mērogu izvēle (laiks, attālums u.c.)

1.2.5. Skaitlisko vienādojuma parametru identificēšana (Reinoldsa skaitlis, Jaudas skaitlis u.c.)

1.2.6. Vienādojumu atrisināšana un vispārīgās līknes iegūšana

1.3. Furjē rinda (2 st. Lekcijas, 2 st. Praktiskie darbi)

1.3.1. Periodiskas funkcijas izvirzīšana Furjē rindā

1.3.2. Furjē koeficientu aprēķināšana periodiskai funkcijai

1.4. Transformācijas (6 st. Lekcijas, 6 st. Praktiskie darbi)

1.4.1. Neperiodiskas funkcijas izvirzīšana Furjē integrālī (Furjē transformācija)

1.4.2. Iegūtās funkcijas (Furjē attēla) īpašības un saistība ar sākotnējo funkciju

1.4.3. Skaitliska Furjē transformācijas aprēķināšana

1.4.4. Periodiskuma identificēšana skaitliskos datos izmantojot Furjē transformāciju un citi Furjē transformācijas pielietojumi datu analīzē

1.4.5. Laplasa transformācija

1.4.6. Furjē un Laplasa transformāciju izmantošana diferenciālvienādojumu risināšanā (pārejot uz attēla telpu)

**2. Nepārtrauktas vides mehānikas pamati**

2.1. Ievads

2.1.1. Nepārtrauktas vides hipotēze

2.1.2. Saglabāšanās likumi

2.1.2. Eilera/Lagranža pieeja

2.1.2. Atšķirības šķidrumiem un cietvielām

*Pirmā daļa - matricu formālisms*

2.2. Cietvielu mehānika

2.2.1. Sprieguma tenzors – tā iegūšana un simetrija

2.2.2. Galvenie spriegumi un īpašvērtību problēma sprieguma tenzoram

2.2.3. Sprieguma tenzora dalīšana deviatoriskajā un lodes daļā. Invarianti

2.2.4. Deformāciju tenzors

2.2.5. Pilnais Huka likums starp sprieguma un deformāciju tenzoriem. Puasona koeficients, Janga modulis un bīdes modulis. Lamē koeficienti

2.2.6. Ieskats materiālu izturības aprakstā – fon Mises spriegums, Treska kritērijs

2.2.7. Uzdevumi par matricu formālismu nepārtrauktes vides kontekstā. Rezultātu iegūšana un attēlošana.

*Otrā daļa - diferenciālvienādojumu formālisms*

2.2.8. Ieskats Eilera-Bernulli siju elastības teorijā, problēmas apraksts ar diferenciālvienādojumu

Siltumvadīšanas apraksts cietvielā. Furjē likuma izvedums

2.2.9. Diferenciālvienādojumu sastādīšana, robežnosacījumu atrašana un problēmu risināšana

2.3. Hidrodinamika

2.3.1. Materiālais atvasinājums. Masas saglabāšanās, nesaspiežamības nosacījums

2.3.2. Navjē-Stoksa vienādojums nesaspiežamam šķidrumam

*Trešā daļa - tuvinājumu piemērošana vispārīgajam vienādojumam*

2.3.3. Standarta tuvinājumi Navjē-Stoksa vienādojumam – nesaspiežams šķidrums, Stoksa plūsma, ideāls šķidrums, šķidrums bez rotācijas, to iegūšanas apsvērumi

2.3.4. Navjē-Stoksa vienādojuma vienkāršošana un pilnas problēmas nostādne un atrisināšana dažādu vienkāršu hidrodinamikas uzdevumu kontekstā. Atrisinājumu interpretācija un to pielietojamības robežu analīze

2.3.5. Turbulence. Reinoldsa vidējošanas (RANS) pieeja. Busineska hipotēze.

2.3.6. Difūzijas vienādojums RANS formālismā

2.3.7. Ieskats skaitliskajā hidrodinamikā. Vienādojumu noslēgšana ar dažādiem modeļiem (k-epsilon, SST u.c.)

**3. Atomu mijiedarbība ar gaismu**

Kursā "Atomu mijiedarbīga ar gaismu" studenti ar priekšzināšanām kvantu fizikā vismaz vispārīgās fizikas kursa - Kvantu fizikas līmenī, bet vēl labāk pēc Kvantu mehānikas kursa apguves iegūs intuitīvi viegli uztveramu, bet tai pašā laikā pietiekoši teorētiski pamatotu un detālu ievadu priekšstatos par atomu mijiedarbību ar gaismu. Īpaša uzmanība tiks pievērsta tam, kā mijiedarbības simetrija spēj šo aprakstu padarīt vienkāršāku un daudzos gadījumos paredz praktiski precīzu kvantu mehāniku mijiedarbības aprakstu, bez precizitāti pazeminošu tuvinājumu izmantošanas. Attīstot atomu kvantu mehānisko aprakstu kursā tiek dots ievads atomu aprakstam ar stāvokļa blīvuma matricas palīdzību. Kursā tiks īpaši uzsvērta kustības daudzuma momenta un tā saglabāšanās prasību nozīme atomu un gaismas mijiedarbības aprakstā. Pēc kursa apgūšanas studenti būs spējīgi veikt praktisku gaismas (īpaši lāzera starojuma) mijiedarbības ar atomiem analīzi mūsdienu laboratorijas eksperimentos.

Konkrēti kursā tiek apskatītas sekojošas tēmas:

3.1. Atomu stāvokļi;

3.2. Ievads kustības daudzuma momenta kvantu teorijā;

3.3. Gaismas polarizācija;

3.4. Optiskās pārejas atomos – izvēles likumi;

3.5. Atomi koherentos stāvokļos;

3.6. Atomi stacionāros laukos.

**4. Materiālu fizikas pamati:**

4.1. Ievads materiālu fizikā: Kas ir materiāli. Vēsturiskie aspekti. Materiālu klasifikācija. Materiālu veidošana un izvēle

4.2. Atomārā struktūra un starpatomu saites: Atomu uzbūve. Atomu elektroniskā struktūra. Periodiskā sistēma. Starpatomu un starpmolekulārās saites. Cietvielu veidošanās.

4.3. Kristālisko materiālu struktūra: Kristalogrāfijas elementi: elementārā šūna, punkti, virzieni, plaknes. Tuvā un tālā kārtība. Monokristāli, polikristāli, nekristāliskie materiāli. Alotropiskās un polimorfās transformācijas. Svarīgākās materiālu struktūras: NaCl, dimanta, fluorīta, perofsvkīta u.c.

4.4. Defekti materiālos: Punktveida defekti: vakances un starpmezglu atomi. Piemaisījuma defekti. Lineārie defekti - dislokācijas. Tilpuma defekti, graudi, graudu robežas

4.5. Fāzu diagrammas: Fāzes, mikrostruktūras, fāzu līdzsvars. Divkomponenšu fāzu diagrammas: izomorfie un eitektiskie sakausējumi. Trīskomponenšu fāzu diagrammas. Dzelzs-oglekļa fāzu diagrammas, tēraudi.

4.6. Metāli un sakausējumi: Melnie un krāsainie metāli, metālu sakausējumi. Metāliem raksturīgās struktūras, blīvuma aprēķins. Metālu termiskā apstrāde, iespaids uz mehāniskajām īpašībām. Metālu apstrāde un ražošana

4.7. Keramika un stikli: Silikātu keramikas. Keramikas veidošana un vispārīgās īpašības. Silikātu stikli, to uzbūve. Stikla keramikas

4.8. Kontroldarbs

4.9. Polimēri: Polimēru veidošana. Polimēru mikrostruktūra. Elastomēri. Polimēru vispārīgās īpašības.

4.10. Kompozītmateriāli: Šķiedru stiprināti kompozītmateriāli. Daļiņu stiprināti kompozītmateriāli. Laminārie kompozītmateriāli. "Sendviča" tipa paneļi.

4.11. Pusvadītāji: Patstāvīgie un piemaisījuma pusvadītāji. Temperatūras ietekme uz pusvadītāju lādiņnesēju koncentrāciju un kustīgumu. Pusvadītāju ierīces.

4.12. Materiālu mehāniskās īpašības: Stiprība un cietība. Junga modulis. Deformācija un sabrukšana. Materiālu nogurums.

4.13. Materiālu elektriskās īpašības: Materiālu vadāmība. Elektronu un jonu vadāmība. Dielektriķi. Pjezoelektriķi un segnetoelektriķi. Vadāmības apraksts zonu teorijas ietvaros.

4.14. Materiālu optiskās īpašības: Elektromagnētiskais starojums. Gaismas mijiedarbība ar cietvielu. Luminiscence. Fotovadāmība. Lāzeri. Optiskās šķiedras.

4.15. Materiālu magnētiskās īpašības: Paramagnētiķi, diamagnētiķi, feromagnētiķi. Domēni un histerēze. Mīksto un cieto magnētiķu praktiskā izmantošana.

4.16. Kontroldarbs

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Fizikas maģistra akadēmiskā prakse |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 6 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 12 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 0 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 12 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.03.2021 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 228 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Sandris Lācis, , Dr. Paed. Lolita Jonāne |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Fizikas maģistra akadēmiskās prakses mērķis ir fiziķa profesionālo prasmju un iemaņu apguve reālā profesionālā darbībā, prakses uzdevumiem atbilstīgā vidē.  Prakses uzdevumi ir: 1. Iepazīties ar darba organizāciju konkrētajā darba vietā; 2. Trenēt prasmi strādāt kolektīvā, veicot komandas darbu; 3. Pielietot studijās apgūtās zināšanas un iemaņas mūsdienu fizikas problēmu risināšanā akadēmiskā pētniecībā, izglītībā vai lietišķos fizikas pielietojumos; 4. Trenēt problēmu risināšanas iemaņas, komunikācijas prasmes, IT iemaņas; 5. Attīstīt kompetenci, kas saistīta ar analītiskajām un pētnieciskajām iemaņām, kā arī ētisko rīcība.  Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** | |
| Zināšanas:   1. Demonstrē pamatzināšanas par atsevišķu fizikas jomām, atbilstoši prakses vietas specializācijai: Atomfizika, kodolfizika un elementārdaļiņu fizika, kondensētās vides fizika, materiālu fizika, plazmas fizika, šķidrumu un gāzu fizika, matemātiskās un skaitliskās metodes fizikā, astronomija; 2. Izprot mūsdienu fizikas pielietojumus; 3. Atbilstoši prakses vietas specializācijai, demonstrē starpdisciplināras zināšanas, aptverot tādas jomas kā biofizika, medicīnas fizika, ģeofizika, utt.;   Prasmes:   1. Pielieto problēmu risināšanas iemaņas; 2. Pielieto komunikācijas prasmes; 3. Pielieto IT iemaņas; 4. Pielieto personiskās iemaņas;   Kompetence:   1. Pielieto analītiskās iemaņas; 2. Pielieto pētnieciskās iemaņas; 3. Apzinās ētiskas rīcības izpausmes ikdienas darbā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Iepazīšanās ar prakses mērķi, uzdevumiem, norisi un prakses vietas darbības jomu: 1.-5. nedēļa. S2 2. Prakses vadītāja doto uzdevumu izpilde: 6.-12. nedēļa. S6; 3. Prakses atskaites sagatavošana: 13.-16. nedēļa; 4. Prakses laikā veikto uzdevumu prezentēšana. S4   S – seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Students patstāvīgi:   1. iepazīstas ar rakstiskajiem materiāliem, kas nepieciešami prakses uzdevumu izpildei; 2. veic darbus atbilstoši prakses vadītāju norādījumiem; 3. sagatavo prakses atskaiti. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| 1. studējošais iesniedz LU/DU prakses vadītājam:  1.1 Atskaiti par prakses uzdevuma izpildi, atbilstoši prasībām, kas fiksētas prakses nolikumā. Atskaiti paraksta iestādes prakses vadītājs.  1.2 Iestādes prakses vadītāja atsauksmi (raksturojumu) par studējošā darbu prakses laikā. Tajā atspoguļo studējošā darba kvalitāti un darba disciplīnu, kā arī prakses vērtējumu.  2. studējošais uzstājas seminārā ar īsu prezentāciju par prakses norisi, atbild uz ekspertu jautājumiem un pašvērtē savu izaugsmi. Prezentācijas uzklausa un vērtē vismaz trīs cilvēku komisija.  Gala vērtējumu praksei veido:  1. Prakses atskaites saturs un noformējuma kvalitāte - 20 %. Vērtējumu izliek LU/DU prakses vadītājs;  2. Prakses uzdevumu izpilde, balstoties uz prakses atskaiti, kuru paraksta iestādes prakses vadītājs - 30 %. Vērtējumu izliek LU/DU prakses vadītājs;  3. Iestādes prakses vadītāja atsauksme (raksturojums) par studējošā darbu prakses laikā - 20 %;  4. Vērtējums studējošā prezentācijai seminārā par prakses norisi, atbildes uz ekspertu jautājumiem un pašvērtējumu par savu izaugsmi. Prezentācijas vērtē vismaz trīs ekspertu komisija, tajā tiek iekļauti eksperti no maģistru noslēguma darbu vērtēšanas komisijas - 30 %. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | | 1. Prakses atskaite (saturs, noformējums) | + | + | + |  |  | + |  | + | + | + | | 2. Prakses uzdevumu izpilde (no atskaites) | + | + | + | + |  |  | + | + | + |  | | 3. Iestādes prakses vadītāja atsauksme | + | + | + |  | + |  | + |  |  | + | | 4. Studējošā prezentācija seminārā | + | + | + | + | + | + |  | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. LU Karjeras centra tīmekļa vietnes sadaļa “Prakse un darbs”: <https://www.karjera.lu.lv/lv/studentiem-un-absolventiem/prakse-un-darbs/> 2. LU studējošo prakses organizēšanas noteikumi, apstiprināti ar LU 25.11.2019. rīkojumu Nr. 1/417 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| Atbilstoši prakses vadītāja norādēm. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| Pētniecības iestāžu tīmekļa vietnes (piemēram, Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūta tīmekļa vietne: https://www.cfi.lu.lv/) | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Iepazīšanās ar prakses mērķi, uzdevumiem, norisi un prakses vietas darbības jomu. (S2)  Students iepazīstas ar prakses mērķi, uzdevumiem, prasībām un ieteikumiem, prakses nolikumu un prakses ieskaitei nepieciešamo dokumentu paraugiem, kas nepieciešami sekmīgam prakses darbam.  Students iepazīst prakses vietas darbības jomu, atbilstošu telpu iekārtojumu un aprīkojumu un darba drošību tajos.  2. Prakses vadītāja doto uzdevumu izpilde. (S6)  Students izveido individuālo plānu un darba grafiku prakses uzdevumu izpildei, saskaņo to ar iestādes prakses vadītāju. Veicot prakses uzdevumus, students apgūst fiziķa profesionālās prasmes un iemaņas reālā profesionālā darbībā.  Students piedalās universitātes prakses vadītāja organizētajos semināros un dalās ar gūto pieredzi, saņem konsultatīvo atbalstu.  3. Prakses atskaites sagatavošana.  Prakses laikā veikto darbu students apkopo prakses atskaitē un iesniedz to LU prakses vadītājam izvērtēšanai.  4. Prakses laikā veikto uzdevumu prezentēšana (S4)  Prakses laikā paveikto darbu prezentēšana, savas izaugsmes pašvērtēšana, rezultātu apspriešana un atgriezeniskās saites gūšana. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Aktualitātes fizikā un astronomijā I |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 18 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 14 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Tija Biofotoni  Dr.phys. Guntars Kitenbergs |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir stimulēt studentu zināšanas un izpratni par jaunākajiem zinātniskajiem pētījumiem, vienlaikus attīstot studentu vispārīgās prasmes ("soft skills"), jo īpaši zinātnes komunikācijas prasmes.  Studiju kursa uzdevumi ir:  1. apgūt dažādus zinātniskas informācijas izpētes un komunikācijas veidus;  2. iepazīt modernu fizikas mācību metožu principus;  3. uzzināt par pētījumu aktualitātēm studentu interesējošā fizikas vai astronomijas tematikā, apmeklējot seminārus.  Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:  1. pārzina atsevišķus aktuālos tematus dažādās fizikas un astronomijas jomās, to pielietojumus starpdisciplinārās jomās un kvalitatīvi izprot šo tematu attīstību;  2. pārvalda ar atsevišķu fizikas un astronomijas jomu aktualitātēm saistīto terminoloģiju angļu un latviešu valodā;  Prasmes:  3. atrod, lasa, analizē un izmanto zinātnisko literatūru;  4. prezentē zinātniskus rezultātus un diskutē par tiem angļu un latviešu valodā;  5. plāno laiku, veic individuālu darbu un konstruktīvi sadarbojas ar kolēģiem ar dažādu akadēmisko pieredzi, lai sasniegtu daudzveidīgus studiju rezultātus;  6. sagatavo nodarbības fragmentu vai prezentāciju, izmantojot modernās fizikas didaktikas metodes;  Kompetence:  7. strukturēti izskaidro zinātniskajā literatūrā atrodamās idejas un konceptus;  8. izvēlas un izmanto piemērotu prezentācijas formu zinātniskas informācijas nodošanai, atkarībā no publikas, satura un citiem faktoriem. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Kursa struktūra, mērķis un motivācija. Laika plānošana. L2 2. Vispārīgo prasmju ("soft-skills") loma un nozīme pētnieka karjerā. L2 3. Populārzinātniskas aktivitātes. L2 4. Kā mācīties un mācīt? Aktualitātes fizikas didaktikā. L2 5. Tēzes un to sagatavošana. L4 6. Literatūras pārskats. L2 7. Prezentācijas un to sagatavošana. L4 8. Fizikas un astronomijas aktualitātes. S14   L – lekcija, S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa ietvaros studentiem patstāvīgi būs jāizstrādā starppārbaudījumiem nepieciešamie nodevumi (skatīt Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriju sadaļu). Kursa ievadā tiks izrunāti principi starppārbaudījumu nodevumu sagatavošanai. Par neskaidrībām studenti varēs vaicāt neklātienes un klātienes konsultācijās. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Starppārbaudījumi:  1. Populārzinātnisks darbs – 20 %  2. Pedagoģiskais darbs – 20 %  3. Tēzes – 20 %  4. Referāts (Wikipedia šķirklis) – 20 %  Noslēguma pārbaudījums:  5. Eksāmens (prezentācija) – 20%  Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja kārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Populārzinātnisks darbs | x | x |  |  | x |  |  | x | | 1. Pedagoģiskais darbs | x |  |  |  | x | x |  |  | | 1. Tēzes | x | x | x |  | x |  | x | x | | 1. Referāts (Wikipedia šķirklis) | x | x | x |  | x |  | x | x | | 1. Eksāmens (prezentācija) | x | x | x | x | x |  | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Doumont, J., ed. English Communication for Scientists. Cambridge, MA: NPG Education, 2010 (https://www.nature.com/scitable/ebooks/english-communication-for-scientists-14053993) 2. Gabrys, B. J., Langdale, J.A. How to succeed as a scientist : from postdoc to professor. Cambridge University Press, 2012 (e-book) 3. Knight, R., Randall D. “Five easy lessons ;strategies for successful physics teaching”, ISBN 0805387021 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Bobroff, J. “Reimagining physics” Nature Nanotechnology 12, 496 (2017) 2. Bobroff, J., “Popularize Science. Why? How?“, Rīgā, 26.10.2018. https://www.facebook.com/zinatkongress/videos/201936060706749/ 3. Mazur, E. "Peer instruction : a user's manual" Prentice Hall, 1997 4. Pain, E. “How to (seriously) read a scientific paper”, Science https://www.sciencemag.org/careers/2016/03/how-seriously-read-scientific-paper 5. Physics Reimagined group webpage - <http://hebergement.u-psud.fr/supraconductivite/?lang=en> 6. Taylor, L., A. “Twenty things I wish I’d known when I started my PhD”, Nature Carrer Column <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07332-x> | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. E-print repository - arXiv.org 2. Google Scholar - https://scholar.google.com/ 3. Physical Review journals - <https://journals.aps.org/> 4. SCOPUS - https://www.scopus.com/ 5. Web of Science – https://www.webofknowledge.com/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |

1. Ievads. Kursa struktūra, mērķis un motivācija. Laika plānošana.

Ievads par kursu un tā struktūru. Diskusija par kursa mērķi un motivāciju. Vispārīgo prasmju lietojumu piemēri. Laika plānošana. Metodes laika plānošanas pilnveidei - darbu saraksti, Eizenhauera metode, ietvara noteikšana (framesetting). Ganta diagramma, nodevumi, starpposma mērķi

2. Vispārīgo prasmju ("soft-skills") loma un nozīme pētnieka karjerā.

Dažādi piemēri par vispārīgo prasmju vajadzību veiksmīgai pētniecības karjerai.

3. Populārzinātniskas aktivitātes.

Sabiedrības informēšanas un populārzinātniskās aktivitātes (outreach), nozīme, piemēri. Aktivitātes sekmības novērtēšana. Praktisks treniņuzdevums.

4. Kā mācīties un mācīt. Aktualitātes fizikas didaktikā.

Ievads modernās mācību metodēs fizikas un tehnoloģiju nozarēs. Būtiskākie nodarbību plānošanas elementi. Fizikas didaktikas pētniecība. Rezultāti.

5. Tēzes un to sagatavošana.

Tēžu nozīme, izveides pamatprincipi. Praktiskie uzdevumi ar tēžu piemēriem un tēžu sagatavošanu.

6. Literatūras pārskats.

Ievads par zinātniskās literatūras veidiem, tās meklēšanu, piekļuvi. Zinātniskās literatūras datubāzes (Web of Science, SCOPUS, Google Scholar). Zinātnisko rakstu tipiska struktūra un efektīvi lasīšanas paņēmieni, analīze un izmantošana savā darbā (atsauču glabāšana, sistematizēšana – Mendeley). Zinātnes metrikas veidi (IF, SNIP, h-index), lietošanu, nozīmi zinātnes vidē. Autortiesību jautājums zinātniskajā literatūrā. Atvērtās piekļuves un atvērtās zinātnes koncepti, piemēri un iespējas. Praktiskais uzdevums ar literatūras pārskata piemēriem.

7. Prezentācijas un to sagatavošana.

Zinātniskās informācijas prezentēšanas formas un veidi, to piemērotība situācijai, laika plānošana. Izveides pamatprincipi. Praktiski uzdevumi ar slaidu piemēriem, slaida izveidi un īsu prezentāciju (Elevator pitch)

8. Fizikas un astronomijas aktualitātes

Studentu izvēlēti sev interesējoši semināri fizikas, astronomijas un saistītās nozarēs.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Fizikālu procesu skaitliskā modelēšana |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 9 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 39 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Sandris Lācis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt fizikas maģistra izglītībai atbilstošu izpratni par multifizikālās modelēšanas iespējām un lomu mūsdienu fizikā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Apgūt tipiskos multifizikālās modelēšanas elementus; 2. Iepazīties ar modelēšanas īpatnībām dažādās fizikālu procesu jomās; 3. Pielietot studijās apgūtās teorētiskās iemaņas reālu fizikālu procesu modelēšanā; 4. Attīstīt kompetenci, kas saistīta ar rezultātu analīzi, verificēšanu un atgriezeniskās saites īstenošanu pētījuma metodikas precizēšanai; 5. Attīstīt fizikāla procesa optimizācijas rekomendāciju formulēšanas kompetenci; 6. Trenēt pētījuma rezultātu prezentācijas un komunikācijas prasmes.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izskaidro elementāros fizikālos modeļus, uz kuriem balstās nepārtrauktas vides fiziku aprakstošie vienādojumi; 2. Izskaidro robežnosacījumus, kādus pielieto konkrētiem fizikāliem lielumiem;   Prasmes:   1. Izveido aprēķinu ģeometriju COMSOL programmatūrai; 2. Rada problēmas ģeometrijai atbilstošo režģi; 3. Veic aprēķinus ar COMSOL, adaptējot režģi pēc nepieciešamības; 4. Vizualizē COMSOL rezultātus un veic to analīzi; 5. Prezentē iegūtos rezultātus kursabiedriem un pasniedzējam;   Kompetence:   1. Izvēlas fizikāla procesa aprakstam piemērotu fizikālo modeli, ietverot uzdevuma ģeometriju un robežnosacījumus; 2. Izskaidro fizikālu procesu norisi, balstoties uz modelēšanas rezultātiem; 3. Izstrādā rekomendācijas fizikāla procesa optimizācijai, izmantojot modelēšanas rezultātu analīzi; 4. Ievēro ētiskas rīcības pamatprincipus. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Aprēķini siltumvadīšanas tematikā gataviem režģiem. L1 Ld3 2. Modelēšanas pamatetapi. Ģeometrijas un režģa izveide. Robežnosacījumu pielietojums. Rezultātu analīze. Skalārie un vektorlauki. Integrālie parametri. Ld4 3. Siltumvadīšanas problēma. L1 Ld3 4. Elektriskais lauks. L1 Ld3 5. Magnētisms. L1 Ld3 6. Seminārs, studentu risinājumu prezentācija un savstarpējā apspriešana. S4 7. Cietvielu mehānika. L1 Ld3 8. Šķidrumu mehānika. L1 Ld3 9. Seminārs, studentu risinājumu prezentācija un savstarpējā apspriešana S4 10. Jauktā problēma Nr.1. L1 Ld3 11. Jauktā problēma Nr.2. L1 Ld3 12. Jauktā problēma Nr.3. L1 Ld3 13. Seminārs, studentu risinājumu prezentācija un savstarpējā apspriešana. S4 14. Studentu individuālie uzdevumi. Ld4 15. Studentu individuālie uzdevumi. Ld4 16. Seminārs, studentu individuālo problēmu risinājumu savstarpējā apspriešana. S4   L - lekcija, S – seminārs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošais patstāvīgi:  1. pabeidz nodarbību aprēķinus un noformē laboratorijas darbu protokolus;  2. veic aprēķinu semināru uzdevumiem un sagatavo semināra prezentāciju;  3. izstrādā individuālo uzdevumu, veic rezultātu analīzi un sagatavo prezentāciju. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 9 laboratorijas darbi - 45% 2. Rezultātu prezentācija un aktivitāte to apspriešanā semināru nodarbībās - 20%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens: izstrādāts un sesijas laikā prezentēts individuālais darbs 35% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | | 1. Laboratorijas darbi (kopā 9) |  |  | + | + | + | + |  | + |  |  | + | | 2. Rezultātu prezentācija un aktivitāte to apspriešanā semināru nodarbībās | + | + |  |  |  | + | + |  | + | + |  | | 3. Eksāmens |  | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Comsol: Learning center: https://www.comsol.com/learning-center 2. Comsol: Technical papers and presentations: https://www.comsol.com/papers-presentations | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. COMSOL5 for Engineers, Mehrzad Tabatabaian. 2. Multiphysics Modeling Using COMSOL 5 and MATLAB, Roger W. Pryor. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Comsol: Application exchange https://www.comsol.com/community/exchange/ 2. Comsol: Forum: https://www.comsol.com/forum | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Ievads galīgo elementu metodē: interpolācija elementu robežās un atrisinājuma aproksimācija aprēķinu apgabalā. Aprēķini siltumvadīšanas tematikā gataviem režģiem. [L1,Ld3] 2. Modelēšanas pamatetapi. Ģeometrijas un režģa izveide. Robežnosacījumu pielietojums. Rezultātu analīze: skalāro un vektorlauku vizualizācija, integrālie parametru aprēķins. [Ld4] 3. Siltumvadīšanas problēma. Siltuma plūsmas slāņainos materiālos (defektu ietekme, piemēram, “siltuma tilti”). Divu dažādu materiālu robežas sildīšana un siltuma izplatīšana tajos (1D). Salīdzinājums ar analītiku. [L1 Ld3] 4. Elektriskais lauks. Elektrodu konfigurāciju radītais lauks (radiācijas detektori). Elektriskās caursites iespējas novērtējums materiālos. Spoles impedance: tukša spole, alumīnija un dzelzs serdes. [L1 Ld3] 5. Magnētisms. Divu permanento magnētu radītais lauks un to mijiedarbības spēks (3D, izmantojot simetrijas). Salīdzinājums ar analītiku. Permanenta magnēta un dzelzs sienas modelēšana: nelineāra magnetizācijas līkne. [L1 Ld3] 6. Seminārs, studentu risinājumu prezentācija un savstarpējā apspriešana [S4] 7. Cietvielu mehānika. Spriegumu aprēķins slogotai uzgriežņu atslēgai, drošības kritērija izpildīšanas pārbaude (3D). Iekšējo spēku aprēķins virtuālos griezumos. Reālo deformāciju vizualizācija un analīze. [L1 Ld3] 8. Šķidrumu mehānika. Puazeiļa plūsma cilindriskā caurulē, salīdzinājums ar analītiku. Plūsma caurulē ar sfērisku šķērsli (2D, izmantojot aksiālo simetriju). Spēka aprēķins, spiediena un viskozo spriegumu ieguldījums. [L1 Ld3] 9. Seminārs, studentu risinājumu prezentācija un savstarpējā apspriešana [S4] 10. Jauktā problēma. Plūsma taisnstūrveida kavernā ar atšķirīgām temperatūrām uz sienām. Skaitliskās īpatnības (punktveida spiediena robežnosacījuma pielietošana). Dabiskā konvekcija kvadrātiskā kavernā (2D). [L1 Ld3] 11. Jauktā problēma. Elektriskās strāvas izraisītie termospriegumi un to relaksācija pēc strāvas izslēgšanas (2D, izmantojot aksiālo simetriju). [L1 Ld3] 12. Jauktā problēma. Metāla parauga induktīvā sildīšana spoles laukā (ņemot vērā siltuma vadīšanu un termisko starojumu), kausēšanas iespējas (2D, izmantojot aksiālo simetriju). [L1 Ld3] 13. Seminārs, studentu risinājumu prezentācija un savstarpējā apspriešana [S4] 14. Studentu individuālie uzdevumi. Jauktās problēmas pēc studentu izvēles, tematiku saskaņojot ar pasniedzēju. [Ld4] 15. Studentu individuālie uzdevumi. Jauktās problēmas pēc studentu izvēles, tematiku saskaņojot ar pasniedzēju. [Ld4] 16. Seminārs, studentu individuālo problēmu risinājumu prezentācija un savstarpējā apspriešana [S4] | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Maģistra darbs fizikā I un II |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 20 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 0 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 0 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 800 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 22.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Sandris Lācis |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi5140 Fizikas maģistra specializācijas  FiziR009 Fizikas maģistra akadēmiskā prakse  Fizi5132 Aktualitātes fizikā un astronomijā I  Fizi5134 Pētnieciski laboratorijas darbi I  Fizi5137 Fizikālu procesu skaitliskā modelēšana |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt patstāvīga pētījuma veikšanu izvēlētā fizikas apakšnozarē, darba vadītāja uzraudzībā. Šis studiju kurss noslēdzas ar maģistra darba aizstāvēšanu.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Attīstīt studentu prasmes un kompetenci, kas nepieciešamas patstāvīga pētnieciskā darba veikšanai, tai skaitā tās, kas saistītas ar zinātniskā darba plānošanu; 2. Attīstīt studentu spēju analizēt savu un citu pētījumu rezultātus; 3. Pilnveidot studentu komunikācijas prasmes, prezentējot savu pētījumu rezultātus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:  1. Demonstrē pamatzināšanas atsevišķās fizikas jomās;  2. Skaidro iepriekš iegūto zināšanu pielietojumu starpdisciplinārās jomās;  Prasmes:  3. Izmanto matemātisko aparātu fizikālo problēmu formulēšanai, risināšanai un novēroto procesu analīzei;  4. Plāno un veic eksperimentu vai aprēķinus, izvēlas un pielieto iegūtiem datiem piemērotu analīzes metodiku, novērtē rezultātu kļūdas;  5. Pielieto attīstītās komunikācijas prasmes;  Kompetence:  6. Demonstrē kvalitatīvu izpratni par mūsdienu fizikas attīstību, tai skaitā starpdisciplīnu kontekstā;  7. Salīdzina iegūtos rezultātus ar teorētiskiem modeļiem;  8. Pielieto izpētes kompetenci neatkarīgā pētījumā, meklējot informāciju zinātniskajā literatūrā, apkopojot informāciju, komunicējot ar kolēģiem;  9. Pētniecībā pielieto ētiskas rīcības kompetenci. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| *Nav jāpievieno noslēguma (kvalifikācijas darbiem, bakalaura darbiem, diplomdarbiem un maģistra darbiem) darbiem. (LU Studiju kursu izstrādes un aktualizācijas kārtības 1. pielikums)* | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Individuāls pētnieciskais darbs, maģistra darba sagataves izveidošana. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījums:  1. Maģistra darba koncepcijas izstrāde un aizstāvēšana – 50%  Koncepcija ietver literatūras apskatu un maģistra darba teorētiskās daļu, kas tiek iesniegtas atsevišķi, vismaz 3 darba dienas pirms maģistra darba koncepcijas aizstāvēšanas. Studiju kursa 1. daļas apguvi neieskaita, ja koncepcijā ir būtiski trūkumi. Tiek vērtēts ar ieskaitīts vai neieskaitīts.  Noslēguma pārbaudījums:  2. Maģistra darba aizstāvēšana – 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | | 1. Maģistra darba koncepcijas izstrāde un aizstāvēšana | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | 1. Maģistra darba aizstāvēšana | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Jaunākā zinātniskā literatūra fizikā un atbilstošajās apakšnozarēs. 2. Monogrāfijas atbilstošajās apakšnozarēs. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Daintith, J. A Dictionary of Physics (Oxford Paperback Reference), Oxford University Press, USA; 5 edition, 2005, 592 pages 2. Prasības noslēguma darbu (bakalaura, maģistra darbu, diplomdarbu un kvalifikācijas darbu) izstrādāšanai un aizstāvēšanai Latvijas Universitātē, (LU 03.02.2012. rīkojums Nr.1/38) 3. Zelgalvis, E., Bakalaura, maģistra darbu, diplomdarbu un kursa darbu izstrādāšanas un aizstāvēšanas metodiskie norādījumi. Rīga: LU, 1999. 1 eks. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. ISI Web of Knowledge: http://www.webofknowledge.com 2. LU Bibliotēkas tīmekļa vietne: http://www.biblioteka.lu.lv/e-resursi/ 3. Physical Review Online Archive: https://journals.aps.org/archive/ 4. Science Direct: <http://www.sciencedirect.com/> | |
| ***Kursa saturs*** |  |

*Nav jāpievieno noslēguma (kvalifikācijas darbiem, bakalaura darbiem, diplomdarbiem un maģistra darbiem) darbiem. (LU Studiju kursu izstrādes un aktualizācijas kārtības 1. pielikums)*

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Latviešu valodas pamatkurss |
| ***Zinātnes nozare*** | *Valodniecība* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** |  |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 32 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 31.05.2019 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.paed. Inta Līsmane |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt studentiem valodas komunikatīvās un starpkultūru kompetences veidošanos turpmākai latviešu valodas zināšanu izmantošanai studiju procesā un profesionālajā darbībā. Kurss veidots atbilstoši Eiropas Padomes pieņemtā satura specifikācijas A1 līmeņa prasībām.  Mācību saturs veidots, lai palīdzētu studentam orientēties elementārās sadzīves situācijās, veicinātu ikdienā nepieciešamā vārdu krājuma un gramatikas apguvi, kā arī radītu pamatu turpmākai komunikācijai.  Studiju kursa uzdevumi ir:  1. attīstīt lingvistiskās kompetences, sniedzot zināšanas par latviešu valodas vārdu krājumu, fonoloģiju un sintaksi;  2. apgūt pamatiemaņas latviešu valodas uztverē, pakāpeniski attīstot lasīšanas, rakstīšanas, klausīšanas un runas prasmi;  3. attīstīt komunikatīvās prasmes tiek, balstoties uz latviešu valodas gramatikas paradigmu izpratni.  Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:  1. Izprot latviešu valodas galvenās likumsakarības un lietojuma funkcijas;  2. Pārvalda pamata vārdu krājumu, ko veido atsevišķi vārdi un frāzes, kas attiecas un noteiktām, konkrētam situācijām;  Prasmes:  3. Veic lasīšanas un klausīšanās receptīvos uzdevumus – A1 līmenī;  4. Saprot ļoti lēni un pareizi artikulētu runu, elementāras frāzes un vienkāršus teikumus – A1 līmenī;  5. Veic runāšanas un rakstīšanas produktīvos uzdevumus, prot izrunāt vārdus, izteikt apgalvojumus un noliegumus, prot rakstīt vārdus un frāzes – A1līmenī;  6. Sniedz un iegūst informāciju, sazinās konkrētās ikdienas situācijās, jautājot un sniedzot atbildes uz elementāriem jautājumiem mutvārdos un rakstiski – A1 līmenī;  Kompetence:  7. Realizē valodas komunikatīvo kompetenci, veicot saziņas uzdevumus un mijiedarbojoties ar saziņas partneriem;  8. Akceptē saziņas normas jaunā kulturvidē, nelieto izteikumus, kuri var radīt pārpratumus vai aizskart komunikācijas dalībniekus, demonstrē atvērtību, empātiju un starpkultūru kompetenci. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Personas identitāte. P8 2. Pilsētā un laukos. P8 3. Studentu dzīves ritms. P8 4. Izglītība un sociālā vide. P8   P - praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo darbs tiek organizēts individuāli un/vai mazākās grupās.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Apgūt nepieciešamo tematisko vārdu krājumu; 2. Gatavoties leksikas un gramatikas pārbaudes testiem; 3. Izmantot pieejamos interneta resursus valodas apguvei; 4. Sagatavot 4 dialogus un vienu prezentāciju. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 2 leksikas un gramatikas pārbaudes testi) - 50% 2. Mutvārdu starppārbaudījumi kontaktnodarbībās - 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Rakstveida eksāmenā iegūtais vērtējums – 25% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 1. Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Starppārbaudījums (rakstiski) | X | X | X |  |  | X |  |  | | 1. Starppārbaudījums (rakstiski) | X | X | X |  |  | X |  |  | | 1. Starppārbaudījums (mutiski) | X | X |  | X | X |  | X | X | | 1. Eksāmens (mutiski un rakstiski) | X | X |  | X | X |  | X | X | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Auziņa, I. (u.c.) Laipa A1. Rīga: LVA, 2014, 184 lpp. 2. Katrai nodarbībai tiek sagatavoti mācību materiāli (gramatikas skaidrojums, jaunās leksikas vārdnīca). | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Auziņa, I., Nešpore, G. (2014). Latviešu valodas darbības vārdu tabulas. Rīga: LVA. 2. Šalme, A., Ūdris, P. (1996; atkārtots izdevums 2004). Do it in Latvian! Latviešu valodas sākumi pašmācībai angliski runājošajiem. Rīga: Apgāds ”SI”. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Māci un mācies latviešu valodu. Audiomateriāli. (LVA http://maciunmacies.valoda.lv/valodas-apguve/e-materiali/uzdevumi). 2. Māci un mācies latviešu valodu. Lasīšanas teksti. (LVA http://maciunmacies.valoda.lv/valodas-apguve/e-materiali/lasisanas-teksti). 3. Valodu portfelis pieaugušajiem. Pašnovērtējums. (LVA http://maciunmacies.valoda.lv/images/speles/Language-Portfolio/default.html). 4. Interaktīva vārdnīca krievu, angļu, franču, vācu valodā. (LVA http://www.sazinastilts.lv/language-learning/vocabulary/). | |
| ***Kursa saturs*** |  |

**1. Personas identitāte – P (8)**

Sveicināti! (vārdu krājums, gramatika un saziņa)

1.1. Latviešu valodas alfabēts (burtu un skaņu atbilstība un atveidošana latviešu valodā; garie patskaņi, diakritiskās zīmes, vārdu izruna un uzsvars). Populārākie latviešu personvārdi. Personvārdu atveide latviešu valodā.

1.1.1. Izruna: klausīties, atkārtot un pierakstīt.

1.2. Nodarbošanās un profesiju nosaukumi:

1.2.1. Lasīšana un rakstīšana: lasīt, klausīties un ierakstīt personai atbilstošo profesiju (nodarbošanos).

1.3. Gramatika: darbības vārds (būt); personu vietniekvārdi; norādāmie vietniekvārdi; skaitļa vārdi (1- 20), lietvārdi nominatīvā (jautājums - kas?).

1.3.1. Gramatikas vingrinājumi: personu vietniekvārdi un darbības vārds “būt/nebūt” tagadnes formās, norādāmie vietniekvārdi, nosaucot lietas un priekšmetus, lietu, parādību, dzīvu būtņu un objektu nosaukšana un identificēšana (vai tas/tā/tie/tās ir/nav?), jautājumu/atbilžu veidi; lietvārdu galotnes (dzimte, skaitlis, locījums – nominatīvā)

1.4. Valoda ikdienas saziņai: sasveicināties ar studentiem auditorijā, iepazīties un iepazīstināt ar sevi.

1.4.1. Dialogi leksikas un gramatikas apguvei: sasveicināšanās, iepazīšanās, informācija par vārdu, uzvārdu, profesiju, nodarbošanos un tālruņa numuru.

1.4.2. Lietišķie raksti: kontaktinformācija. Vai tu runā latviski? No kurienes tu esi? (vārdu krājums, gramatika un saziņa)

1.5. Valstis un galvaspilsētas (valstu un galvaspilsētu nosaukumi, to atveide latviešu valodā).

1.5.1. Izruna: klausīties, atkārtot un pierakstīt valstis un galvaspilsētas.

1.6. Valodas un tautības (tautību un valodu nosaukumi).

1.6.1. Izrunas un rakstu vingrinājumi: klausīties, atkārtot un pierakstīt tautības un valodas.

1.7. Gramatika: darbības vārdi (runāt, dzīvot, studēt, strādāt u.c.); lietvārdi (lokatīva jautājums - kur?); prievārds (no); apstākļa vārdi.

1.7.1. Gramatikas vingrinājumi: personu vietniekvārdi un 2. deklinācijas darbības vārdi tagadnes formās un pagātnes formas; darbības vārda “būt” pagātnes un nākotnes formas; norādāmie vietniekvārdi, prievārds “no”; vietas apstākļa vārdi un lietvārdu galotnes lokatīvā.

1.8. Valoda ikdienas saziņai: sniegt informāciju par sevi (par saziņas valodām, par savu valsti un tautību) un uzzināt par citiem.

1.8.1. Dialogi leksikas un gramatikas apguvei: tikšanās; no kurienes tu esi? parādi kartē, kur ir tava valsts!

1.8.2. Lietišķie raksti: anketa.

**2. Pilsētā un laukos – P (8)**

Mēs dzīvojam netālu no Vecrīgas - nāciet ciemos! (vārdu krājums, gramatika un saziņa)

2.1. Mana pilsēta (transports, interesanti objekti, ielas, rajoni). Dzīvoklis Rīgā (istabas, mēbeles).

2.1.1. Klausīšanās vingrinājumi: ar pilsētas un lauku vidi saistītu objektu, priekšmetu, dzīvu būtņu nosaukšana un atrašana attēlā.

2.2. Tā ir mana ģimene (ģimenes locekļi, vecums, nodarbošanās; ģimenes stāvoklis). Ģimenes māja laukos (iekārtojums, apkārtne, dārzs).

2.2.1. Informācijas sniegšana: lasīt un apkopot iegūto informāciju tabulā; raksturot, izmantojot apgūtos īpašības vārdus.

2.3. Gramatika: darbības vārdi (iet, braukt, īrēt, apmeklēt, apciemot, redzēt, apskatīt u.c.); īpašības vārdi (kāds, kāda?); lietvārdi akuzatīvā (jautājums – ko?), akuzatīva prievārdi; lietvārdi ģenitīvā un datīvā; skaitļa vārdi (20 līdz 99); piederības vietniekvārdi.

2.3.1. Teikumu veidošana, ierakstot atbilstošos darbības vārdus tagadnes, pagātnes un nākotnes formās, īpašības vārdus (krāsas u.c.) un lietvārdus.

2.3.2. Klausīšanās vingrinājumi skaitļa vārdu iegaumēšanai un lietošanai.

2.4. Valoda ikdienas saziņai: informācija par pilsētas (lauku) dzīves vidi un objektiem; informācija par ģimeni, ģimenes stāvokli; atrast ielu Rīgas kartē, transports, noskaidrot, kā tur nokļūt; uzaicināt kādu ciemos, pieņemt vai noraidīt uzaicinājumu.

2.4.1. Dialogi leksikas un gramatikas apguvei: telefoniski uzaicināt kādu ciemos svinēt dzimšanas dienu, norādot dienu un laiku.

2.4.2. Lietišķie raksti: vēstule draugam.

2.5. Leksikas un gramatikas tests (1. tests).

**3. Studentu dzīve – P (8)**

Ikdienas dzīves ritms (vārdu krājums, gramatika un saziņa)

3.1. Mana nedēļa: ikdiena un nedēļas nogale (dienu nosaukumi, darbības laiks: no rīta, pēcpusdienā, vakarā, naktī: darbības biežums; ikdienas darbi).

3.1.1. Jautājumi par dienas gaitas, darbu, tikšanos plānošanu.

3.1.2. Informācija par dienas aktivitātēm (vieta un laiks, cikos sākas/beidzas).

3.2. Manas ēdienreizes: brokastis, pusdienas un vakariņas (cikos?).

3.2.1. Ēdienu un dzērienu, galda piederumu, trauku, virtuves ierīču nosaukumi.

3.2.2. Ēdienu gatavošana.

3.3. Iepirkšanās: tirgus, veikali; pārtikas (svars, tilpums, daudzums, cena), apģērba (izmērs, krāsa, cena), apavu iegāde u.c.

3.3.1. Informācijas iegūšana: populāras iepirkšanās vietas, ieteikumi un padomi, kur un ko pirkt vai pārdot.

3.4. Gramatika: pulksteņa laiks, skaitļa vārdi (20 līdz 99); lietvārdi (ģenitīva jautājums – kā?); ģenitīva prievārdi; darbības vārdi (pirkt, ēst, dzert, patikt, vajadzēt, gribēt, darīt, gatavot, garšot, brokastot, pusdienot, vakariņot u.c.); kārtas skaitļa vārdi (1 līdz 99).

3.4.1. Pulksteņa laika norādes nominatīvā un lokatīvā, lietvārdi ģenitīvā, datīvā, akuzatīvā un lokatīvā; darbības vārdi tagadnē, pagātnē un nākotnē, pavēles un vēlējuma izteiksmē (teikumu veidošana, ierakstot nepieciešamos darbības vārdus un lietvārdus).

3.4.2. Klausīšanās vingrinājumi kārtas skaitļa vārdu iegaumēšanai un lietošanai.

3.5. Valoda ikdienas saziņai: dienas gaitu, ikdienas darbu un laika plānojums; vajadzības, nepieciešamības, patikas (nepatikas) izteikšana; pastāstīt, kas garšo, kas negaršo.

3.5.1 Dialogi leksikas un gramatikas apguvei: pulksteņa laika noskaidrošana un precizēšana; sarunas pa tālruni par dienas un nedēļas plāniem; sarunas par iepirkšanos, nepieciešamo preci, cenu, daudzumu, kvalitāti, krāsu u.c.

3.5.1. Lietišķie raksti: dienas režīms; pirkumu saraksts, sludinājums par pirkšanu un pārdošanu.

3.6. Leksikas un gramatikas tests (2. tests)

**4. Izglītība un sociālā vide – P (8)**

Studijas un brīvais laiks. (vārdu krājums, gramatika un saziņa)

4.1. Manas studijas: studiju gads un semestris, mana grupa, intereses, nākotnes plāni.

4.1.1. Fakultātes un programmas nosaukums, studiju priekšmeti.

4.1.2. Lekciju saraksts (vieta un laiks, cikos sākas/beidzas).

4.2. Brīvais laiks, brīvdienas un svētki.

4.2.1. Vakarā pēc lekcijām (vai darba).

4.2.2. Darbības un objekti, kas saistīti ar brīvo laiku.

4.2.3. Svētku dienas Latvijā.

4.3. Aizraušanās, draugi un paziņas.

4.3.1. Brīvā laika pavadīšanas iespējas, pasākumi, to norises vieta, laiks un cena.

4.3.2. Kopīgas intereses, draugu loks.

4.4. Sports un veselība.

4.4.1. Sporta veidi, ar aktīvu dzīvesveidu saistītas darbības.

4.4.2. Veselīgs dzīvesveids: fiziskas aktivitātes, sabalansēts uzturs, miega režīms u.c.

4.5. Gramatika: lietvārdi (lasīšana, rakstīšana, dejošana, dziedāšana u.c.); darbības vārdi (interesēt, lasīt, rakstīt, zināt, sākt, beigt, ceļot, dejot, spēlēt, dziedāt, sportot, ceļot, svinēt); lietvārdi (datīva jautājums kam?), prievārdi ar datīvu.

4.5.1. Vārdu darināšana pēc parauga (dejot – deja, dejotājs, dejošana); konstrukcijas ar darbības vārdiem patikt, garšot; darbības vārdu vienkāršā tagadne, pagātne, nākotne (apkopojums).

4.6. Valoda ikdienas saziņai: informācija par izglītību, darba pieredzi, par brīvo laiku, hobijiem un sportu.

4.6.1. Dialogi leksikas un gramatikas apguvei: sarunas par izglītību, tās iegūšanu, studiju programmu; sarunas par koncerta, ballītes, izstādes, izrādes apmeklējumu; sarunas par sporta kluba apmeklēšanu.

4.6.2. Lietišķie raksti: CV (dzīves gaitas) informācija.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Nanotehnoloģijas un nanomateriāli |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 28 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 4 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 04.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Aivars Vembris |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir parādīt nanomateriālu klāstu un izskaidrot fizikālo īpašību atšķirību starp nano un makroskopiskiem objektiem. Padziļināti apskatītas nanostruktūru un nanoierīču izveides metodes, kā arī nanomateriālu eksperimentālās raksturošanas metodes. Noslēgumā iepazīstināt ar nanomateriālu toksiskuma problēmām.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. uzzināt par nanometeriāliem un to izveidošanas tehnoloģijām; 2. apzināt nanomateriālu un nanotehnoloģiju izmantošanas iespējas; 3. saprast riskus, kas saistīti ar nanomateriālu ieviešanu sadzīvē.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot fizikas likumus, kas izpildās nanoobjektiem; 2. apzinās nanozinātnes nozīmīgos pielietojumus;   Prasmes:   1. patstāvīgi lasa zinātnisko literatūru un uzstājas semināros; 2. studē un veic pētījumus nanozinātnes jomā;   Kompetence:   1. patstāvīgi izvēlas nano struktūru izgatavošanas un pētīšanas metodes; 2. apzina ar nanomateriāliem saistīto toksiskumu. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads par nanomateriāliem un nanotehnoloģijām. L2 2. Tehnoloģijas nanomateriālu izpētei. L2 3. Nanomateriāli. L4 4. Nanomateriālu īpašības. L4 5. Nanomateriālu un struktūru izveidošana. L4 6. Nanomateriālu pielietojumi. L4 7. Metamateriāli. L2 8. Molekulārā elektronika. L4 9. Nanomateriālu toksiskums. L2 10. Aktuālākais nanozinātnēs. S4   L – lekcija, S – seminārs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Jāiepazīstas ar jaunākajām tendencēm nanomateriālu un nanotehnoloģiju jomā. Jālasa pieejamā zinātniskā literatūrā. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Studiju kursa apgūšanas gaitā ir jāuzstājas ar prezentāciju par jaunākām tendencēm nanomateriālu un nanotehnoloģiju jomā, un sekmīgi jānokārto gala eksāmens.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījums:   1. Uzstāšanās seminārā – 50%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) – 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. starppārbaudījums | + | + | + | + | + | + | | 2. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Ashby,A., Ferreira, P., Schodek, D. Nanomaterials and nanotechnologies and design. Butterworth-Heinemann, 2009, 560 lpp. 2. Cuevas, J.C., Scheer, E. Molecular Electronics An Introduction to Theory and Experiment. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2010, 703 lpp 3. Di Ventra, M., Evoy,S., Heflin, J.R. Introduction to nanoscale science and technology, Jr. New York : Springer, 2004. xiii, 611 lpp. 4. Kelsall, R.W., Hamley, I.W., Geoghegan, M. Nanoscale science and technology. Chichester, England ; Hoboken, NJ : John Wiley, c2005. xv, 456 lpp. 5. Mirkin, C.A., Niemeyer, C.M. Nanobiotechnology. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004, 469 lpp. 6. Monteiro-Riviere, N.A., Lang, C. Tran NanotoxicologyP rogress toward Nanomedicine. CRC PressTaylor & Francis Group. 2016. 514 lpp. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Bâldea, I. Molecular Electronics An Experimental and Theoretical Approach. CRC Press Taylor & Francis Group, 2015, 448 lpp. 2. Datta, S., 1954-: Electronic transport in mesoscopic systems /Supriyo Datta. Cambridge [etc.] : Cambridge University Press, 1995. xv, 377 lpp 3. Martínez-Duart, J. M.: Nanotechnology for microelectronics and optoelectronics /J.M. Martínez-Duart, R.J. Martín-Palma, F. Agulló-Rueda. Amsterdam : Elsevier, c2006. xix, 279 lpp 4. Mirkin, C.A., Niemeyer, C.M. Nanobiotechnology II. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007, 432 lpp. 5. Schliwa, M. Molecular Motors. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2003. 582 lpp. 6. Waser, R. Nanoelectronics and information technology :advanced electronic materials and novel devices. Weinheim : Wiley-VCH, c2005. 995 lpp. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Nano Hub: www.nanohub.org | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **1. tēma. Ievads par nanomateriāliem un nanotehnoloģijām**  1. lekcija. Ievads par nanomateriāliem un nanotehnoloģijām  Objektu mērogs. Nanomateriālu un nanotehnoloģiju definīcija. Nanomateriālu pārskats. Salīdzinājums ar makroskopisko pasauli. Tehnoloģijas nanomateriālu izveidošanā un izpētē. Vēstures.  **2. tēma. Tehnoloģijas nanomateriālu izpētei**  2. lekcija. Mikroskopija  Mikroskopijas principi. Transmisijas elektronu mikroskops, skenējošais tuneļmikroskops, atomspēku mikroskops un citi skenējošie mikroskopi. Darbības principi.  **3. tēma. Nanomateriāli**  3. lekcija. Nanomateriālu klasifikācija  0D, 1D, 2D, 3D materiāli un to struktūras. Izmēra efekts un to ietekme uz fizikālām īpašībām.  4. lekcija Oglekļa nanomateriāli  Oglekļa alotropi. Orbitāļu hibridizācija. Fullerēni. C60, oglekļa nanocaurulītes, grafēns. To īpašības, iegūšanas metodes un pielietojumi.  **4. tēma. Nanomateriālu īpašības**  5. lekcija. Nanomateriālu fizikālās īpašības I  Mehāniskās īpašības. Termiskās īpašības. Elektriskās īpašības.  6. lekcija Nanomateriālu fizikālās īpašības II  Magnētiskās īpašības. Optiskās īpašības. Akustiskās īpašības.  **5. tēma. Nanomateriālu un struktūru izveidošana**  7. lekcija. Nanomateriālu sintēze  Nanomateriālu iegūšanas metožu pārskats. Inertas gāzes izplešanās, Molekulu pašsakārtošanās, Elektroduznešana, Fizikālo tvaiku depozīcija, ķīmisko tvaiku depozīcija. VLS nanovadu audzēšana, Stranski-Kostanova audzēšanas režīms, fulerēni un oglekļa nanocaurulītes.  8. lekcija. Pašorganizācija  Funkcionālas organiskās molekulas. DNS pašorganizācija. Hierarhiskā, virzītā un algoritmiskā pašorganizācija. DPN litofrāfija. Epitaksinas metode.  **6. tēma. Nanomateriālu pielietojumi**  9. lekcija. Nanomateriālu pielietojumi  MEMS un NEMS ierīces. Elektromehāniskie releji, mazas masas un liela paātrinājuma sensori. Virsmas pārklājumi. Gaismas emiteri. Enerģijas ieguve. Nanomateriālu izmaksas.  10. lekcija. Nanomateriālu bioloģiskie pielietojumi  Bioloģiskie nanomotori un nanoierīces. Miosīna un kinezīna motori. (myosin, and microtubules motors) Laboratorija uz čipa.  **7. tēma. Metamateriāli**  11. lekcija. Matamateriāli  Magnētiskā un dielektriskā caurlaidība pusvadītājiem, dielektriķiem un metāliem. Negatīva dielektriskā un magnētiskā caurlaidība. Negatīva laušanas koeficienta materiāli un struktūras.  **8. tēma. Molekulārā elektronika**  12. lekcija. Molekulārā elektronika pamati  Molekulārā elektronika un tās vēsture. Vielas molekulārai elektronikai. Kontakta pievienošanas tehnika.  13. lekcija. Molekulārā elektronika teorija  Elektronu sadalījums vienā molekulā. Vadāmības procesi vienā molekulā un kontakta vietās. Termiskie un fonona efekti.  **9. tēma. Nanomateriālu toksiskums**  14. lekcija. Nanomateriālu toksikums  Nanomateriālu ietekme uz dzīvo dabu. Riska novērtējums. Bīstamības un riska raksturojums saistībā ar veselību un ģenētisko ietekmi. Iespējamie toksiskuma testi.  **10. tēma. Aktuālākais nanozinātnēs**  Seminārs, kurā studenti uzstājas ar pašu sagatavotiem referātiem par aktuālākajiem pētījumiem nanozinātnēs. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | Ievads cietvielu fizikā |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 28 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 4 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Uldis Rogulis  Dr.phys. Jurģis Grūbe |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir padziļināti apgūt cietu vielu uzbūvi, enerģētisko zonu veidošanos, ka arī sniegt sistemātisku pārskatu par cietās vielās novērojamajām parādībām un cietvielu īpašībām dažādos ārējos laukos.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Padziļinātā līmenī apskatīt cietas vielas struktūru veidošanās principus, īpašības, kas seko no atomu periodiskā kristāliskā režģa esamības, kā arī amorfo cieto vielu uzbūves īpatnibas; 2. Sekmēt sistemātisku zināšanu ieguvi par likumsakarībām periodiskās atomu - elektronu sistēmās, kuras nosaka cietu vielu mehāniskās, termiskās, optiskās, elektriskās, dielektriskās, magnētiskās īpašības.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izprot cietu vielu struktūru un to īpašības; 2. Izprot kondensētās vides fiziku; 3. Izprot materiālu fiziku;   Prasmes:   1. Izvēlas nepieciešamās eksperimentālās iekārtas cietu vielu īpašību raksturošanai; 2. Izmanto teorētiskos modeļus cieto vielu īpašību aprakstam;   Kompetence:   1. Iesaistās teorētiskā un praktiskā pētnieciskā darbā cietvielu fizikā un materiālzinātnēs. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Kristālu struktūra un simetrijas elementi. L2 2. Inversijas režģis un difrakcija kristālos. L2 3. Režģa svārstības, fononi. L2 4. Brīvie elektroni metālos. L2 5. Zonu teorija - vāji saistīto elektronu tuvinājums. L2 6. Zonu teorija - stipri saistīto elektronu tuvinājums. L2 7. Enerģijas līmeņi un lādiņnesēju statistika pusvadītājos. L2 8. Parādības pusvadītājos, p-n pāreja. L2 9. Kontroldarbs. P2 10. Dielektriķi, segnetoelektriķi. L2 11. Cietvielu optiskās īpašības. L2 12. Magnētiskās īpašības: diamagnētiķi, paramagnētiķi, feromagnētiķi. L2 13. Supravadāmība. L2 14. Defekti cietās vielās. L2 15. Amorfas cietas vielas. L2 16. Kontroldarbs. P2   L – lekcija, P- praktiskie darbi | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs norisinās individuāli.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Izmantojot kursa Moodle materiālus, sagatavoties kontroldarbiem un eksāmenam; 3. Sagatavoties kursa eksāmenam. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Semestra laikā ir plānoti 2 praktiskie darbi - kontroldarbi.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Praktiskais darbs - kontroldarbu rezultāts semestra laikā - 25% 2. Praktiskais darbs - kontroldarbu rezultāts semestra laikā - 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 1. 1. kontroldarbs | x | x | x | x | x | x | | 2. 2. kontroldarbs | x | x | x | x | x | x | | 3. Eksāmens | x | x | x |  |  | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Ashcroft, N. W., Mermin, N. D. Solid state Physics, Holt, Rinehart&Winston, 1976 2. Blakemore, J. S. Solid state Physics, Cambridge Univ. Press, 1985 3. Kittel, Ch. Introduction to Solid State Physics, 8th Edition, Wiley&Sons, NY, 2005. 4. Rosenberg, H. M. The Solid State, 1978 5. Павлов, П. В., Хохлов, А. Ф., Физика твердого тела, M, Высшaя школа, 1985. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Lou, L. Introduction to Phonons and Electrons, 2003 2. Marder, M. P., Condensed Matter Physics, 2010 3. Šaļimova, K. Pusvadītāju fizika, Rīga, Zvaigzne, 1973 4. Siliņš, A.,Truhins, A. "Point Defects and Elementary Excitations in Crystalline and Glassy SiO2", Rīga, Zinātne, 1985 (krievu val.) 5. Simon, S.H. The Oxford Solid State Basics, 2013 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Stanford University [www.stanford.edu/group/fisher/teaching/Ph172/](http://www.stanford.edu/group/fisher/teaching/Ph172/) | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| ***1. lekcija* Kristālu struktūra un simetrijas elementi.**  14 Bravē režģi, kristāliskās singonijas. Divdimensiju simetrijas elementi. Trīsdimensiju simetrijas elementi. Vīgnera-Zeitsa elementārā šūna. Kristalogrāfiskie apzīmējumi, Millera indeksi.  ***2. lekcija* Inversijas režģis un difrakcija kristālos.**  Inversais režģis. Rentgenstaru, elektronu un neitronu difrakcija kristālā, struktūras faktors, atomārās izkliedes faktors.  ***3. lekcija* Režģa svārstības, fononi.**  Briljuena zonas. Cietu vielu siltumietilpība, klasiskā, Einšteina, Debaja teorijas. Fononi, fononu frekvenču dispersija.  ***4. lekcija* Brīvie elektroni metālos.**  Brīvo elektronu gāzes modelis. Fermī enerģija, Fermī virsma. Fermī-Diraka sadalījums. Elektrovadāmība metālos, Drudes metālu teorija. Siltumvadāmība metālos, Vīdemana - Franca likums.  ***5. lekcija*** **Zonu teorija - vāji saistīto elektronu tuvinājums.**  Šrēdingera vienadojums cietām vielām. Adiabātiskais tuvinājums. vāji saistīto elektronu tuvinājums, Bloha funkcijas, kvaziimpulss.  ***6. lekcija***  **Zonu teorija – stipri saistīto elektronu tuvinājums.**  Zonu veidošanās principi cietās vielās. Stipro saistīto elektronu tuvinājums. Zonas metālos, dielektriķos un pusvadītājos.  ***7. lekcija*** **Enerģijas līmeņi un lādiņnesēju statistika pusvadītājos.**  Lādiņnesēji pusvadītājos - elektroni un caurumi. Patstāvīgie un piejaukumpusvadītāji, n-tipa un p-tipa pusvadītāji. Pusvadītāju vadītspēja. Fermī - Diraka statistika, Fermī līmenis.  ***8. lekcija* Parādības pusvadītājos, p-n pāreja.**  Parādības pusvadītājos elektriskajā un magnētiskajā laukos. p-n pāreja pusvadītājos, difūzijas un dreifa strāvas, pusvadītāju ierīces.  **Kontroldarbs**  ***10. lekcija.*****Dielektriķi, segnetoelektriķi** (2 stundas)**.**  Polarizācija. Polarizācijas mehānismi dielektriķos. Dielektriķis ārējā elektriskajā laukā. Dielektriskā konstante. Plakanparalēls kondensators. Iekšējie lauki. Dielektrisko īpašību atkarība no elektriskā lauka frekvences. Segnetoelektriķi (feroeletriķi), to īpašības. Pjezoelektriķi. Dielektriķu caursite.  ***11. lekcija.*** **Cietvielu optiskās īpašības**  Starojuma absorbcija un emisija. Tiešās un netiešās optiskās pārejas. Elektro-optiskās īpašības: fotovadāmība, fotodiodes, lāzerdiodes, fotovoltaiskie elementi. Kvazidaļiņas cietās vielās: eksitoni, plazmoni, polaroni, polaritoni.  ***12. lekcija.*** **Magnētiskās īpašības: diamagnētiķi, paramagnētiķi, feromagnētiķi** (2 stundas)**.**  Cietu vielu magnētiskās īpašības - diamagnētiķi, paramagnētiķi, feromagnētiķi. Magnētiskās struktūras cietās vielās un to raksturojums. Magnētiskās rezonanses cietās vielās**.**  ***13. lekcija.*** **Supravadāmība**  Supravadītāju īpašības, Kupera pāri. Pirmā un otrā veida supravadītāji. Ar tunelēšanu saistītie efekti supravadītājos. Augsttemperatūru supravadītāji.  ***14. lekcija.*** **Defekti cietās vielās**  Punktveida defekti cietās vielās. Šotkī un Frenkeļa defekti. Krāsu centri. Dislokācijas. Defekti sakausējumos.  ***15. lekcija.* Amorfas cietas vielas**  Amorfu vielu iedalījums un iegūšana. Struktūras modeļi. Defekti un homogenitāte. Difrakcijas efekti amorfās vielās, sadalījuma funkcijas. Elektrovadāmībā. Zonu struktūra. Optiskās īpašības. Supravadāmība. Īpatnējā siltumietilpība. Siltumvadāmība. Magnētisms.  **Kontroldarbs** | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Plāno kārtiņu zinātne un uzklāšanas tehnoloģijas*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 50 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 14 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Edgars Butanovs, Dr. Phys Mārtiņš Zubkins |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir radīt priekšstatu par plāno kārtiņu izgatavošanas tehnoloģijām un sniegt praktiskas iemaņas darbā ar modernām uzklāšanas iekārtām.    Studiju kursa uzdevumi ir:  1. iepazīties ar plāno kārtiņu saistīto fiziku un izgatavošanas pamatprincipiem;  2. iegūt ieskatu dažādās kārtiņu izgatavošanas tehnoloģijās;  3. iegūt ieskatu plāno kārtiņu pielietošanā;  4. iegūt pieredzi un praktiskas prasmes darbā ar modernām kārtiņu uzklāšanas iekārtām;  5. analizēt un izvēlēties optimālo uzklāšanas metodi atkarībā no nepieciešamā kārtiņas materiāla un pielietojuma.  Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot plāno kārtiņu fiziku, to izgatavošanas pamatprincipiem un pielietojumiem;   Prasmes:   1. patstāvīgi lasa zinātnisko literatūru; 2. novērtē un analizē laboratorijas darbos sastaptās fizikālās un tehniskās problēmas;   Kompetence:   1. patstāvīgi izvēlas un apraksta optimālo uzklāšanas metodi atkarībā no nepieciešamā kārtiņas materiāla un pielietojuma; 2. attīsta iemaņas darbā ar modernām kārtiņu uzklāšanas iekārtām. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Plāno kārtiņu zinātne un uzklāšanas tehnikas. L14 Ld2 2. Termiskā, elektronu kūļu un jonu kūļu uzklāšana. L4 Ld2 3. Impulsu lāzera nogulsnēšana. PLD L2 4. Molekulārā kūļa epitaksija. (MBE) L2 5. Plazmas uzklāšanas tehnoloģijas. L2 Ld2 6. Magnetronā izputināšana. L8 Ld4 7. Caurspīdīgo elektrovadošo oksīdu (TCO) kārtiņu izgatavošana un izmantošana caurspīdīgā elektronikā. L4 8. Elektrohromo un termohromo kārtiņu izgatavošana un ierīces. L4 9. Ķīmisko tvaiku uzklāšana (CVD) un atomu slāņu uzklāšana (ALD). L6 Ld2 10. Slapjās uzklāšanas metodes un rotējošā diska metode. L4 Ld2   L – lekcija, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| 1. Studentiem patstāvīgi jāiepazīstas ar lekciju konspektiem pēc katras lekcijas; 2. Studentiem patstāvīgi jāsagatavojas laboratorijas darbiem, pirms darba veikšanas rūpīgi iepazīstoties ar darba aprakstu un lasot papildliteratūru; 3. Studentiem līdz eksāmenam jāsagatavo un jāaizstāv visi laboratorijas darbu protokoli; 4. Studentiem patstāvīgi jāsagatavojas eksāmenam, lasot lekciju konspektus, prezentācijas un norādīto literatūru. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Laboratorijas darbi (6) – 50%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) – 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 1. Laboratorijas darbi | X |  | X | X | X | | 1. Eksāmens | X | X |  | X |  | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Ohring, M. Materials Science of Thin Films, 2001 Academic Press ISBN: 0125249756. 2. Seshan, K. Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques (Second Edition), 2001 William Andrew Inc. ISBN: 978-0-8155-1442-8. 3. Smith, D.L. Thin-Film Deposition: Principles and Practice 1st Edition, 1995 McGraw-Hill Professional Publishing, ISBN-13: 978-0070585027. 4. Smith, D.J., Granqvist, C.G. Green Nanotechnology - Solutions for Sustainability and Energy in the Built Environment, 2010 Taylor & Francis Inc. ISBN 978-1-4200-8532-7. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Jones, A.C., Hitchman, M.L. Chemical Vapour Deposition: Precursors, Processes and Applications, Royal Society of Chemistry, 2009, ISBN: 978-0-85404-465-8 2. Martin, P., M. (Ed.) Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings, Elsevier 2005, ISBN: 9780815520313 3. Michely, T., Krug, J. Islands, Mounds and Atoms, Springer, 2004, ISBN: 978-3-642-18672-1 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Plāno kārtiņu zinātne un uzklāšanas tehnikas   Ievads plāno kārtiņu zinātnē un uzklāšanas tehnikās. Pamata koncepti un metožu iedalījums. Fizikāla, ķīmiska, elektroķīmiska un slapja uzklāšana. Fizikāli un ķīmiski procesi. Īpašas tehnikas un pielietojumi.  Virsmas procesi. Termodinamiskas pamatidejas par virsmām. Termodinamiskie potenciāli un virsmas izdalīšana. Virsmas spriegums un enerģija. Terrace-ledge-kink modelis. Vulffa konstrukcija un mazu kristālu formas. Plāno kārtiņu augšana. Termodinamika pret kinētiku. Tvaiku spiediena termodinamika. Adsorbcija un nukleācija. Plāno kārtiņu morfoloģija – struktūras zonu modelis. Ievads vakuuma tehnoloģijās. Priekšstats par kinētikas teoriju. Atomu un jonu pienākšanas enerģija pie virsmas. Molekulārais blīvums. Brīvā ceļa garums. Monoslāņa izveidošanās laiks.  Vakuuma sistēmu tilpums, teču lielums un pumpēšanas ātrumi. Zema, augsta un sevišķi augsta vakuuma iegūšana un kontrole. Spiediena un gāzu plūsmu mērīšana pārklājumu uzklāšanas sistēmā. Aparatūra: sūkņi, caurules, materiāli un spiediena sensori. Sūkņu tipi. Kameru, cauruļu un flanču izmēri. Materiālu izvēle. Virsmas sagatavošana un tīrīšanas procedūras in-situ eksperimentiem. Paraugu pārvietošanas ierīces.  Laboratorijas darbs: Vakuuma tehnoloģija.   1. Termiskā, elektronu kūļu un jonu kūļu uzklāšana   Ievads termiskā, elektronu kūļu un jonu kūļu nogulsnēšanā. Termiskās iztvaicēšanas fizikālie principi. Kušana un sublimācija, tvaika spiediens. Instrumentācija: vakuuma kameras, vakuuma sūkņi, siltuma iztvaicētāji, e-kūļa un i-kūļa lielgabali, in-situ kārtiņu biezuma uzraudzības iekārtas. Termiskas, e-kūļa un i-kūļa iztvaicēšanas tehnoloģiju priekšrocības. Pielietojumu piemēri.  Laboratorijas darbs: Termiskā un elektronu kūļu uzklāšana.   1. Impulsu lāzera nogulsnēšana   Impulsu lāzera nogulsnēšana. Lāzera ablācijas fizika, plūmju sastāvs un dinamika. Procesa parametri: lāzera parametri (jauda, impulsa ilgums, frekvence), gāzes spiediens, substrāta temperatūra. Instrumentācija: impulsa lāzeri, vakuuma kamera, mērķi, gāzes. PLD priekšrocības un trūkumi. In situ uzraudzības līdzekļi plazmas sastāvam un plānas plēves augšanai; ex situ paraugu raksturojums. Pielietojumu piemēri.   1. Molekulārā kūļa epitaksija   Molekulārā kūļa epitaksija. Iztvaicēšanas un molekulārais kūlis. Virsmas sagatavošana. Instrumentācija: UHV vakuuma kamera ar slūžu sistēmu, iztvaicētāji (Knudsena šūna vai e-kūlis) un gāzes avoti, kārtiņas audzēšanas kontrole, datora vadība. Pielietojumu sfēra un priekšrocības. Populāri MBE materiāli un pielietojumu piemēri.   1. Plazmas uzklāšanas tehnoloģijas   Plazmas pamati un raksturošana. Plazmas optiskās emisijas spektroskopija.  Laboratorijas darbs: Plazmas optiskās emisijas spektroskopija.   1. Magnetronā izputināšana   Noteicošie magnetronās izputināšanas procesi: plazmas jonu un cieta mērķa mijiedarbība, izputināšanas koeficients, sekundāro elektronu emisija, DC katoda izlāde, magnetronā izlāde. DC katoda un magnetronā izputināšana. Izlādes sprieguma uzvedība un procesi katoda un magnetrona izputināšanas laikā. DC un RF magnetronās izputināšanas salīdzinājums. Balansēti un nebalansēti magnetroni. Magnetronā kop-izputināšana. Aparatūra un pielietojumi.  Laboratorijas darbs: DC un RF magnetronā izputināšanā.  Reaktīvā magnetronā izputināšana. Gāzu balansa vienādojums. Izlādes sprieguma uzvedība reaktīvās izputināšanas laikā. Atgriezeniskās saites kontrole. Mērķa piesārņošanās. Procesa stabilitāte. Neviendabīga izputināšana. Negatīvo jonu emisija.  Industriālie pielietojumi. Uzputināšana uz lokanām polimēru pamatnēm roll-to-roll konfigurācijā.  Augstas jaudas impulsu magnetronā izputināšana (HIPIMS). Izlādes sprieguma uzvedība HIPIMS laikā. Plazmas raksturošana un diagnostika. Pamatnes pret spriegums: kodināšana/stimulēta augšana. Starpslāņa veidošana, lietojot HIPIMS plazmu. Pārklājumi un uzklāšana ar HIPIMS. Aparatūra un pielietojumi.  Laboratorijas darbs: Reaktīvā magnetronā izputināšana un HIPIMS.   1. Caurspīdīgo elektrovadošo oksīdu (TCO) kārtiņu izgatavošana un izmantošana caurspīdīgā elektronikā   Caurspīdīgu un elektrovadošu oksīdu (TCO) uzklāšana ar magnetrono izputināšanu un kop-izputināšanu. AZO, ITO un citi TCO: pamatprincipi, uzklāšana, īpašības un pielietojumi. TCO plāno kārtiņu salīdzinājums: indija alvas oksīds (ITO), ar alumīniju leģēts ZnO (AZO). Amorfi TCO. Uzklāšana ar DC, RF un HIPIMS magnetrono izputināšanu.   1. Elektrohromo un termohromo kārtiņu izgatavošana un ierīces   Pamatprincipi, uzklāšana, īpašības un pielietojumi. WO3 plāno kārtiņu kā katoda uzklāšana un īpašības. NiO plāno kārtiņu kā anoda uzklāšana un īpašības.   1. Ķīmisko tvaiku uzklāšana (CVD) un atomu slāņu uzklāšana (ALD)   Ķīmisko tvaiku uzklāšana (CVD) un atomu slāņu uzklāšana (ALD) – zema spiediena CVD (LPCVD), ar plazmu uzlabota CVD (PECVD), metāla organiskā CVD (MOCVD), ar plazmu uzlabota ALD (PEALD). Ievads un pamatprincipi par ķīmisko uzklāšanas procesu. Plāno kārtiņu uzklāšanas termodinamika un ķīmija.  Ķīmiskās uzklāšanas iekārtu konstrukcija - vakuuma sistēmas, kameras, gāzes maisīšanas sistēmas, sildītāji, procesu vadība, vides un drošības jautājumi. Procesa kontroles parametri un in-situ monitoringa instrumenti. Pamatņu un prekursoru materiāli.  Ķīmiski uzklāto kārtiņu industriālie pielietojumi. Kristālu augšana optiskiem un pamatņu pielietojumiem, neatstarojoši pārklājumi, dielektriskie spoguļi un spektrālie filtri. Gaismu emitējošas diodes (LED) un citas elektroniskās ierīces.  Laboratorijas darbs: Praktisks ievads par daļēji industriālu MOCVD iekārtu. Pārskats par tradicionālās zilganbaltās LED dizainu un uzklāšanas parametriem. Monokristāliskas gallija nitrīda kārtiņas uzklāšana uz c-plaknē orientēta safīra pamatnes.   1. Uzklāšanas metodes bez vakuuma. Slapjās metodes un rotējošā diska metode   Izsmidzināšanas pirolīze. Sol-gel tehnoloģija. Rotējošā diska metode. Galvanizācija un elektroforēze.  Vilkšanas, slapināšanas un iemērkšanas metodes. Ink-jet printeris. Elektro-vērpšanās metode. Lengmīra-Blodžetas tehnika.  Laboratorijas darbs: Polimēra plānu kārtiņu iegūšana ar rotējošā diska metodi. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Pusvadītāju fizika un ierīces*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 28 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 4 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Uldis Rogulis  Dr.phys. Aivars Vembris  Dr.phys. Vjačeslavs Kaščejevs |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Kursa mērķis ir nodrošināt studentiem izpratni par sistemātisku pusvadītāju fiziku un parādību izklāstu saistībā ar pusvadītāju pielietošanu mikroelektronikā un optoelektronikā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīt neorganiskajos pusvadītājos novērojamās fizikālās parādības un to pielietojumu iespējas, 2. iepazīt organisko pusvadītāju īpašības un to teorētiskā apraksta modeļus, kā arī perspektīvos pielietojumu virzienus, 3. iepazīties ar galvenajām modernā elektronikā un mikroelektronikā izmantojamajām pusvadītāju ierīcēm, to uzbūves un darbības pamatprincipiem.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo pusvadītāju materiālu īpašības; 2. Skaidro materiālu pētniecībā izmantojamās eksperimentālās metodes; 3. Skaidro pusvadītāju ierīču uzbūvi; 4. Raksturo kondensētās vides fiziku; 5. Raksturo materiālu fiziku;   Prasmes:   1. Izvēlas nepieciešamās eksperimentālās iekārtas pusvadītāju materiālu un ierīču īpašību raksturošanai; 2. Izmanto teorētiskos modeļus pusvadītāju materiālu īpašību aprakstam;   Kompetence:   1. Izmanto zināšanas neorganisko un organisko pusvadītāju īpašību aprakstam, kā arī pusvadītāju ierīču apzinātai pielietošanai pētniecībā un praksē. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Pusvadītāju materiāli, enerģijas zonas pusvadītājos. L2 2. Fermī līmenis pusvadītājos, lādiņnesēju koncentrācija un pārneses parādības. L2 3. Elektriskie un galvanomagnētiskie efekti. Termoelektrība. L2 4. Pusvadītāju optiskās īpašības. L2 5. Organiskās cietvielas pamatprincipi. L2 6. Organiskās cietvielas elektroniskā struktūra. L2 7. Lādiņnesēju injekcija, fotoģenerācijas un pārneses procesi organiskā cietvielā. L2 8. Kontroldarbs. P2 9. p-n pāreja un heterostruktūras. L2 10. Diodes un tranzistori. L2 11. MOSFETs un CMOS tehnoloģijas. L2 12. Fotodetektori un saules baterijas. L2 13. Gaismas diodes un lāzerdiodes. L2 14. Integrētās ierīces modernajā mikroelektronikā. L2 15. Kvantu pusvadītāju ierīces. L2 16. 2. kontroldarbs. P2   L- lekcija, P – praktiskie darbi | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs norisinās individuāli.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Izmantojot kursa Moodle materiālus, sagatavoties kontroldarbiem un eksāmenam; 3. Sagatavoties kursa eksāmenam. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Kontroldarbs Nr.1 - 25% 2. Kontroldarbs Nr.2 - 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | 1.Kontroldarbs Nr.1 | x | x | x | x | x | x | x | x | | 2. Kontroldarbs Nr.2 | x | x | x | x | x | x | x | x | | 3. Eksāmens | x | x | x | x | x |  |  | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Brütting, Ed.W. Physics of Organic Semiconductors. J.Wiley & Sons, 2005 2. Silinsh, E.A. Electronic States of Organic Molecular Crystals, Zinatne, Riga, 1977 (krieviski) 3. Silinsh, E.A., Kurik, M.V., Čapek, V. Electronic Processes in Organic Molecular Crystals. Localization and Polarization, Zinatne, Riga 1988 (krieviski). 4. Sze, S.M., Kwok, K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, J. Wiley & Sons, 2007. 5. Šaļimova, K. Pusvadītāju fizika. Rīga, Zvaigzne, 1973, 321 lpp. 6. Vainovskis, E. Pusvadītāju radioelektronika. Rīga, Zvaigzne, 1985, 210 lpp. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Balkanski, M., Wallis, R.F. Semiconductor Physics and Applications, Oxford University Press, 2000, 512 p. 2. Enderlein, R., Horing, N.J., Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices, World Scientific, 1996. 3. Poole Jr, C.P., Owens, F.J. Introduction to Nanotechnology, Wiley Interscience, 2003. 4. Simon, J., André, J.-J. Molecular Semiconductors. Photoelectrical Properties and Solar Cells, Springer Verlag, Weinheim | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Organic Electronics, International Journal of Materials, Physics, Chemistry and Applications, Elsevier. 2. Thin Solid Films, International Journal of the Science and Technology of Condensed Matter Films, Elsevier. | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| ***1. Tēma. Neorganiskie pusvadītāji.***  ***1. lekcija*** (2 stundas)***.* Pusvadītāju materiāli, enerģijas zonas pusvadītājos.**  Pusvadītāju galvenie raksturlielumi. Patstāvīgie un piejaukumu pusvadītāji. Pusvadītāju struktūras. Enerģijas zonu veidošanās pusvadītājos, vilņu vektors, kvaziimpulss. Briljuēna zonas. Lādiņnesēju efektīvā masa.  ***2. lekcija*** (2 stundas)**. Fermī līmenis pusvadītājos, lādiņnesēju koncentrācija un pārneses parādības.**  Elektronu un caurumu statistika pusvadītājos. Fermī līmenis. Deģenerēti un nedeģenerēti pusvadītāji. Pusvadītāju vadītspēja, lādiņnesēju kustīgums. Izkliedes mehānismi.  ***3. lekcija*** (2 stundas)***.* Elektriskie un galvanomagnētiskie efekti. Termoelektrība.**  Pārneses parādības stipros elektriskajos laukos. Ganna efekts. Zēnera efekts. Galvanomagnētiskās parādības, ciklotroniskā rezonanse. Termoelektriskās parādības pusvadītājos: termo-EDS, Peltjē efekts.  ***4. lekcija*** (2 stundas)***.* Pusvadītāju optiskās īpašības.**  Pusvadītāju optiskās īpašības: absorbcija, luminiscence, fotovadītspēja. Dembera efekts apgaismotā pusvadītājā.  ***2. Tēma. Organiskie pusvadītāji.***  ***5. lekcija*** (2 stundas)***.* Organiskās cietvielas pamatprincipi.**  Organiskās molekulas. Kovalentā, ūdeņraža, Van der Valsa saites. Organiskās molekulas enerģētiskie līmeņi. Elektronisko līmeņu veidošanās organiskā cietvielā. Molekulārie mijiedarbības spēki cietvielā. Daudzelektronu tuvinājums.  ***6. lekcija*** (2 stundas)***.*** **Organiskās cietvielas elektroniskā struktūra.**  Polaronu stāvokļu enerģētiskā struktūra organiskos materiālos. Adiabātiskā enerģētiskā sprauga. Optiskā enerģētiskā sprauga. Polaronu enerģētiskie līmeņi. Lokālie elektroniskie stāvokļi reālā organiskā cietvielā.  ***7. lekcija*** (2 stundas)***.*** **Lādiņnesēju injekcija, fotoģenerācijas un pārneses procesi organiskā cietvielā.**  Lādiņnesēju injekcija un pārneses procesi organiskos materiālos. Robežvirsma metāls-organiskā cietvielā. Enerģētiskie līmeņi organiskā cietviela/organiskā cietviela robežvirsmā. Lādiņnesēju injekcija un pārnese elektriskā laukā. Fotoģenerācijas mehānismi**.**  ***8.* Kontroldarbs** (2 stundas)**.**  Kontroldarbs par tematiem 1-7.  ***3. Tēma. Pusvadītāju ierīces.***  ***9. lekcija*** (2 stundas)***.* p-n pāreja un heterostruktūras.**  Pusvadītāja-pusvadītāja kontakts, p-n pāreja. Difūzijas un dreifa strāva p-n pārejā, p-n pāreja tiešajā un sprostvirzienā. Metāla un pusvadītāja kontakts. Pusvadītāju heterostruktūras.  ***10. lekcija*** (2 stundas)***.* Diodes un tranzistori.**  Pusvadītāju diodes, to tipi un raksturlielumi. Bipolārie tranzistori, to darbības princips un raksturlielumi.  ***11. lekcija*** (2 stundas)***.* MOSFETs un CMOS tehnoloģijas.**  Lauka efekta tranzistori, to darbības principi un galvenie raksturlielumi. Metāla-oksīda-pusvadītāja lauka efekta tranzistori. CMOS tranzistoru ierīces un digitālie loģiskie elementi.  ***12. lekcija*** (2 stundas)***.* Fotodetektori un saules baterijas.**  Fotovadītāji un fotodiodes, lavīnfotodiode. Fotovoltaiskās šūnas un to galvenie raksturlielumi.  ***13. lekcija*** (2 stundas)***.* Gaismas diodes un lāzerdiodes.**  Gaismas diodes, to darbības principi un tehnoloģiskā realizācija. Pusvadītāju lāzeri. Organiskās gaismas emitējošās diodes.  ***14. lekcija*** (2 stundas)***.* Integrētās ierīces modernajā mikroelektronikā**  Pusvadītāju ierīču augstas pakāpes integrācija. Pusvadītāju ierīču un mikroshēmu tehnoloģija, optiskā un elektronu staru litogrāfija. Mikroelektronikas shēmu rūpniecisko tehnoloģiju pārskats.  ***15. lekcija*** (2 stundas)***.* Kvantu pusvadītāju ierīces.**  Kvantu koherence un vienelektrona pārlādes efekti pusvadītāju nanostruktūrās.  Nanovadu tranzistori, kvantu punkti, spinu kubiti.  ***16.* *Kontroldarbs*** (2 stundas)**.**  Kontroldarbs par tematiem 9-15. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Mikroskopijas un spektroskopijas pētījumu metodes*** | |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* | |
| ***Kredītpunkti*** | 4 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 40 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 24 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Aleksejs Kuzmins | |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Kursa mērķis ir veicināt studentu izpratni par mūsdienu eksperimentālām metodēm, kuras tiek izmantotas materiālu elektroniskās un atomārās struktūras izpētei.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. sniegt teorētiskos un eksperimentālos pamatus par modernām eksperimentālajām metodēm, tādām kā skenējošā un transmisijas elektronu mikroskopija, skenējošā zonžu un tuneļstrāvas mikroskopija, rentgenstaru un neitronu difrakcija rentgenabsorbcijas spektroskopija, masspektrometrija un rentgena fluorescences spektrometrija, rentgenstaru un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopija; 2. sniegt teorētiskos un eksperimentālos pamatus par modernajām un aktuālajām materiālu izpētes metodēm; 3. analizēt metožu kopīgās un atšķirīgās iezīmes un to pielietošanas jomas.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. Nosauc un raksturo modernās eksperimentālās metodes, kuras pielieto materiālu elektroniskās un atomārās struktūras pētīšanai; 2. Izprot pamatprincipus un iespējamos pielietojumus elektronu un skenēšanas mikroskopijām, rentgenstaru absorbcijas un fluorescences spektroskopijām, rentgenstaru un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopijām, masspektrometrijai, rentgenstaru, elektronu un neitronu difrakcijām, kā arī citām modernajām un aktuālajām materiālu izpētes tehnoloģijām;   Prasmes:   1. Pielieto elektronu un skenēšanas mikroskopiju; 2. Pielieto rentgenstaru difraktometriju; 3. Izmanto rentgena fluorescences spektrometriju un massspektrometriju; 4. Analizē rentgenabsorbcijas spektru datus; 5. Analizē un interpretē eksperimentu rezultātus elektronu un skenēšanas mikroskopijas, rentgenstaru difraktometrijas, rentgena fluorescences spektrometrijas, massspektrometrijas un rentgenabsorpcijas spektroskopijas jomās;   Kompetence:   1. Atpazīst un formulē elektronu un skenēšanas mikroskopiju, rentgenstaru difraktometrijā, rentgena fluorescences spektrometrijā un massspektrometrijā, kā arī rentgenabsorbcijas spektru datu analīzē. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Skenējošā un transmisijas elektronu mikroskopija. L8 Ld8 2. Skenējošā zonžu mikroskopija. L4 Ld4 3. Skenējošā tuneļstrāvas mikroskopija. L4 4. Rentgenabsorbcijas spektroskopija. L4 Ld4 5. Rentgenstaru un neitronu difrakcija. L4 Ld4 6. Masspektrometrija un rentgena fluorescences spektrometrija. L4 Ld4 7. Rentgenstaru un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopija. L4 8. Ievads modernajās un aktuālajās materiālu izpētes tehnoloģijās. L8   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un/vai mazākās darba grupās.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Pārbaudīt savas zināšanas, izmantojot sniegto materiālu (MOODLE vidē); 3. Noformēt laboratorijas darbu rezultātus un aizstāvēt tos pirms eksāmena. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 5 laboratorijas darbi – 50 %   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) – 50 %   Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja kārtoti visi starppārbaudījumi. | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Laboratorijas darbi | x | x | x | x | x | x | x |  | | 1. Eksāmens |  |  |  |  |  |  |  | x | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Egerton, R.F. Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM (Springer, 2005). 2. Kuzmins, A. Materiāli kursam „Mikroskopijas un spektroskopijas pētījumu metodes”, Moodle vidē. 3. Mobilio, S., Boscherini, F., Meneghini, C. Synchrotron Radiation: Basics, Methods and Applications (Springer-Verlag, 2015). 4. Sarid, D. Scanning Force Microscopy (Oxford University Press, 1994). | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1.sadaļa   1. Goodhew, P.J., Humphreys, J., Beanland, R. Electron Microscopy and Analysis, Third Edition 3rd Edition (Taylor & Francis, 2001). 2. Reimer, L. , Kohl, H., Transmission Electron Microscopy: Physics of Image Formation (Springer, 2008). 3. Williams, D. B., Carter, C. B. Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science (Springer, 2009).   2.sadaļa   1. Kalinin, S. V., Gruverman, A. Scanning Probe Microscopy of Functional Materials: Nanoscale Imaging and Spectroscopy (Springer, 2010). 2. Meyer, E., Hug, H. J., Bennewitz, R. Scanning Probe Microscopy: The Lab on a Tip (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004).   3.sadaļa   1. Bhushan, B., Fuchs, H., Hosaka, S. (Eds.), Applied Scanning Probe Methods (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004). 2. Wiesendanger, R., Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy: Methods and Applications (Cambridge University Press, 1998).   4.sadaļa   1. Bunker, G. Introduction to XAFS (Cambridge University Press, 2010) 2. Calvin, S. XAFS for everyone (CRC Press, 2013) 3. Van Bokhoven, J.A., Lamberti, C. X-Ray Absorption and X-Ray Emission Spectroscopy: Theory and Applications (Wiley, 2016). 4. Willmott, P. An Introduction to Synchrotron Radiation (John Wiley and Sons, 2011)   5.sadaļa   1. Dinnebier, R. E., Billinge, S. J. L. Powder Diffraction: Theory and Practice (RSC Publishing, 2008). 2. Kisi, E. H., Howard, Ch. J. Applications of Neutron Powder Diffraction (Oxford University Press, 2008). 3. Pecharsky, V. K., Zavalij, P. Y. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials (Springer, 2009). 4. Suryanarayana, C., Grant Norton, M. X-Ray Diffraction: A Practical Approach (Springer, 1998).   6.sadaļa   1. Beckoff, B.,Kanngiesser, B., Langhoff, N., Vedell, R., Wolff, H. (eds.) Handbook of practical X-ray Fluorescence analysis (Springer, Berlin Heidelberg New York 2006, 863 pages). 2. de Hoffmann, E., Stroobant, V. Mass Spectrometry: Principles and Applications (3rd Edition,Wiley 2007, 489 pages). 3. Tertian, R., Claisse, F. Principles of quantitative X-ray fluorescence analysis (Heyden London, Philadelphia, Rheine, 1982, 385 pages).   7.sadaļa   1. Hofmann, S. Auger- and X-Ray Photoelectron Spectroscopy in Materials Science (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013). 2. Van der Heide, P. X-ray Photoelectron Spectroscopy: An introduction to Principles and Practices (Wiley, 2012). 3. Wagner, J. M. X-ray photoelectron spectroscopy (Nova Science Publishers, 2011).   8.sadaļa   1. Feigin, L. A., Svergun, D. I. Structure Analysis by Small-Angle X-Ray and Neutron Scattering (Springer, 1987). 2. Guo, J. X-Rays in Nanoscience Spectroscopy, Spectromicroscopy, and Scattering Techniques (WILEY-VCH, 2010). 3. Kumar, C.S.S.R. X-ray and Neutron Techniques for Nanomaterials Characterization (Springer-Verlag, 2016). 4. Reimers, W., Pyzalla, A. R., Schreyer, A., Clemens, H. Neutrons and Synchrotron Radiation in Engineering Materials Science (WILEY-VCH, 2008). 5. Willmott, P. An Introduction to Synchrotron Radiation (John Wiley and Sons, 2011) | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
| 1.sadaļa   1. Blelocha, A., Lupini, A. Imaging at the picoscale, Materials Today 7 (2004) 42-48. DOI: 10.1016/S1369-7021(04)00570-X. 2. Vanacore, G.M., Fitzpatrick, A.W.P., Zewail, A.H. Four-dimensional electron microscopy: Ultrafast imaging, diffraction and spectroscopy in materials science and biology, Nano Today 11 (2016) 228-249. DOI: 10.1016/j.nantod.2016.04.009.   2.sadaļa   1. AFM bibliography (On request), http://nano.em.keysight.com/index.php/afm-bibliography 2. Free SPM image processing software, http://gwyddion.net/ 3. Journal of Microscopy, http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1365-2818 4. Microscopy and Analysis, http://www.microscopy-analysis.com/ 5. NT-MDT Spectrum Instruments, http://www.ntmdt-si.com/spm-principles/view/atomic-force-microscopy   3.sadaļa   1. NT-MDT Spectrum Instruments, http://www.ntmdt-si.com/spm-principles/view/constant-current-mode 2. Scanning tunneling microscopy, https://www.youtube.com/watch?v=BcgG3Cp8QQY 3. Scanning tunneling microscopy: Lecture 6, http://www.eng.utah.edu/~lzang/images/Lecture\_6\_STM.pdf   4. un 5.sadaļas   1. European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), http://www.esrf.eu/ 2. European XFEL facility, http://www.xfel.eu/ 3. Neutron News, A Taylor & Francis Journal, http://www.tandfonline.com/ 4. Synchrotron Radiation News, A Taylor & Francis Journal. http://www.tandfonline.com/   6.sadaļa   1. Finehout, E. J., Lee, K H., An Introduction to Mass Spectrometry Applications in Biological Research, Biochem. Mol. Biol. Edu. 32, 93-100 (2004). DOI: 10.1002/bmb.2004.494032020331. 2. Mass Spectometry, http://www.spectroscopyonline.com/mass-spectrometry-13 3. NIST: Physical Mesurement Laboratory, X-Ray Form Factor, Attenuation, and Scattering Tables, https://www.nist.gov/pml/x-ray-form-factor-attenuation-and-scattering-tables 4. West, M., Ellis, A.T., Kregsamer, P., Potts, P.J., Streli, Ch., Vanhoof, Ch., Wobrauschek, P. Atomic spectrometry update. X-ray fluorescence spectrometry, J. Analytical. Atomic Spectrometry 22 (2007) 1304-1332, DOI: 10.1039/b712079f.   7.sadaļa   1. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, https://www.journals.elsevier.com/journal-of-electron-spectroscopy-and-related-phenomena 2. NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database, https://srdata.nist.gov/xps/Default.aspx 3. Surface Science Spectra, http://avs.scitation.org/journal/sss   8. sadaļa   1. European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), http://www.esrf.eu/ 2. European XFEL facility, http://www.xfel.eu/ | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
| 1. Skenējošā un transmisijas elektronu mikroskopija.   Ievads mikroskopijā un izšķirtspējas ierobežojošajos faktoros. Elektronu mijiedarbība ar cietvielām. Elektronu mikroskopijas pamati. Mūsdienīgu skenējošo elektronu mikroskopu (SEM) un transmisijas elektronu mikroskopu (TEM) uzbūve. Elektronu veidoto attēlu reģistrēšanas sistēmas (SE, BSE, CL, BF DF, HAADF, u.c.) Papildus eksperimentālo metožu (EDX, EELS, SADP, CBED, CL) pielietojums. Fokusēta jonu kūļa (FIB) mikroskopija un paraugu sagatavošana.  Laboratorijas darbi: paraugu sagatavošana SEM un TEM izmeklējumiem, SEM attēlu iegūšana, EDX pielietošana SEM, TEM un augstas izšķirtspējas TEM izmeklējumi.   1. Skenējošo zonžu mikroskopija.   Atomspēku mikroskopijas darbības pamatprincipi. Dažādie darba režīmi: kontakta, bezkontakta, pastarpinātā kontakta. Atvasinātās metodes: skenējošā tuvā lauka optiskā mikroskopija, magnētisko spēku mikroskopija, spēka modulācijas mikroskopija. Atomspēku mikroskopijai piemēroti paraugi, eksperimentālie iestatījumi un priekšnosacījumi. Attēlu artefakti un to cēloņi. Skenējošai zonžu mikroskopijai pietuvinātās metodes kvantitatīvai materiālu mehānisko īpašību raksturošanai.  Laboratorijas darbi: virsmas morfoloģijas raksturošana izmantojot atomspēku mikroskopu.   1. Skenējošā tuneļstrāvas mikroskopija.   Ievads skenējošajā tuneļstrāvas mikroskopijā (STM). Viendimensionāla elektronu tunelēšana. STM uzbūve un pielietošana. Topogrāfijas attēlu iegūšana ar STM: konstantas strāvas un konstanta augstuma režīmi. STM attēlu interpretācija un artefakti. Tuneļstrāvas spektroskopija: no sprieguma atkarīga STM attēlu iegūšana, skenējošā tuneļstrāvas spektroskopija konstantas strāvas režīmā, lokāli strāvas-sprieguma mērījumi pie nemainīga paraugs-zonde attāluma. Pielietojumi: pusvadītāju, metālu un slāņainu materiālu vizualizācijai; organiskajiem materiāliem: Lengmīra-Blodžeta kārtiņām un DNS molekulu vizualizācijai.   1. Rentgenabsorbcijas spektroskopija.   Radiācijas mijiedarbība ar vielu: neelastīgā izkliede. Lokālā atomārā struktūra. Pāru (radiala) un n-atomu sadalījuma funkcijas. Sinhrotronā starojums. Rentgenstaru optika. Rentgenabsorbcijas spektroskopija: teorija, eksperimenti un pielietojumi.  Laboratorijas darbi: rentgenabsorbcijas spektru analīze un strukturālās informācijas iegūšana.   1. Rentgenstaru un neitronu difrakcija.   Radiācijas mijiedarbība ar vielu: elastīgā izkliede. Ievads kristalogrāfijā. Kristāliskā struktūra: kristālu simetrija, elementārā šūna, Bravē režģis, Millera indeksi, kristalogrāfiskās plaknes un virzieni. Polimorfisms. Brega difrakcija. Laues, rotējošā kristāla un Debaja-Šērera (pulvera) difrakcijas metodes. Rietvelda metode. Rentgenstaru un neitronu pilna izkliede. Paru sadalījuma funkcijas analīze.  Laboratorijas darbi: strukturālās informācijas iegūšana ar rentgenstaru difrakciju.   1. Masspektrometrija un rentgenfluorescences spektrometrija.   Masspektrometrijas pamatprincipi. Jonu avotu un masas analizatoru tehniskā realizācija. Kvadrupola, lidojuma-laika-izšķirtie, jonu lamatu, Furjē transformācijas ciklotronu rezonanses un elektromagnētiski atdalošie masas analizatori. Organisko un neorganisko vielu massspektrometrija. Tandema masspektrometri, kombinācijas ar hromatogrāfiju. Spektru analīze.  Rentgenstaru fluorescences fizikālie principi. Rentgenstaru absorbcija un emisija. Enerģiju-dispersā un viļņa-garumu dispersā rentgenstaru spektrometrija. Telpiskā izšķiršana. rentgenstaru mikrofokusēšana. Ķīmisko elementu analīze elektronu mikroskopijā. Kvantitatīvā analīze ar fundamentālo parametru metodi un ar standarta references paraugu metodi. Plānu kārtiņu analīze.  Laboratorijas darbi: Ķīmisko elementu sastāva noteikšana, lietojot rentgenstaru fluorescences analīzi.   1. Rentgenstaru un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopija.   Rentgenstaru fotoelektronu spektroskopijas (RFS) un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopijas (UFS) fizikālie aspekti – atoma ierosme un serdes elektronu izstarošana. RFS un UFS spektru analīze (atomārais sastāvs un valences stāvoklis). Valences zonas analīze, izmantojot RFS un UFS. Metožu tehniskā realizācija.   1. Ievads modernajās un aktuālajās materiālu izpētes tehnoloģijās.   Rentgenstaru mikroskopija. Fotoelektronu emisijas mikroskopija (PEEM). Rentgenogrāfija un neitronogrāfija. Tomogrāfija. Rentgenstaru un neitronu neelastīgā izkliede. Rentgenstaru rezonanses neelastīgā izkliede (RIXS).  Rentgenstaru un neitronu mazo leņķu izkliede. Brīvo elektronu lāzeri. | | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Optiskā un magnētiskā spektroskopija*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 28 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 20 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Uldis Rogulis  Dr.phys. Jurģis Grūbe |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju apgūt cietvielu materiālu pētījumos izmantotās optiskās un magnētiskās rezonanses spektroskopijas metodes, to principus, tehniskos aspektus un pielietojumu piemērus.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīt galvenās absorbcijas un luminiscences pētījumos izmantojamās iekārtas: monohromatorus, spektrometrus, starojuma avotus un detektorus; 2. iepazīt galvenās magnētiskās rezonanses spektroskopijas metodes – EPR, KMR; 3. sniegt praktiskas zināšanas un iemaņas optiskajā un magnētiskajā spektroskopijā, veicot 5 laboratorijas darbus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. raksturo cietvielu materiālu pētniecībā izmantojamās optiskās un magnētiskās rezonanses spektroskopijas metodes; 2. skaidro kondensētās vides fiziku; 3. raksturo materiālu fiziku;   Prasmes:   1. izvēlas nepieciešamās optiskās un magnētiskās spektroskopijas eksperimentālās iekārtas materiālu īpašību raksturošanai; 2. izmanto teorētiskos modeļus cietvielu optisko un magnētisko īpašību aprakstam;   Kompetence:   1. Izmanto vispārpieņemtos modeļus ar optiskās un magnētiskās spektroskopijas metodēm iegūto rezultātu interpretācijā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Absorbcijas spektroskopija. L2 2. Svārstību spektroskopija. L2 3. Ramana izkliede. L2 4. Luminiscence. L2 5. Polarizācija un procesi. L2 6. Optiskie spektrometri. L2 7. Laikā izšķirtā spektroskopija. L2 8. Kontroldarbs. P2 9. EPR – pincipi. L2 10. EPR – pielietojumi. L2 11. KMR – principi. L2 12. KMR – laikā izšķirtās metodes. L2 13. Magnetooptiskā spektroskopija. L2 14. Scintilatoru un radiācijas detektoru spektroskopija. L2 15. Punktveida defektu spektroskopija. L2 16. Kontroldarbs. P2 17. Laboratorijas darbs – Absorbcija. Ld4 18. Laboratorijas darbs – Luminiscence. Ld4 19. Laboratorijas darbs – Laikā izšķirtā luminiscence. Ld4 20. Laboratorijas darbs – IS Furjē absorbcija. Ld4 21. Laboratorijas darbs – EPR. Ld4 22. Diskusijas par laboratorijas darbiem. S6 23. Semināri. S6   L – lekcija, S – seminārs, P – praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs norisinās individuāli un/vai mazās darba grupās.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Sagatavoties laboratorijas darbu izpildei; 3. Noformēt laboratorijas darba protokolus; 4. Izmantojot kursa Moodle materiālus, sagatavoties kontroldarbiem; 5. Sagatavoties kursa eksāmenam. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 2 praktiskie darbi – kontroldarbi - 40% 2. 5 laboratorijas darbi - 30%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 30% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 1. 1. kontroldarbs | x | x | x | x | x | x | | 1. 2. kontroldarbs | x | x | x | x | x | x | | 1. Laboratorijas darbs | x | x | x | x | x | x | | 1. Eksāmens | x | x | x |  |  | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Chizhik, V. I. , Chernyshev, Yu. S., Donets, A. V., Frolov, V. V., Komolkin, A. V., Shelyapina, M. G. Magnetic Resonance and Its Applications. Springer, 2014. 2. Koechner, W. Solid-State laser engineering. Springer., 2006, 742 p. 3. Kuzmany, H. Solid State Spectroscopy, Springer, 2009. 4. Smith, F.G., King, T.A., Wilkins, D. Optics and Photonics: An Introduction. John Wiley and Sons. 2007, 499 p. 5. Weil, J. A., Bolton, J. R. Electron Paramagnetic resonance, John Wiley and Sons. 2007. 6. Драго Р. Физические методы в химии, M, "Мир", 1979. 7. Марфунин А.С, "Спектроскопия, люминесценция и радиационные центры в минералах", M, Недра, 1975. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Alukers, E.D., Gavrilovs, V.V., Deičs, R.G., Černovs, S.A. Ātrie radiācijas stimulētie procesi sārmu metālu halogenīdu kristālos”, Rīga, Zinātne, 1987 (krievu val.) 2. Eaton, G. R., Eaton, S. S., Barr, D. P., Weber, R. T. “Quantitative EPR”, Springer, 2010. 3. Luščiks, Č. B., Luščiks, A. Č. Elektronisko ierosinājumu sabrukšana ar defektu rašanos cietās vielās, Maskava, Nauka, 1989 (krievu val.) 4. Spaeth, J.M., Overhof, H. Point defects in Semiconductors and Insulators, Springer, 2003. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Bruker: High-performance scientific instruments and analytical and diagnostic solutions to explore life and materials at molecular level, http://www.bruker-biospin.com/brukerepr/whatiseprcontinuouswave.html 2. Zinātniskā periodika, konferenču u.c. materiāli. | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **1. lekcija. Absorbcijas spektroskopija**  Optiskā absorbcija, caurlaidība, optiskais blīvums, pēreju varbūtība, oscilatora spēks.  **2. lekcija. Svārstību spektroskopija** (2 stundas)  Infrasarkanā absorbcija. Furjē spektroskopija.  **3. lekcija. Ramana izkliede** (2 stundas)  Principi, realizācija.  **4. lekcija. Luminiscence** (2 stundas)  Fotoluminiscence, termoluminiscence, luminiscences ierosmes spektri. Kvantu efektivitāte, CIE indeksi.  **5. lekcija. Polarizācija un procesi** (2 stundas)  Lineārā polarizācija, cirkulārā polarizācija, augšuppārveidotā un lejuppārveidotā luminiscence, divfotonu un nelineārie procesi.  **6. lekcija. Optiskie spektrometri** (2 stundas)  Optiskās absorbcijas un luminiscences spektrometri. Starojuma avoti un detektori.  **7. lekcija. Laikā izšķirtā spektroskopija** (2 stundas)  Laikā isķirtās absorbcijas un luminiscences metodes. Luminiscences kinētika.  **8. Kontroldarbs** (2 stundas)  Kontroldarbs par tematiem 1-7.  **9. lekcija. EPR – pincipi** (2 stundas)  Elektronu paramagnētiskās rezonanses (EPR) principi.  **10. lekcija. EPR – pielietojumi** (2 stundas)  EPR spektrometri, spektru piemēri.  **11. lekcija. KMR – principi** (2 stundas)  Kodolu magnētiskās rezonanses (KMR) principi. KMR spektri, ķīmiskā nobīde, multiciplitāte.  **12. lekcija. KMR – laikā izšķirtās metodes** (2 stundas)  KMR impulsu metodes. Relaksācijas laiki, magnētiskās rezonanses tomogrāfija. Vairāku impulsu un vairu dimensiju metodes.  **13. lekcija. Magnetooptiskā spektroskopija** (2 stundas)  Magnētiskais cirkulārais dihroisms, Faradeja rotācija. Optiski detektējamās magnētiskās rezonanses.  **14. lekcija. Scintilatoru un radiācijas detektoru spektroskopija** (2 stundas)  Scintilatoru enerģētiskā izšķiršana un laikā izšķirtā spektroskopija, radiācijas detektoru spektroskopija.  **15. lekcija. Punktveida defektu spektroskopija** (2 stundas)  Krāsu centru un luminiscences centru raksturošanai parasti ir nepieciešams komplekss augstāk aprakstīto optisko un magnētiskās rezonanses metožu vairākuma pielietojums.  **16. Kontroldarbs** (2 stundas)  Kontroldarbs par tematiem 8-15.  **17. Laboratorijas darbs – Absorbcija** (4 stundas)  Eksperimentālie absorbcijas un luminiscences spektru mērījumi, datu apstrāde un interpretācija.  **18. Laboratorijas darbs – Luminiscence** (4 stundas)  Eksperimentālie luminiscences un luminiscences ierosmes spektru mērījumi, datu apstrāde un interpretācija. CIE raksturlielumu noteikšana.  **19. Laboratorijas darbs – Laikā izšķirtā luminiscence** (4 stundas)  Luminiscences kinētiku eksperimentālie mērījumi, kvantu efektivitātes noteikšana.  **20. Laboratorijas darbs – IS Furjē absorbcija** (4 stundas)  IS Furjē absorbcijas spektru mērījumi un spektru interpretācija.  **21. Laboratorijas darbs – EPR** (4 stundas)  EPR spektru eksperimentālie mērījumi un to interpretācija.  **22. Diskusijas par laboratorijas darbiem** (6 stundas)  Semināri – diskusijas par veiktajiem laboratorijas darbiem un iegūto pieredzi.  **23. Semināri** (4 stundas)  Semināri – diskusijs par kursa tematiem. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Elektronisko un fotonisko ierīču mikro un nanoizgatavošana*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 28 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 28 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 04.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Anatolijs Šarakovskis, Dr.sc.ing. Gatis Mozoļevskis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju gūt izpratni par nanostruktūru un mikroierīču izgatavošanas metodēm.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar tīrtelpu laboratorijām; 2. iegūt izpratni par ierīču mikro un nano izgatavošanas tehnoloģijām; 3. iemācīties izveidot vairākslāņu ierīču izgatavošanas procedūru; 4. iegūt praktisku pieredzi darbā ar mikroierīču veidošanas iekārtām.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo mikro un nano izgatavošanas metodes; 2. Raksturo pusvadītāju industriju;   Prasmes:   1. Pielieto dažādas mikroizgatavošanas tehnoloģijas mikroierīču izgatavošanā;   Kompetence:   1. Patstāvīgi veic nepaieciešamās darbības mikroierīču izgatavošanas procedūras sagatavošanai, īstenošanai un rezultātu novērtēšanai. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads mikro un nano izgatavošanā. Ievads tīrtelpu tehnoloģijā L4 2. Litogrāfija L4 3. Elektronu staru litogrāfija. Virsmas tīrīšana un sagatavošana L4 4. Dopēšana un difūzija. Termālā oksidācija L4 5. Jonu implantācija. Slapjā kodināšana L4 6. Sausā kodināšana. Epitaksija. L4 7. Plānās kārtiņas. ĶMP, savienošana, griešana un iekapsulēšana L4 8. Seminārs S4 9. Laboratorijas darbi Ld28 10. Seminārs S4   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studenti paralēli lekcijām sagatavo prezentāciju par kādu no mikroierīcēm pēc paša izvēles, to darbības principu un izgatavošanas procedūru. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījums:   1. Prezentācija – 20%   Pašu izvēlētas ikroierīces pagatavošanas apraksts.   1. Laboratorijas darbs – 30%   Ierīces pagatavošanas uzdevums. Pēc laboratorijas darba pabeigšanas atskaites prezentācija.  Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) – 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | | 1. Prezentācija | x |  |  | x | | 2. Laboratorijas darbs |  |  | x | x | | 3. Eksāmens | x | x |  |  | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Ghodssi, R., Linm, P. MEMS Materials and Processes Handbook, Springer, 2011. 2. Plummer, J., Deal, M., Griffin, P. Silicon VLSI Technology: Fundamentals, Practice, and Modeling. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **Ievads mikro un nano izgatavošanā. Ievads tīrtelpu tehnoloģijā L4**   Kursa pārskats, Ievads CMOS procesos, tranzistori un tehnoloģiskie līmeņi. Rūpnīcas.  Ievads tīrtelpās. ISO standarti. Piesārņojums, gaisa filtrēšana, tīrtelpu veidi un tīrtelpu etiķete.   1. **Litogrāfija L4**   Litogrāfijas principi. Pozitīvais un negatīvais fotorezists. Fotomaskas.  Tiešā ieraksta sistēma. Fokusēta jonu kūļa griešana. Maskas eksponētāji. Izšķirtspējas fizika. Soļa eksponētāji   1. **Elektronu staru litogrāfija. Virsmas tīrīšana un sagatavošana L4**   Izšķirtspējas limiti. Elektronu avoti. Elektronu kūļa fokusēšana un skanēšana. Elektronu-matērijas mijiedarbība un proksimitātes efekts. Procesa plūsma.  Ievads tīrīšanā. Piesārņojums un tā avoti. Slapjais tīrīšanas process. Sausaiss tīrīšanas process. Virsmas modifikācija. Virsmās tīrīšanas metroloģija   1. **Dopēšana un difūzija. Termālā oksidācija L4**   Silīcija dioksīds. Termiskās oksidācijas pamati. Oksidācijas krāsns. Deal-Groove modelis. Oksidācijas parametri. Oksīda raksturošanas metodes.  Dopēšanas pamatojums. Difūzijas process. Drive-in profili. Difūzijas atomārais mehānisms. Difūzijas iekārtas. Difūzijas raksturošana.   1. **Jonu implantācija. Slapjā kodināšana L4**   Difūzija un implantācija. Implantācijas iekārta. Diapazons un profils. Kanālu veidošana ar joniem. Sadursmes un apstāšanās. Maskēšana. Pielietojumi.  Kodināšanas anizotropija. Kodināšanas process un sistēma. Silīcija, silīcija dioksīda, silīcija nitrīda kodināšana. Slapjā kodināšanas procesa attīstība. Piemēri   1. **Sausā kodināšana. Epitaksija. L4**   Plazmas pamati un viedošana. Plazmas tīrīšana. Putināšana un ķīmiskā kodināšana. Sausās kodināšanas ķīmija. Kodināšanas iekārtas. Dziļā reaktīvā jonu kodināšana.  Modernie epitaksijas pielietojumi. Reakcijas ātruma balanss, līdzsvara stāvoklis. Homoepitaksija. Heteroepitaksija. Dopantu ievadīšana un defekti. Gāzes fāzes epitaksija, MOCVD, MBE.   1. **Plānās kārtiņas. ĶMP, savienošana, griešana un iekapsulēšana L4**   FTN vs ĶTN. Termālā iztvaicēšana. Putināšana. Pulsēta lāzera iztvaicēšana. Atomārā slāņa nogulsnēšana. Ķīmiskā tvaika nogulsnēšana ar plazmu.  Plāksnīšu savienošana, ķīmiski mehāniskā planarizācija, plāksnīšu testēšan, vadu lodēšana, griešana un iekapsulēšana. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Moderno materiālu sintēze, apstrāde un pielietojumi*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 12 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 20 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys., Linards Skuja |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi5108, Materiālu fizikas pamati |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju gūt ieskatu virknē fotonikā un elektronikā izmantojamo cietvielu materiālu sintēzē, analīzē un izmantošanā ierīču izveidē. Izvēlēti ir materiāli, kuru pētījumi ir prioritāri Latvijā, kuros ir starptautiska līmeņa rezultāti LU Cietvielu fizikas institūtā, un/vai kuri tiek lietoti ražošanā Latvijas augsto tehnoloģiju firmās. Studiju kursa apgūšana dod studentiem iespēju veidot savu zinātnisko karjeru, pieslēdzoties Latvijas zinātnisko grupu un to starptautisko un industriālo partneru aktuālajiem pētījumu virzieniem.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Izprast keramikas, stiklkeramikas un stiklveida materiālu struktūru un fizikāli ķīmiskās īpašības, to līdzības un atšķirības salīdzinājumā ar kristāliem; 2. Iepazīties ar šo materiālu sintēzes metodēm un galvenajiem pielietojumiem; 3. Iepazīties ar stiklveida materiālu pielietojumiem šķiedru optiskajos gaismas vados un optiskajos elementos darbam ultravioletā diapazonā, lielas jaudas lāzeru starojuma pārvadei un radiācijas vidē; 4. Iepazīties ar pjezoelektrisko materiālu pamatīpašībām, izgatavošanas metodēm un pielietojumiem; 5. Izprast slāņaino "divdimensiju" (2D) materiālu veidus un to struktūru, to elektroniskās, optiskās un mehāniskā īpašības un to atšķirības salīdzinājumā ar 3D materiāliem, iepazīties ar to sintēzes un fizikālās raksturošanas metodēm, ar to pielietojumiem ierīcēs; 6. Izprast organisko pusvadītāju elektronisko struktūru, lādiņu transportu tajos un to raksturīgās atšķirības no neorganiskajiem pusvadītājiem, iepazīties ar to pielietojumiem fotonikā un elektronikā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Nosauc keramisk, stiklkeramisku, stiklveida un amorfu materiālu pamatjēdzienus; 2. Apraksta fāzu pārejas, 1-, 2- un 3-komponentu sistēmas ar fāzu diagrammām; 3. Raksturo advansētos keramikas materiālus: superplastiskās, pašdziedējošās, caurspīdīgās, pjezoelektriskās un biokeramikas, to īpašības un sintēzes metodes; 4. Skaidro stiklu struktūras teoriju, stiklu tipus, stiklkeramikas un to pamata sintēzes metodes; 5. Raksturo stiklveida silīcija dioksīdu, tā pamatīpašības, izgatavošanas metodes un pielietojumi optikā, fotonikā un mikroelektronikā; 6. Raksturo šķiedru-optiskos gaismasvadus, to galvenos principus, materiālus un pielietojumus; 7. Orientējas slāņainajos 2D Van-der-Vaalsa materiālos, to atomārā un elektroniskā struktūra, to īpašības un pielietojumi; 8. Nosauc slāņaino Van-der-Vaalsa materiālu sintēzes un raksturošanas metodes, uz tiem balstītu elektronisku un fotonisku ierīču veidošanas metodes; 9. Raksturo organisko materiālu elektriskās īpašības un pielietojumi elektronikā, organiskie tranzistori, termoelektriskie ģeneratori un šķidrie kristāli; 10. Nosauc organisko materiālu pielietojumus fotonikā, organiskās gaismas diodes (OLED) un lāzerus, elektro-optiskie modulatorus, saules elementus;   Prasmes:   1. Analizē materiālu struktūras un fāzu un ķīmisko elementu sastāvu ar rentgendifrakcijas metodēm; 2. Pielieto luminiscences pētījumu metodes; 3. Novērtē diferenciālās termālās analīzes metodes principus un fāzu pārejas pielietojumus; 4. Formulē keramisko materiālu laboratorijas līmeņa sintēzes metodes; 5. Analizē materiālu sastāvu ar rentgenfluorescences metodi; 6. Pielieto segnetoelektrisko materiālu dielektrisko zudumu mērījumu metodes; 7. Pielieto optiskās, skenējošās elektronmikroskopijas un atomspēka mikroskopijas metodes; 8. Veido plānās kārtiņas ar spin-coating un termiskās putināšanas metodēm, darba tehnika kontrolētas atmosfēras apstākļos ("glove- box"); 9. Novērtē daudzmodu optisko šķiedru gaismas vadus un pielietojumus spektrālos mērījumosj 10. Veido organisko nanovadu veidošanas un pārzina to raksturošanas metodes;   Kompetence:   1. Atpazīst un izvērtē keramisko, stiklveida, 2D- un organisko materiālu sintēzes metodes; 2. Atpazīst un izvērtē pamatmetožu kopumu materiālu struktūras, morfoloģijas, sastāva un optisko īpašību noteikšanai; 3. Kritiski analizē un izvērtē neorganisko un organisko materiālu īpašības saistībā ar to praktiskiem pielietojumiem elektronikas un fotonikas ierīcēs. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Keramiskie materiāli: ievads. L2 2. Keramikas sintēzes un apstrādes metodes. L2 3. Modernie keramikas pielietojumi: Superplastiska, pašdziedējoša, caurspīdīga un biosavietojama keramikas. L2 4. Stiklu struktūra. L2 5. Stiklu un stikla keramiku sintēzes metodes. L2 6. Segnetoelektrisko materiālu veidi, raksturīgākās segnetoelektriķu īpašības un to praktisko pielietojumu piemēri. L2 7. Stiklveida SiO2 un ar to saistītie stikli. L2 8. SiO2 materiālu īpašības un pielietojumi. L2 9. Ievads šķiedru optisko gaismas vadu fizikā un pielietojumos. L2 10. Segnetoelektriskās keramikas izgatavošana un raksturošana (1.daļa -izgatavošana). Ld2 11. Šķiedru optisko gaismas vadu raksturošana un pielietojumi spektroskopijā. S2 12. Segnetoelektriskās keramikas izgatavošana un raksturošana (2.daļa -raksturošana). Ld2 13. Luminiscentas stikla keramikas iegūšana un raksturošana. Ld4 14. Kontroldarbs par tēmām 1-13. S2 15. Ievads slāņainos Van-der-Vālsa (VdW) materiālos. L2 16. Slāņainu VdW materiālu sintēze. L2 17. Slāņainu VdW materiālu raksturošana. L2 18. Slāņainu VdW materiālu pielietojumi elektronikā un fotonikā. L2 19. Ierīču izveide uz slāņainu VdW materiālu bāzes. L2 20. Slāņainu VdW materiālu eksfoliācija un raksturošana. Ld4 21. Ievads organisko materiālu elektroniskajās īpašībās. L2 22. Organisko materiālu pielietojumi fotonikā. L2 23. Organiskās gaismu emitējošās diodes izveide. Ld4 24. Nanodiegu izveidošana un raksturošana. Ld4 25. Kontroldarbs par tēmām 15-24. S2 26. Seminārs par laboratorijas darbiem un to ieskaite. S2 27. Seminārs par laboratorijas darbiem un to ieskaite. S2 28. Lekciju kursa seminārs. S2   L - lekcija, S - seminārs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un, laboratorijas darbu izstrādē - mazākās darba grupās.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt literatūru par kursā aplūkojamo materiālu un tiem radniecisku materiālu īpašībām. 2. Gatavoties semināru nodarbībām un kontroldarbiem; 3. Iepazīties ar laboratorijas darbos lietojamo instrumentu darbības principiem un praktiski lietojamo instrumentu modeļu parametriem un iespējām. 4. Sameklēt tīmekļa resursos piemērus studiju kursā aplūkojamo materiālu praktiskiem pielietojumiem, izanalizēt to priekšrocības un trūkumus. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 2 kontroldarbi par tēmām 1-13 un 15-24 – 30% 2. 5 laboratorijas darbi – 40%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutiski) – 30 %   Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja kārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Pārbaudījumu veidi** | **Studiju rezultāti** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | 1. 1.kontroldarbs | + | + | + | + | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  | + | + | + | | 2. 2.kontroldarbs |  |  |  |  |  |  | + | + | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + | + | | 3. 1.Lab.darbs | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  | + | + | + | + |  |  |  |  |  |  |  | + |  | | 4. 2.Lab.darbs |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  | + | + | + |  |  |  |  |  | + | + | | 5. 3.Lab.darbs |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  |  | + |  | | 6. 4.Lab.darbs |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + | + |  | + |  | + |  | | 7. 5.Lab.darbs |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  |  |  | + |  |  |  | + | + | | 8. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Avouris, P., Heinz, T. F. , Low, T. 2D Materials, Cambridge University Press, 2017 2. Brütting, Ed. W. Physics of Organic Semiconductors. J.Wiley & Sons, 2005 3. Dragoman, M., Dragoman, D. 2D Nanoelectronics: Physics and Devices of Atomically Thin Materials, Springer, 2016 4. Kashyap, R. Fiber Bragg gratings. 2nd edition, Academic Press, 2010. 5. Kursa materiāli Moodle vidē. 6. Lines, M.E., Glass, A.M. Principles and Application of Ferroelectrics and Related Materials, Clarendon Press, Oxford, 1977. 7. Rao, C. N. R., Waghmare, U. V. 2d Inorganic Materials Beyond Graphene, 8. Shelby, J. E.. “Introduction to Glass Science and Technology”, (2nd ed.). Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. 9. Silinsh, E.A., Kurik, M.V., Čapek, V. Electronic processes in organic molecular crystals. Localization and polarization, Zinatne, Riga 1988 10. Simon, J., André, J.J. Molecular Semiconductors. Photoelectrical Properties and Solar Cells, Springer Verlag, Weinheim, 1985 11. Tredgold, R. Order in Thin Organic Films, Cambridge University Press, Cambridge, 1994 12. World Scientific, 2017 13. Yin, Q., Zhu, B., Zeng, H. “Microstructure, Property and Processing of Functional Ceramics”. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. 14. Yin, S., Ruffin, P.B., Yu, F.T.S. eds., “Optical fiber sensors” , CRC Press, Taylor&Francis 2008. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Fokine, M. Photosensitivity, chemical composition gratings, and optical fiber based components, Ph.D. thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm 2002. 2. Kittel, Ch. Introduction to Solid State Physics, 8th edition, John Wiley and Sons, 2005. 3. Mendez, A., Morse, T.F. Speciality optical fibers handbook, Elsevier 2007. 4. Ter-Mikirtychev, V. Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Ampliﬁers, Springer Series in Optical Sciences vol.181, Springer, Heidelberg, N.Y., Dordrecht, London 2014. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Canning, J. Fibre gratings and devices for sensors and lasers. Laser & photonics reviews, v.2, No4, p.275-89(2008). 2. Choi, W., Choudhary, N., Han, G. H., Park, J., Akinwande, D., Lee, Y.H. Recent development of two-dimensional transition metal dichalcogenides and their applications, Materials Today, 20, 116-130, 2017 3. Duong, D. L., Yun, S. J., Lee, Y. H. Van der Waals Layered Materials: Opportunities and Challenges, ACS Nano, 11, 12, 11803–11830, 2017. 4. Girard, S., Kuhnhenn, J.; Gusarov, *et al.*, Radiation Effects on Silica-Based Optical Fibers: Recent Advances and Future Challenges. IEEE Trans. Nucl.Sci., v.60, No3 2015-2036(2013). 5. Gong, C., Zhang, Y., Chen, W., Chu, J., Lei, T., Pu, J., Dai, L., Wu, C., Cheng, Y., Zhai, T., Li, L., Xiong, J. Electronic and Optoelectronic Applications Based on 2D Novel Anisotropic Transition Metal Dichalcogenides, Advanced Science, 4, 1700231, 2017 6. Hill, K.O., Meltz, G. Fiber Bragg Grating Technology Fundamentals and Overview, J.Lightwave Technol. v.15, p.1263-1276 (1997). | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **1. Keramiskie materiāli: ievads (L2)**  Keramisko materiālu pirmsākumi un attīstība. Tradicionālā un funkcionālā keramika, keramisko materiālu daudzveidība. Mikrostruktūra, keramiskie graudi, graudu robežas. Fāžu līdzsvari keramiskās sistēmās..  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **2. Keramikas sintēzes un apstrādes metodes (L2)**  Izejvielu sagatavošana. Tradicionālās un modernās keramisko materiālu formēšanas metodes. Saķepināšana un graudu augšana.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **3. Modernie keramikas pielietojumi: Superplastiska, pašdziedējoša, caurspīdīga un biosavietojama keramikas (L2)**  Superplastiska keramika: superplasticitāte, graudu slīdēšana un pārkristalizācija. Superplastisko keramisko materiālu pielietojums. Biomateriāli: galvenās prasības, bioinerti, biosaderīgi, bioresorbējoši keramiskie materiāli. Pašdziedējoši keramiskie materiāli: darbības princips, pielietojumi. Caurspīdīgi keramiski materiāli: gaismas izkliede keramikā, sintēzes metodes, pielietojumi.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **4. Stiklu struktūra (L2)**  Monokristālu, polikristālu un stiklu salīdzinājums. Stiklu iedalījums. Stiklu veidošanās strukturālās teorijas. Stikla struktūru veidojošie elementi – stikla veidotāji un modifikatori. Stiklu kristalizācija, kristalizācijas dīgļu homogēna un heterogēna veidošanās, kristālu augšana.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **5. Stiklu un stikla keramiku sintēzes metodes (L2)**  Stiklu kausēšana: izejvielas, procesi termiskās apstrādes laikā, kausējuma homogenizācija, kausējuma formēšanas metodes. Sola-gēla metode: izejvielas, sintēzes process, pielietojumi. Stikla keramiku sintēzes metodes un pielietojumi.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **6. Luminiscentas stikla keramikas iegūšana un raksturošana (Ld4)**  Stikla sastāva aprēķins, stikla paraugu termisko īpašību raksturojums, izmantojot diferenciāli termisko analīzi, stikla kristalizācija, kristālisko fāžu analīze, izmantojot rentgenstaru difrakciju, stikla un stikla keramikas optisko īpašību salīdzinājums.  **7. Stiklveida SiO2 un ar to saistītie stikli (L2)**  Stiklveida SiO2, ar to saistītie materiāli, to īpašā loma nesakārtoto materiālu fizikā. Struktūra, saistība ar kristāliskajiem SiO2 polimorfiem, topoloģiskā nesakārtotība. Optiskās, mehāniskās un elektriskās īpašības. Superaugstas tīrības SiO2 stiklu iegūšanas industriālās metodes. Pārskats par svarīgākajiem SiO2 stiklu pielietojumiem: optiskie elementi, plānās kārtiņas, optiskās šķiedras, nanodaļiņas, nano- un mezoporainie materiāli. Piemaisījumu un punktdefektu loma pielietojumos. Praktiski svarīgākie piemaisījumi un punktdefekti. Difūzija stiklos, ūdeņraža loma.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **8. SiO2 materiālu īpašības un pielietojumi (L2)**  Stiklu ultravioleto (UV) caurlaidību noteicošie faktori. Pielietojumi UV litogrāfijā, lieljaudas lāzeroptikā. Daudzfotonu absorbcija, pašfokusēšanās. Femtosekunžu lāzeru efekti un to izmantošana ilgnoturīgam informācijas ierakstam. Stiklu radiācijas noturību noteicošie faktori. Kristāliskā un stiklveida SiO2 fundamentālās optiskās absorbcijas mala. Urbaha un Tauca likumi. Stikla nesakārtotības un fononu ietekme uz fundamentālās absorbcijas slieksni. Optiskās caurlaidības palielināšana ar fluora leģēšanu.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **9. Ievads šķiedru optisko gaismas vadu fizikā un pielietojumos. (L2,S2)**  Vēsturisks ieskats optisko gaismas vadu attīstībā. Gaismas izplatīšanās nosacījumi viļņvados. Skaitliskā apertūra. Viļņvadu modas. Vienmodu un daudzmodu gaismas vadi. Materiāla un viļņvada spektrālā dispersija. Gaismas vadi informācijas pārraidei, to svarīgākie parametri. Gaismas vadu ražošanas tehnoloģijas attīstība. Spektrālo zudumi cēloņi un to samazināšana. Fotoinducētie Brega režģi un to pielietojumi signāla filtrēšanā. Režģu fotoieraksta fizikālie mehānismi. Nanostruktūras gaismas vados. Fotonisko kristālu optiskās šķiedras. Optiskie nanovadi. Pielietojumi ārpus optisko komunikāciju jomas. Gaismas vadi materiālu apstrādei un medicīnai. Gaismas vadi kodolenerģētikas un kosmosa pielietojumiem. Optisko šķiedru sensori. Gaismas vadi analītiskai spektrālai aparatūrai. Optisko gaismas vadu ražošanas virzieni Latvijā. Seminārs laboratorijā: gaismas ievads vienmodu un daudzmodu gaismasvados. Modu interference ("spekļi"). Šķiedru sadalīšana un ieejas virsmu sagatavošana. Skaitliskās apertūras novērtēšana. ievads laboratorijā daudzmodu gaismas vadu spektrālo zudumu noteikšanai tuvajā infrasarkanajā, redzamajā un UV apgabalā. Optisko gaismas vadu ieejas-izejas virsmu sagatavošana. Skaitliskās apertūras novērtēšana. Zudumu spektru aprēķins un cēloņu analīze.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **10. Segnetoelektriskie materiāli: produkti un pielietojumi (L2)**  Atšķirības starp pjezoelektriķiem, piroelektriķiem un segnetoelektriķiem. Segnetoelektrisko materiālu dažādība. Segnetoelektriķu praktiski nozīmīgākās īpašības – dielektriskās, elektromehāniskās, termoelektriskās un elektrooptiskās. Segnetoelektrisko materiālu izmantošanas piemēri, svarīgākie parametri, kas nosaka konkrēto materiālu izmantošanu. Ultraskaņas sensori, aktuatori, mikroelektromehāniskās sistēmas, atmiņas elementi, infrasarkanie sensori, elektrooptiskās ierīces.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē un grāmatu M.E.Lines, A.M.Glass “Principles and Application of Ferroelectrics and Related Materials”, Clarendon Press, Oxford, 1977.  **11. Segnetoelektriskās keramikas izgatavošana un raksturošana (Ld2)**  Segnetoelektriskās keramikas izgatavošana: izejvielu daudzuma aprēķināšana, izejvielu nosvēršana, izejvielu sajaukšana, izejvielu ievietošana krāsnī, programmas uzstādīšana. Iegūtās keramikas paraugu sagatavošana (zāģēšana, slīpēšana, pulēšana, termiskā kodināšana) un raksturošana: kristalogrāfiskās struktūras ar rentgena difraktometriju, elementu sastāva ar rentgena fluorescenci, graudu struktūras ar SEM, dielektriskās caurlaidības temperatūras atkarību.  **12. Ievads slāņainos Van-der-Vālsa (VdW) materiālos. (L2)**  Slāņainu materiālu struktūra (vdW un kovalentās saites). Kristāliskā struktūra. Grafēna un pārejas metālu dihalkogenīdu ("TMD"s) elektroniskā zonu struktūra. Elektriskās, optiskās un mehāniskās īpašības. Kristālrežģa defekti un leģēšana.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **13. Slāņainu VdW materiālu sintēze. (L2)**  Monokristālu sintēze: ķīmisko tvaiku transports. Plānu kārtiņu un monoslāņu sintēze: CVD (chemical vapour deposition), PLD (pulsed laser deposition), MBE (molecular beam epitaxy), sintēze no metālu un oksīdu kārtiņām. Fiziska un ķīmiska eksfoliācija.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **14. Slāņainu VdW materiālu raksturošana. (L2)**  Ramana spektroskopija, rentgenstaru difrakcija, optiskā mikroskopija un spektroskopija, skenējošā un transmisijas elektronu mikroskopija, atomspēku un skenējošā tuneļmikroskopija, lādiņnesēju kustīguma mērīšana.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **15. Slāņainu VdW materiālu pielietojumi elektronikā un fotonikā. (L2)**  Elektrovadoši elektrodi, lauktranzistori, negatīvās pretestības diodes, fotodetektori, gāzu sensori, spiediena sensori, pjezosensori, saules šūnas, DNS skaitīšanas ierīces. Problēmas un perspektīvas.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **16. Ierīču izveide uz slāņainu VdW materiālu bāzes. (L2)**  Lauktranzistoru izveide no divdimensiju materiāliem. Sausā un slapjā eksfoliācija, CVD un PLD sintēze. Fotolitogrāfija un kontaktu veidošana. *Inkjet* printēšana. Ierīču raksturošana.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **17. Slāņainu VdW materiālu eksfoliācija un raksturošana. (Ld4)**  HOPG (highly-oriented pyrolytic graphite) un TMDs (transition metal dichalcogenide) sausā eksfoliācija. Slāņu biezuma noteikšana ar optisko un atomspēku mikroskopiju.  **18. Ievads organisko materiālu elektroniskajās īpašībās. (L2)**  Organisko pusvadītāju vēsture. Organiskās molekulas. Organisko vielu klasifikācija un to veidoto sistēmu struktūras. Organisko materiālu elektriskās un optiskās īpašības. Salīdzinājums ar neorganiskiem materiāliem. Enerģētiskie līmeņi un lādiņnesēju transports organiskos materiālos. Organiskie lauka efekta tranzistori. Saules šūnas. Termolektriskais efekts un termoelektriskais ģenerators. Šķidrie kristāli.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **19. Organisko materiālu pielietojumi fotonikā. (L2)**  Nelineāri optiskais efekts. Elektro-optiskais modulators. Stimulētā emisija organiskos materiālos. Organiskais cietvielu lāzers. Elektroluminiscence. Organiskās gaismu emitējošās diodes.  Patstāvīgais darbs: vielas padziļināta izpratne, izmantojot lekcijas konspektu Moodle vidē.  **20. Organiskās gaismu emitējošās diodes izveide. (Ld4)**  Organiskās gaismas emitējošās diodes (OLED) izveidošana un raksturošana. Tas sevī ietver visu nepieciešamo slāņu uznešana uz stikla pamatnes, kas pārklāts ar caurspīdīgu elektrodu. Laboratorijas darbā tiks pielietota gan slapjā uznešanas metode gan termiskā uznešana vakuumā. Tiks noteiktas izveidotās OLED diodes elektriskās un optiskās īpašības.  **21. Nanodiegu izveidošana un raksturošana. (Ld4)**  Polimēra nanodiegu veidošana, izmantojot elektro-vērpšanas metodi. Tiks pētīta nanodiegu izmēra atkarība no elektro-vērpšanas procesa parametriem un šķīduma koncentrācijas. Izveidoto paraugu morfoloģijas noteikšana ar skenējošo elektronstaru mikroskopu. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Ievads skaitļošanas metodēs materiālzinātnē*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 13 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 2 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 17 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Dmitrijs Bočarovs, Mg.chem. Aleksandrs Platoņenko, Mg.chem. Andrejs Česnokovs un Oļegs Lisovskis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt studentus ar mūsdienu datorprogrammu iespējām cieto vielu pētīšanai atomārajā līmenī. Kursa ietvaros tiek aplūkotas dažādu programmu iespējas un ierobežojumi, materiālu īpašību un procesu modelēšanā, tiek parādīta izvēlētas skaitļošanas shēmas un metodes ietekme uz modelēšanas rezultātiem. Lekcijās tiek stāstīts par izmantojamo metožu būtību un fizikālo jēgu, praktiskajos darbos studenti patstāvīgi modelē kristāliskās struktūras, virsmas un nanoobjektus, iegūstot informāciju par to īpašībām, kuras ir iespējams salīdzināt ar eksperimentāliem datiem. Papildus studenti apgūst palīgprogrammas rezultātu apstrādei un vizualizācijai.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīstināt studentus ar blīvuma funkcionāļa metodi un citiem kvantu ķīmijas metodēm; 2. iemācīt izmanot skaitļošanas (CRYSTAL, GAUSSIAN u.c.) un vizualizācijas (VESTA, VMD) datoru programmas; 3. iepazīstināt ar Linux operētājsistēmas izmantošanu; 4. iemācīt izstrādāt cietvielu aprēķinu modeļus, sastādīt ievaddatus skaitļošanas programmām un apstrādāt iegūtos rezultātus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izprot cietvielu kvantu ķīmijas metodes, to izmantošanu mūsdienu zinātnē, kā arī šo metožu ierobežojumus; 2. Definē dažādu skaitļošanas metožu būtību un metožu savstarpējo atšķirību; 3. Raksturo modeļu veidošanas pamatprincipus un prasības pret ievada datiem;   Prasmes:   1. Izmanto skaitļošanas (CRYSTAL) un vizualizācijas (VESTA, VMD) datoru programmas; 2. Izmanto kristalogrāfiskas datu bāzes un izmanto informāciju no datu bāzēm, lai sastādītu ievada failus; 3. Izmanto Linux operētājsistēmas vides pamata komandas; 4. Sastāda ievaddatus skaitļošanas programmām un apstrādā iegūtus rezultātus;   Kompetence:   1. Apzināti izvēlas noteiktu metodi noteikta uzdevuma risināšanai; 2. Analizē un interpretē aprēķinos iegūtos datus. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievadnodarbība. Datu apstrāde, vizualizācija un prezentēšana; darbs Linux vidē. L1 Ld1 2. Kristalogrāfijas datu bāzes, kristālisko struktūru attēlošana, izmantojot bezmaksas programmatūru (VESTA, VMD). L2 Ld2 3. Ab initio: Hartrī-Foka metode, AOLK, DFT. L2 4. CRYSTAL, VASP, GAUSSIAN lietotnes. Ld2 5. Bāzes funkciju kopas, apmaiņas-korelācijas potenciāļi, tilpumīpašības, DOS, zonu struktūra. Ld2 6. Ab initio: pseidopotenciāļi, plakanviļņi. L2 7. Tilpumīpašības, elastības konstantes, fononi (IS, Ramana spektrs). Ld2 8. Defekti, superšūnas, k-punkti. Ld2 9. Seminārs. S2 10. 0D, 1D nanoobjekti (nanocaurules, nanovadi, nanodaļiņas). L2 Ld2 11. 2D materiāli, virsmas, adsorbcija, interfeisi. L2 Ld2 12. Empīriskie potenciāļi, Molekulārā dinamika (Gulp, CP2K lietotnes). L2 Ld2   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa gaitā studenti patstāvīgi veic vairākus skaitļošanas laboratorijas darbus. Laboratorijas darbi tiek veikti daļēji nodarbību laikā, daļēji patstāvīgi. Uzdevumu komplekta un katra laboratorijas darba izpilde tiek vērtēta 10 punktu skalā, 0-10. Laboratorijas darbu sekmīga izpilde ir nosacījums pielaidei pie eksāmena. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Ir jābūt izstrādātiem un ieskaitītiem visiem paredzētajiem laboratorijas darbiem. Par katru darbu tiek izlikta atzīme, kas piedalās kopējās atzīmes veidošanā. Ieskaitot laboratorijas darbu, laboratorijas darba protokolā tiek vērtēti: problēmas formulējums, aprēķinu un to noformējuma kvalitāte, skaitliskā eksperimenta dokumentēšana, secinājumi. Semestra beigās notiek mutiskais eksāmens.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. 8 laboratorijas darbi - 80%  Noslēguma pārbaudījums:  2. Eksāmens (mutisks) - 20% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | | 1. ﻿Laboratorijas darbi﻿ | x | x | x | x | x | x | x | x |  | | 1. Eksāmens | x | x | x |  |  |  |  |  | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Dovesi, R., Saunders, V.R., Roetti, C., Orlando, R., Zicovich-Wilson, C.M., Pascale, F., Civalleri, B., Doll, K., Harrison, N.M., Bush, I.J., D’Arco, Ph. , Llunell, M., Causá M., Noël, Y. CRYSTAL17 User’s Manual, University of Torino, 2017. 2. Evarestov, R.A. Quantum chemistry of solids. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. 3. Gale, J.D. GULP manual, Nanochemistry Research Institute, Department of Chemistry, Curtin University, 2016. 4. Kantorovich, L. Quantum Theory of the Solid State: An Introduction, Springer, 2004. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. CP2K project homepage, https://www.cp2k.org/ 2. Бандура А.В., Эварестов Р.А. Неэмпирические расчеты кристаллов в атомном базисе с использованием интернет-сайтов и параллельных вычислений, СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2004. — 228 с. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Bilbao Crystallographic Server, http://www.cryst.ehu.es/ 2. Crystallography Open Database, http://www.crystallography.net/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Ievadnodarbība, kursa mērķi un uzdevumi. Iepazīšanas ar Linux vidi. Darbs ar datu apstrādes lietotnēm un datu vizualizācija. (L1 Ld1)  2. Darbs ar kristalogrāfiskām datu bāzēm. \*.cif un \*.xyz datnes formāti. (L2)  3. Kristālu struktūras vizualizācija, izmantojot VESTA un VMD programmatūru. (Ld2)  4. Ievads aprēķinos no pirmajiem principiem (Ab initio): Hartrī-Foka metode, atomu orbitāļu lineāras kombinācijas (AOLK), blīvuma funkcionāla teorija (DFT) (L2)  5. Ab initio aprēķinu lietotnes. Ievaddatu sagatavošana, molekulu īpašību aprēķinu, rezultātu analīze un apstrāde. (Ld2)  6. Bāzes funkciju kopas, apmaiņas-korelācijas potenciāļi. Skaitļošanas parametru izvēle un salīdzināšana. Tilpumīpašību aprēķini izvēlētam materiālam. Vienelektronu īpašības: stavokļu blīvums, zonu struktūra. (Ld2)  7. Ab initio metodes un tuvinājumi: pseidopotenciāļi, plakanviļņi (L2)  8. Tilpumīpašību aprēķini izvēlētam materiālam. Elastíbas konstantes, dielektriskais tenzors. Fononu aprēķini: infrasarkanie un Raman spektri (Ld2)  9. Defektu modelēšana izmantojot superšūnas modeli. F-centri, aizvietošanas defekti, starpmezglu defekti (Ld2)  10. Seminārs: laboratorijas darbu aizstāvēšana (S2)  11. 0D, 1D nanoobjekti. Nanocaurules un nanovadi. 0D un 1D simetrijas grupas. Nanoobjektu modelēšanas īpatnības. 3D—1D transformācija. (L2)  12. Nanoobjektu modelēšana (Ld2)  13. Virsmas, 2D objekti, interfeisi un saistītie procesi (L2)  14. Virsmu modelēšana. Adsorbcija. Interfeisi. (Ld2)  15. Molekulāra dinamika: metodes būtība, pielietošanas iespējas un ierobežojumi (L2)  16. Molekulāra dinamika: modelēšanas uzdevums (Ld2) | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Ievads cietvielu simetrijā*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 22 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 10 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Dmitrijs Bočarovs, Dr.rer.nat. Aleksandrs Sorokins, Mg.chem. Andrejs Česnokovs, Marija Isupova |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt studentus ar bāzes jēdzieniem kristalogrāfijā, ar sakarībām starp kristālu struktūru, to simetriju un tās fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, kā arī veidot priekšstatu par grupu teoriju un to izmantošanu cieto vielu īpašību aprakstam.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. izklāstīt studentiem ievadu grupu teorijā; 2. paradīt studentiem, kā aprakstīt kristālu simetriju, izmantojot grupu teorijas matemātisko formālismu; 3. iepazīties ar simetrijas īpašību saistību ar punktveida un telpiskām grupām; 4. iemācīt studentus izmantot kristalogrāfijas datu bāzes un attiecīgas programmas; 5. izprast iespējas, kā aprakstīt cieto vielu makroskopiskās īpašības, izmantojot grupu teorijas pieejas.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izprot bāzes jēdzienu kristalogrāfiju, kristālu iedalījumu singonijās, klasēs un 32 simetrijas veidos; 2. Pārzina simetrijas operācijas un simetrijas elementus; 3. Raksturo grupu teorijas pamatus un bāzes principus;     Prasmes:   1. izmanto kristalogrāfijas datu bāzes un starptautiskas kristalogrāfijas tabulas; 2. nosaka noteiktas cietas vielas telpisko grupu un- noteikt atsevišķo atomu Vaikofa (Wyckoff) pozīcijas;   Kompetences:   1. paredz cieto vielu makroskopiskās īpašības, izmantojot grupu teorijas pieejas; | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Kursa mērķi un uzdevumi. Simetrijas vienkāršas operācija. Molekulu simetrija. L2  2. Grupu teorijas matemātiskie pamati. L2  3. Simetrijas vienkāršas operācijas. Molekulu simetrija. Grupu teorijas matemātiskie pamati. P2  4. Grupu teorijas matemātiskie pamati. L1 P1  5. Grupu teorijas matemātiskie pamati. L1 P1  6. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. Molekulārās svārstības. L1 P1  7. Kontroldarbs. P2  8. Kristālu simetrija un kristalogrāfija. L2  9. Kristālu simetrija un kristalogrāfija. L2  10. Kristālu simetrija un kristalogrāfija. L1 P1  11. Kristālu simetrija un kristalogrāfija. L2  12. Simetrijas grupu klasifikācija cietvielām. L2  13. Kristalogrāfijas datu bāzes. Bieži sastopamo kristālu struktūra. L1 P1  14. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. L2  15. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. L2  16. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. L1 P1  L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa gaitā studenti patstāvīgi:   1. studē ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. izpilda mājas darbus; 3. raksta 1 kontroldarbu.   Mājas darbs un kontroldarbs tiek vērtēti 10 punktu skalā, 0-10. Abu darbu sekmīga izpilde ir nosacījums pielaidei pie eksāmena. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. 1 kontroldarbs semestra vidū - 25%  2. Mājas darbi - 25%  Noslēguma pārbaudījums:  3. Eksāmens (mutisks) - 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Mājas darbi | + | + | + | + | + | + | | 2. Kontroldarbs |  | + | + |  |  | + | | 3. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Evarestov, R. A., Smirnov, V. P. Site symmetry in crystals, Theory and Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997, 280 p. 2. Evarestov, R.A. Quantum chemistry of solids. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007, 557 p. 3. Jacobs, P. W. M. Group theory with applications in chemical physics. Cambridge University Press, 2005, 507 p. 4. Jaunbergs, A. Cietvielu teorijas pamati. Simetrijas teorija. LVU, 1982. Simetrijas grupas LVU, Rīga, 1983. 5. Sedmalis, U., Šperberga, I. Kristalogrāfija un kristālķīmija. Rīga, RTU Izdevniecība, 2006, 213 lpp. 6. West, A. R. Solid state chemistry and its applications. Wiley-Blackwell, 2014, 584 p. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Шаскольская, М.П. Кристаллография. М.: Высшая школа, 1984. 2. Эллиот, Дж., Добер, П. Симметрия в физике.Т.1. Мир, М., 1983. 3. Atkins, P., de Paula, J. Physical Chemistry, Oxford University Press, 2010. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Bilbao Crystallographic Server, http://www.cryst.ehu.es/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Ievads. Kursa mērķi un uzdevumi. Simetrijas vienkāršas operācijas: identitāte, simetrijas plaknes, inversijas cents, pagriešanas asis, inversijas asis. Molekulas punktu grupu noteikšana. 2. Grupu teorijas matemātiskie pamati. Grupas matemātiskas definīcijas. Grupu piemēri. Apakšgrupas. Grupu algebra.Reizināšanas tabulas. Matricu grupa. Grupa rotācijai divās dimensijās. 3. Grupu teorijas matemātiskie pamati. Permutāciju grupa. Grupas ģeneratori. Tiešais divu grupu produkts. 4. Grupu teorijas matemātiskie pamati. Matricu veids simetrijas pārveidojumiem. Matricas pēda. Grupu reprezentācijas. Grupu reducējamas un nereducējamas reprezentācijas. Konjugācija. Konjugācijas klases. 5. Grupu teorijas matemātiskie pamati. Lielā ortogonālitātes teorēma un nereducējamas reprezentācijas. Matricu pēdas tabulas. 6. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. Molekulārās svārstības. Infrasarkanie spektri. Ramana spektri. 7. Kristāla simetrija un tās fizikālās īpašības: Neimana princips. Kirī princips. 8. Kristālu simetrija. Kristalogrāfijas pamatlikumi. Režģis. Elementārā šūna. Kristālu iedalījums singonijās, kategorijās un klasēs. Millera indeksi. Brega formula. Kvazikristāli. 9. Kristālu simetrija. Kristalogrāfiskas punktveda grupas. Punktveida grupas un šo grupu izmantošana kristalogrāfijā. Grupu apzīmējumi kristalogrāfijā. Kristālu simetrijas 32 veidi. Papildu simetrijas darbības kristālos: skrūvju ass un slīdēšanas plakne. Translācijas grupa, Bravē režģis un tilpuma grupa. Kristalogrāfiskā šūna. Simetrijas telpiskā grupa. 10. Kristālu simetrija. Frakcionālās koordinātes. Vaikofa pozīcijas (Wyckoff positions). 11. Kristālu simetrija. Kristalogrāfijas datu bāzes un to izmantošana. Molekulu, kristālu, virsmu, nanocauruļu un nanovadu simetrija un struktūra. Kristālu struktūras vizualizācijas rīki. Bieži sastopamo kristālu (perovskits, fluorīts, sfalerīts, špinelis, vurcīts, rutīls u.c.) struktūra un struktūras meklēšana datu bāzēs. 12. Kristālu simetrija. Līmeņu sašķelšana kristāliskā laukā. Optiskie spektri. Jana-Tellera efekts. 13. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. Apgrieztais režģis, Brilluena zona. Viļņa vektora zvaigzne. Punktveida, translācijas un telpisko grupu reducējamas un nereducējamas reprezentācijas. 14. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. Enerģētisko zonu veidošanās, fononu dispersijas līknes. 15. Grupu teorijas izmantošana fizikālajos uzdevumos. Ideālie un neideālie kristāli. Defektu veidi. Grupu teorija un kvantu mehānika. Grupu teorijas izmantošana defektu aprēķinos. Grupu teorijas izmantošana kristālu makroskopisko īpašību aprēķinos. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Materiālu elektriskā raksturošana*** |
| ***Zinātnes nozare*** | *Fizika un astronomija* |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 4 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 4 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 24 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 04.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.Phys. Kaspars Pudžs, Dr.Phys. Ēriks Birks |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi1015, Vielas uzbūve un siltumprocesi  Fizi2019, Elektromagnētisms  Fizi3007, Fizikālo mērījumu metodes un tehnoloģijas  Fizi4010, Cietvielu fizikas pamati  Fizi5084, Neorganisko un organisko pusvadītāju fizika un pielietojumi |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju gūt priekšstatu par reālu segnetoelektrisku materiālu un pusvadītāju raksturīgākajām elektriskajām, elektromehāniskajām, termoelektriskajām īpašībām, kuras svarīgas šo materiālu pētījumos un praktiskā izmantošanā, kā arī apgūt to mērīšanas metodiku.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iegūt priekšstatu par raksturīgākajām segnetoelektrisko materiālu īpašībām, apgūt galvenās to pētīšanas metodes, eksperimentāli noteikt un aprakstīt šīs īpašības konkrētam segnetoelektriskajam materiālam; 2. Noskaidrot elektrokaloriskā efekta rašanās iemeslus un veikt eksperimentālu šī efekta pētījumu. 3. Iepazīties ar lādiņnesēja transporta mehānismiem pusvadītājos, veikt lādiņnesēju transportu raksturojošo parametru mērījumus konkrētās neorganisko pusvadītāju materiālu plānās kārtiņās. Novērtēt temperatūras ietekmi uz lādiņnesēju transporta procesiem; 4. Iepazīties ar lādiņnesēja kustīguma noteikšanas metodēm un to ierobežojumiem pusvadītāju plānās kārtiņās, kā arī eksperimentāli noteikt lādiņnesēju kustīgumu organisko materiālu un neorganisko pusvadītāju plānām kārtiņām; 5. Iepazīties ar termoelektriskajiem efektiem un to raksturojošiem lielumiem pusvadītājos, eksperimentāli noteikt Zēbeka koeficientu, elektrisko vadītspēju un siltumvadītspēju pusvadītāja plānajā kārtiņā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Nosauc segnetoelektrisko un pusvadītāju svarīgākās īpašības; 2. Izprot segnetoelektrisko materiālu un pusvadītāju kārtiņu elektrisko īpašību dabu;   Prasmes:   1. Veic praktiski nozīmīgus elektriskus mērījumu segnetoelektrikos un pusvadītāju kārtiņās; 2. Formulē prasības eksperimenta organizācijai, veicot šādus pētījumus; 3. Analizē un interpretē eksperimentālos rezultātus;   Kompetence:   1. Izprot prasības attiecībā uz īpašībām, kas nepieciešamas segnetoelektrisko materiālu un pusvadītāju kārtiņu praktiskai pielietošanai. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievadlekcija par kursā apgūstamajām segnetoelektrisko materiālu pētīšanas metodēm. L2 2. Dielektriskās caurlaidības un pjezoelektrisko koeficentu noteikšana segnetoelektriķos. Ld4 3. Ar elektrisko lauku inducētas deformācijas un polarizācijas histerēzes cilpu noteikšana segnetoelektriķos. Ld4 4. Elektrokaloriskā efekta noteikšana segnetoelektriķos ar tiešo metodi. Statiskā piroelektriskā efekta noteikšana. Ld4 5. Ievadlekcija par kursā apgūstamajām pusvadītāju materiālu pētīšanas metodēm. L2 6. Plānu pusvadītāja kārtiņu elektrisko īpašību noteikšana ar “van der Pauw” metodi. Ld3 7. Termoelektrisko īpašību noteikšana plānām pusvadītāju kārtiņām. Ld3 8. Organisko materiālu plāno kārtiņu lādiņnesēju kustīguma mērījumi ar “Lādiņnesēju caurplūdes laika” metodi. Ld3 9. Virsmas potenciāla un izejas darba noteikšana ar Kelvina zondes metodi. Ld3 10. Izstrādāto laboratorijas darbu aizstāvēšana. Laboratorijas darba prezentēšana. P4   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| 1. Studēt obligāto un rekomendēto studiju kursa literatūru; 2. Iepazīties ar laboratorijas darbu teorētisko bāzi un izpildes gaitu. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Kredītpunktu iegūšanai nepieciešams izpildīt visus kursā paredzētos laboratorijas darbus (kopā 7 darbi), atbilstoši aprakstītajām prasībām apstrādāt rezultātus un 2 nedēļu laikā pēc darba izstrādāšanas to aizstāvēt, apliecinot izpratni par apgūtajām metodēm un noteiktajām fizikālajām īpašībām. Katrs darbs tiek vērtēts ar vienu kopēju atzīmi, kura atspoguļo studenta iegūtās iemaņas darba izpildē, rezultātu apstrādē un tēmas izpratnē, atbildot uz pasniedzēja uzdotajiem jautājumiem. Atzīmēm par visiem darbiem jābūt ne zemākām par “4”. Seminārā, kas notiek pēc laboratorijas darbu pabeigšanas, katram studentam obligāti nepieciešams prezentēt vienu izstrādāto darbu pēc pasniedzēja izvēles. Gala atzīme ir noapaļots vidējais aritmētiskais no iegūto atzīmju summas par katru laboratorijas darbu un prezentāciju (3 atzīmes par darbiem ar segnetoelektriķiem, 4 atzīmes par darbiem ar pusvadītājiem, viena atzīme par prezentāciju).  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 7 laboratorijas darbu aizstāvēšana – 88%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 12% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. 1-7. laboratorijas darbu aizstāvēšana, iesniedz rakstiski | + | + | + | + | + |  | | 2. Mutisks eksāmens | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Lines, M.E., Glass, A.M. Principles and Application of Ferroelectrics and Related Materials, Clarendon Press, Oxford, 1977. 2. Silinsh, E.A. Organic Molecular Crystals, Their Electronic States, Springer Verlag, Heidelberg, 1980 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Kittel, Ch. ntroduction to Solid State Physics, 8th edition, John Wiley and Sons, 2005. 2. Nye, J.F. Physical properties of crystals, Clarendon Press, Oxford, 1985. 3. Rolovs, B. Termodinamika un statistiskā fizika, Zvaigzne, Rīga, 1967 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Segnetoelektrisko materiālu svarīgākās īpašības, to atkarība no temperatūras un elektriskā lauka. Fizikālo īpašību anomālijas fāzu pārejā. Priekšstats par segnetoelektriskajiem relaksoriem un to raksturīgās īpašības. Segnetoelektrisko materiālu elektrisko īpašību mērījumu metožu vispārējs raksturojums. Laboratorijas darbu plāna apskats. 2. Dielektriskās caurlaidības temperatūras atkarība segnetoelektriskā materiālā, noteikta ar impedances analizatoru frekvenču diapazonā no 100 Hz līdz 1 MHz. Dielektriskās dispersijas mehānismi. Tiešais un apgrieztais pjezoelektriskais efekts. Tiešā pjezoelektriskā efekta mērīšana ar d33 metodi. Pjezoelektriskā koeficenta d31 un elektromehāniskās saites koeficenta noteikšana ar rezonanses-antirezonanses metodi. 3. Vienlaicīga ar elektrisko lauku inducētas deformācijas un polarizācijas histerēzes cilpu noteikšana segnetoelektriskā materiālā, izmantojot Maikelsona interferometru un Soijera-Tauera shēmu. Domēnu ieguldījums kopējā polarizācijas izmaiņā. Iekšējais un ārējais pjezoelektriskais efekts. Sakars starp pjezoelektrisko efektu un elektrostrikciju. 4. Sakars starp piroelektrisko un elektrokalorisko efektu. Maksvela sakarības, elektrokaloriskā efekta tiešā un netiešā noteikšanas metode. Paliekošās polarizācijas temperatūras atkarība, tās atgriezeniskais un neatgriezeniskais ieguldījums. Elektrokaloriskā efekta noteikšana segnetoelektriskā materiālā ar tiešo metodi. Elektrokaloriskais efekts ar lauku inducētā 1.veida fāžu pārejā, latentais siltums. 5. Pusvadītāju elektriskās īpašības: elektriskā vadītspēja, lādiņnesēju kustīgums, lādiņnesēju transporta modeļi. Termoelektriskie efekti. Elektriskās vadītspējas noteikšanas metodes, lādiņnesēju kustīguma noteikšanas metodes, Kelvina zonde un dielektriķu virsmas potenciāls. 6. Elektrisko īpašību un to atkarības no temperatūras noteikšana ar “Van der Pauw” metodi pusvadītāju un deģenerētu pusvadītāju plānām kārtiņām. Novēro un apraksta atšķirības starp pusvadītājiem un deģenerētiem pusvadītājiem. 7. Elektriskās un termoelektriskās īpašības pusvadītāju un deģenerētu pusvadītāju plānās kārtiņās. Apgūst elektriskās vadītspējas noteikšanu ar 4 kontaktu metodi, termoelektrisko īpašību noteikšanu plānām kārtiņām, nosaka Zēbeka koeficientu. Novēro un apraksta atšķirības starp pusvadītājiem un deģenerētiem pusvadītājiem. 8. Iepazīšanās ar “Lādiņnesēju caurplūdes laika” mērījumu metodi, tās priekšrocībām un ierobežojumiem. Metodes izmantošana lādiņnesēju kustīguma noteikšanai organisko materiālu plānās kārtiņās, kurām raksturīgs zems lādiņnesēju kustīgums. 9. Polimēru matricu ar polārām organiskām molekulām elektriskās īpašības. Kelvina zondes metodes izmantošana elektrovadītāju izejas darba un dielektriķu virsmas potenciāla noteikšanai.   10. Laboratorijas darbu prezentēšana. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Skaitliskā hidrodinamika*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 20 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 12 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Leonīds Buligins; Dr.phys.Vadims Geža |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Kursa mērķis ir apgūt hidrodinamikas problēmu skaitliskās risināšanas metodes.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iepazīties ar skaitliskās hidrodinamikas pamatiem, vienādojumu diskretizācijas shēmām, un to īpašībām; 2. Apgūt pieejas turbulentu plūsmu risināšanai; 3. Apgūt daudzfāzu plūsmu aprēķinu metodes; 4. Iegūt praktiskas iemaņas skaitliskās hidrodinamikas metožu pielietojumos, izstrādājot laboratorijas darbus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro galīgo tilpumu metodes pamatus; 2. Skaidro konvektīvā locekļa diskretizācijas pamatus; 3. Raksturo shēmu stabilitātes analīzi; 4. Modelē turbulenci; 5. Izprot VOF algoritms uzdevumiem ar brīvo virsmu;   Prasmes:   1. Formulē skaitliskās hidrodinamikas problēmu matemātiski; 2. Praktiski izmanto skaitliskās modelēšanas programmu (ANSYS Fluent) hidrodinamikas procesu aprēķiniem; 3. Analizē aprēķinos iegūtos rezultātus;   Kompetence:   1. Kritiski analizē hidrodinamisko procesu modelēšanas pieejas; 2. Patstāvīgi formulē pielietoto modeļu pielietojamības robežas; 3. Pamato pielietoto modeļu izvēli. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Konvekcijas-difūzijas uzdevumi. L4 2. Shēmu stabilitātes analīze. L4 3. Risināšanas algoritmi ātruma-spiediena saistībai plūsmās. L4 4. SOLA-VOF algoritms uzdevumiem ar brīvo virsmu. L4 5. Turbulences modelēšana. L4 6. Laboratorijas darbs Nr.1. Lamināra plūsma kvadrātiskā kavernā. Ld4 7. Laboratorijas darbs Nr.2. Šķidruma brīvās virsmas aprēķins rotējošā traukā ar VOF metodi. Ld4 8. Laboratorijas darbs Nr.3. Vidējoto ātrumu un ātruma pulsāciju sadalījumu aprēķins ar turbulences modeļa palīdzību un salīdzinājums ar eksperimentu. Ld4   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa gaitā students patstāvīgi izstrādā laboratorijas darbus, veidojot matemātiskos modeļus piedāvātajās skaitliskās hidrodinamikas modelēšanas programmās, izmantojot sagatavotos darbu aprakstus. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 1. laboratorijas darbs - 25% 2. 2. laboratorijas darbs - 25% 3. 3. laboratorijas darbs - 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 25%   Ir jābūt izstrādātiem un ieskaitītiem visiem paredzētajiem laboratorijas darbiem. Par darbiem tiek izlikta atzīme, kā arī tiek izlikta kopēja atzīme par studenta darbu.  Ieskaitot laboratorijas darbu tiek laboratorijas darba protokolā vērtēti: aprēķinu un to noformējuma kvalitāte, kļūdu novērtējums, skaitliskā eksperimenta dokumentēšana, teorētiskais apskats, secinājumi. Sarunā ar studentu tiek novērtēta studenta fizikālā izpratne par darba tēmu. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījuma veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | 1. 1. laboratorijas darbs | x | x | x |  |  | x | x | x | x | x | x | | 1. 2. laboratorijas darbs |  |  |  | x |  | x | x | x | x | x | x | | 1. 3. laboratorijas darbs |  |  | x |  | x | x | x | x | x | x | x | | 1. Eksāmens | x | x | x | x | x |  |  |  | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Anderson, J. Computational Fluid dynamics, McGraw Hill, 1995 2. Roache, P. Computational Fluid Dynamics, Hermosa Publishers, 1976 3. Versteeg, H.K., Malalasekera, W. An introduction to Computational Fluid Dynamics, Longman Scientific & Technical, 1995. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. Fundamentals of Physics, 6th edition, John Wiley & Sons Inc., 2001 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Reviews of Modern Physics, American Physical Society, www.rmp.aps.org (pieejams no LU IP adresēm) | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **Konvekcijas-difūzijas uzdevumi L4**   Pārneses vienādojums. Viendimensiju problēma bez avotiem. Centrālo diferenču shēma. Orientēto diferenču shēma. Hibrīdā shēma (The hybrid differencing sheme). Pakāpes shēma (The power-law sheme). Otrās kārtas shēmas. QUICK shēma. Šķidruma un siltuma pārneses vienādojumi. Galīgo tilpumu metode. Robežnosacījumi un sākuma nosacījumi.   1. **Shēmu stabilitātes analīze L4**   Atšķirības starp nepārtrauktiem un diskrētiem vienādojumiem. Skaitliskās shēmas jēdziens. Shēmu stabilitāte un tās pētījumu metodes. Diskrēto perturbāciju metode. Hērta metode shēmu stabilitātes pētīšana. Skaitliskā viskozitāte shēmai ar orientētajām diferencēm.   1. **Risināšanas algoritmi ātruma-spiediena saistībai plūsmās L4**   Nobīdītā režģa koncepcija. Diferenču vienādojumi u ātruma komponentei. SIMPLE, SIMPLER, SIMPLEC un PISO algoritmi, to salīdzinājums.   1. **SOLA-VOF algoritms uzdevumiem ar brīvo virsmu L4**   Uzdevumi ar brīvo virsmu, to formulēšanas un risināšanas īpatnības. Skaitliskās metodes uzdevumu ar brīvo virsmu risināšanā. Šķidruma tilpuma šūnā (VOF) koncepcija. Donoru un akceptoru šūnas. VOF pārneses vienādojuma donoru un akceptoru šūnām.   1. **Turbulences modelēšana L4**   Fizikālie lielumi turbulentā plūsmā. Koherentās struktūras. Vidējošanas koncepcija. Fizikālo lielumu momentānās, vidējās un pulsāciju vērtības. Laikā vidējotie Navjē-Stoksa vienādojumi turbulentai plūsmai. Turbulences modeļu jēdziens, to klasifikācija. k- turbulences modeļis, tiešā turbulences modelēšana (DNS – Direct Numerical Simulation) un lielo virpuļu modelēšana (LES – Large Eddy Simulation).   1. **Laboratorijas darbs Nr.1.**   Lamināra plūsma kvadrātiskā kavernā. Ld4  Studenti apskata nesaspiežama šķidruma plūsmu kvadrātveida apgabalā 1 x 1 m. Kvadrāta sānu malas un apakšējā malas ir nekustīgas, augšējā mala kustas ar ātrumu 1 m/s. Darba gaitā salīdzina divas dažādas konvektīvās pārneses shēmas pie dažādiem režģiem un dažādiem Reinoldsa skaitļiem Re - pakāpes shēmu un otrās kārtas shēmu - QUICK shēmu. Darbā veic aprēķinus pie Reinoldsa skaitļiem 1, 100, 1000 un 10000. Katrā no šiem variantiem veic aprēķinus ar abām minētajām shēmām. No aprēķinu rezultātiem iegūt ātrumu sadalījumus u(0.5, y) un v(x, 0.5). Aprēķinus veic izmantojot trīs dažādu režģus – 10x10, 20x20 un 50x50. Salīdzina rezultātus un izdara secinājumus par katras shēmas īpašībām.   1. **Laboratorijas darbs Nr.2.**   Šķidruma brīvās virsmas aprēķins rotējošā traukā ar VOF metodi. Ld4  Studenti apskata nesaspiežama šķidruma plūsmu cilindriskā apgabalā 1 x 2 m. Tiek apskatīts aksiāli simetrisks divdimensiju uzdevums cilindriskajā koordinātu sistēmā ar zināmu stacionāro brīvās virsmas formu. Aprēķinus veic ar Fluent izmantojot VOF Free Surface modeli. Aprēķinus veic izmantojot kvadrātveida apgabalu 2x1 m. Iegūto stacionāro brīvās virsmas formu salīdzina ar analītisko formulu. Izvēlas dažādus sākuma nosacījumus un novērtē to ietekmi uz atrisinājuma gaitu.   1. **Laboratorijas darbs Nr.3.**   Vidējoto ātrumu un ātruma pulsāciju sadalījumu aprēķins ar k- turbulences modeļa palīdzību un salīdzinājums ar eksperimentu. Ld4  Studenti veic turbulentas plūsmas aprēķinu caurulē ar k-ε turbulences modeli, kas ir pielietojams pilnībā turbulentām plūsmām un balstās uz pārneses vienādojumiem turbulences kinētiskai enerģijai k un tās disipācijas ātrumam ε. Veicot turbulentās plūsmu aprēķinus, studentiizvēlas t.s. sienas funkciju pieeju (Wall Function Approach), kurā tuvākās sienai šūnas izmērus izvēlas tā, lai tās centrs atrastos noteiktā attālumā no sienas vai viskozā apakšslāņa pieeju (Near-Wall Model Approach), kurā hidrodinamikas vienādojumi tiek risināti līdz viskozajam apakšslānim, izmantojot smalku režģi sienas tuvumā. Iegūtie vidējoto ātrumu un turbulences kinētiskās enerģijas sadalījumi tiek salīdzināti ar izmērītajiem lielumiem. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | |  | | --- | | ***Materiālu mehānikas pamati*** | | |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija | |
| ***Kredītpunkti*** | 2 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 28 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 4 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. Phil. Normunds Jēkabsons | |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Kursa mērķis ir izzināt cietu, deformējamu ķermeņu uzvedību mehāniskā slogojumā, un par šai uzvedībai atbilstošajām materiālu klasēm.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. izprast tādus materiālu uzvedības modeļus kā lineāra elastība, viskoelastība, plastiskas deformācijas, plaisu mehānika, materiālu nogurums cikliskas slodzes ietekmē; 2. apgūt arī saliktu (kompozītu) materiālu mehānikas pamatus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. Skaidro mehāniska sprieguma un deformāciju jēdzienus, spēka līdzsvara vienādojumu diferenciālā formā, deformāciju savietojamības vienādojumus; 2. Skaidro Huka likumu izotropiem un anizotropiem materiāliem, elastības teorijas pamata diferenciālvienādojumus; 3. Skaidro plīšanas mehānikas pamata nostādnes; 4. Raksturo termoelastības un viskoelastības modeļu pamatus; 5. Raksturo elastības un materiāla plīšanas robežas; 6. Nosauc kompozītu materiālu mehānikas pamatprincipus;   Prasmes:   1. Formulē matemātsiku robežproblēmu spriegumu un deformāciju atrašanai lineāri-elastīgā ķermenī; 2. Modelē termoelastīga un viskoelastīga materiālu deformācijas; 3. Novērtē spriegumu pie kura materialā izplatās plaisas vai arī materiāls kļūst plastisks; 4. Pielieto plastisku deformāciju modeļus konkrētam materiālu tipam;   Kompetence:   1. Pielieto iegūtās zināšanas galīgo elementu paketēs. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Materiālu mehānikas pamatprincipi un vēsturiskais apskats. L1 2. Spriegumi nepārtrauktā vidē. Spriegumu tenzors . L1 3. Deformācijas, to mēri. L1 4. Tenzoru analīzes elementi. Simetriska tenzora īpašības.Spriegumu un deformāciju tenzoru invarianti. L1 5. Vispārinātais Huka likums izotropam un anizotropam ķermenim. L2 6. Elastības teorijas vienādojumu kopsavilkums. L2 7. Robežnosacījumi, unitāte, enerģijas minimuma princips. L1 8. Mehānisku deformāciju termodinamika, termoelastība. L1 9. Plakniskais uzdevums. Plakaniska uzdevuma risinājumu piemēri. L2 10. Stieņu un plākšņu lieces problēma. L2 11. Uzdevumu risinājumu analīzes seminārs. S2 12. Ievads viskoelastībā. L2 13. Plastiskuma un stiprības robežvirsmas. L2 14. Plastiskas plūsmas modeļi. L2 15. Plīšanas mehānika. Spriegumu un enerģijas kritēriji plaisu bīstamībai. L2 16. Materiālu nogurums. L2 17. Šķiedru kompozītu materiāli, pamata īpašības. L2 18. Šķiedru kompozītu materiāli elastības un plīšanas modeļi. L2 19. Uzdevumu risinājumu analīzes seminārs. S2   L- lekcija, S - seminārs | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studentiem kursa laikā tiek izsniegti vairāki uzdevumi divu patstāvīgo darbu izpildei. Katrs darbs tiek vērtēts 10 punktu skalā, 0-10. Abu darbu sekmīga izpilde (2x4 punkti jeb vairāk) ir priekšnoteikums pielaidei pie eksāmena. Darbus iespējams pildīt individuāli vai grupās līdz četriem studentiem grupā. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. divi patstāvīgie darbi (iespējams pildīt grupās) - 50%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 50%   Pielaide pie eksāmena tiek dota pēc sekmīgas patstāvīgo darbu izpildes. | | |
|  | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | | 1. Patstāvīgo darbu uzdevumu risinājumi | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | 1. Eksāmens (mutisks) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| |  | | --- | | 1. Fung, Y.C., Tong, P. Chien, T. Classical and Computational Solid Mechanics, Publisher: WSPC; 2 edition (May 26, 2017), ISBN-10: 9814713651 | | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Anderson, T.L. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications, Fourth Edition. CRC Press; 4 edition (February 23, 2017) 2. Helllan, K. Introduction on fracture mechanics. 3. Lavendels, E. Elastības teorija. 4. Lemaitre, J., Chaboche, J.C. Mechanics of Solid Materials, Cambridge University Press; 1 edition (September 28, 1990), ISBN-10: 0521328535 5. Suresh, S. Fatigue of Materials (Cambridge Solid State Science Series) Second Edition, Cambridge University Press; 2 edition (November 28, 1998); 6. Амензаде, Ю. Теория упругости. 7. Ландау, Л., Лифшиц, М. Теория упругости. 8. Работнов, Ю. Механика деформируемого твердого тела. | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
|  | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
| 1. Ievads. Materiālu mehānikas pamatprincipi un tās īss vēsturiskais apskats. Deformējami ķermeņi, nepārtrauktas vides hipotēze. Pielietojumi materiālu izpētē un izveidē. 2. Mehāniski spriegumi nepārtrauktā vidē. Sprieguma vektors. Spriegumu tenzors sākotnēja nedeformēta ķermeņa koordinātēs. Sprieguma vektora atrašana no sprieguma tenzora. 3. Deformācijas, to mēri. Pārvietojumi un koordinātes sākotnējā nedeformētā ķermenī un deformētā ķermenī. Lielas un mazas deformācijas. Deformāciju tenzors, Košī deformāciju tenzors. 4. Tenzoru analīzes elementi. Definīcija. Koordinātu transformācijas otrā ranga tenzoram. Simetriska tenzora īpašības un invarianti. Īpašfunkciju-īpašvērtību problēma galveno asu un vērību atrašainai. Dalījums lodes un deviatoriskajās daļās. 5. Vispārinātais Huka likums izotropam un anizotropam ķermenim. Tenzoru un matricu (inženieru) formulējums. Bīdes modulis, Junga modulis, Puasona koeficents, sakarības starp tiem lineāri-elastīgam ķermenim. Lamē koeficientu izteiksmes. Tilpuma modulis. 6. Elastības teorijas vienādojumu kopsavilkums mazam vielas elementam. Spēku līdzsvars diferenciālā formā, līdzsvara vienādojumi. Savietojamība, Beltrami vienādojumi. 7. Robežnosacījumi, unitāte, enerģijas minimuma princips. Lame diferenciālvienādojumi. Lineāras elastības matemātiskās fizikas robežproblēma mazām deformācijām. 8. Mehānisku deformāciju termodinamika, termoelastība. Termodinamiskie potenciāli, temodinamiskie spēki un koordinātes. Paliekošās termiskās deformācijas. 9. Plakniskais uzdevums. Risinājumi spriegumos un deformācijās. Plakaniska uzdevuma risinājumu piemēri. 10. Stieņu un plākšņu lieces problēmas. Eilera stieņa un Kirkoffa plāksnes lieces teorija. Atrisinājumi vienkāršākajos gadījumos. 11. Ievads viskoelastībā. Šļūde un relaksācija laikā. Kelvina un Maksvela idealizētie viskoelastības modeļi. Kombinētie modeļi. Jēdziens par Rheoloģiju. 12. Plastiskuma un stiprības robeža. Robežvirsmas 6D sprieguma telpā. Fon Mises un Treska kritēriji. 13. Plastiskas plūsmas modeļi. Nostiprināšanās metālisku materiālu gadījumā. Kinētiskie un dimaniskie nostiprināšanās modeļi. Prāgera modelis. Armstronga-Frederika modelis. Plastiskas deformācijas ciklisku slodžu gadījumā. 14. Plīšanas mehānika. Enerģētiskie kritēriji plaisu bīstamībai. Grifita modelis. Irvina modifikācija un sprieguma intensitātes faktors plaisas galā. 15. Materiālu nogurums. Mikrodefeki metāliskos materiālos. Sprieguma un deformāciju bāzēti apraksti. SN-līknes metāliskiem materiāliem. 16. Škiedru kompozītu materiāli, pamata īpašības izejmateriāliem un no tiem veidotajam kompozīta materiālam. Veibula stiprības sadalījums individuālai šķiedrai. Šķiedu kūļa stiprība. 17. Šķiedras efektīvā slodzes pārnese, garu in īsu šķiedru kompozītu materiāli. Efektīvais šķiedras garums kompozītā. Šķiedru kompozītu materiāli elastisko īpašību un plīšanas mikromehāniskie modeļi. | | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | |  | | --- | | ***Elektromagnētisma modeļi*** | | |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija | |
| ***Kredītpunkti*** | 2 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys., Andris Muižnieks  Dr.phys. Armands Krauze | |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt studentiem iespēju gūt priekšstatu par dažādiem elektromagnētiskiem procesiem un matemātiskiem modeļiem, ko izmanto šo procesu modelēšanai.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar dažādiem elektromagnētisko procesu veidiem, kas parādās, risinot dažādus inženiertehniskos uzdevumus; 2. iepazīties ar tuvinājumiem un vienādojumu sistēmām, kuras izmanto šo elektromagnētisko procesu matemātiskai modelēšanai; 3. saprast, kā definēt nepieciešamos robežnosacījumus apskatāmo elektromagnētisko uzdevumu risināšanai; 4. iemācīties izmantot 2D galīgo elementu programmu paketi "FEMM" elektromagnētisko aprēķinu veikšanai; 5. gūt pieredzi, veicot praktiskajās nodarbībās aprēķinus ar lekcijās apskatītajiem procesu modeļiem un analizējot iegūtos rezultātus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. Raksturo elektromagnētisko procesu raksturīgās īpatnības dažādās situācijās;   Prasmes:   1. Patstāvīgi formulē dažādu elektromagnētisko procesu matemātiskos modeļus; 2. Patstāvīgi veic elektromagnētisko procesu skaitliskos aprēķinus ar specializētu galīgo elementu programmu paketi;   Kompetence:   1. Kritiki analizē un izvērtē dažādus tuvinājumus, ko pielieto elektromagnētisko procesu matemātiskai modelēšanai. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Līdzstrāvas sadalījums vadītājā. L2 P2 2. Elektrostatiskie lauki, vadītāji. L2 P2 3. Elektrostatiskie lauki, dielektriķi. L2 P2 4. Magnetostatika, magnētiķi, L2 P2 5. Virpuļstrāvas. L2 P2 6. Skinefekts. L2 P2 7. Augstu frekvenču magnētiskais lauks. L2 P2 8. Elektromagnētiskie viļņi. L2 P2   L – lekcija, P – praktiskais darbs | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Iepazīties ar kursa lekciju konspektiem un studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Praktiskajos darbos skaitliski atrisināt lekciju konspektos aprakstītās problēmas ar  specializētu galīgo elementu programmu elektromagnētisko lauku aprēķinam un iegūtos rezultātus aprakstīt atskaišu formā (kopumā 8 atskaites). | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. 8 praktiskie darbi – 80%  Praktiskajos darbos studenti veic elektromagnētisko procesu skaitliskos aprēķinus ar specializētu galīgo elementu programmu paketi. Iegūtos rezultātus prezentē atskaišu formā.  Noslēguma pārbaudījums:  2. Eksāmens (mutisks) – 20%  Studentam ir jāatbild uz trim jautājumiem. Jautājumus izvēlas no kontroljautājumu sarakstiem, kas ir atrodami lekciju konspektos.  Noslēguma eksāmenu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja ir ieskaitītas visas laboratoriju darbu atskaites. | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | | 1. Praktiskie darbi | x | x | x | x | | 1. Eksāmens (mutisks) | x |  |  | x | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Jackson, J.D. Classical Electrodynamics. 3d edition. John Wiley & Sons, Inc. 2. Platacis, E. Elektrība, Rīga, 1974 3. Šilters, F., Sermons, G., Miķelsons, J. Elektrodinamika, Zvaigzne, 1985 | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Grabovskis, R. Fizika, Rīga, 1983. 2. Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. Fundamentals of Physics, 6th edition, John 3. Šilters, F. Rokasgrāmata fizikā, Rīga, 1988. 4. The Feynman lectures on physics, jebkurš izdevums Wiley & Sons Inc., 2001. | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
| 1. How Stuff Works: www.howstuffworks.com 2. Žurnāls „Ilustrētā zinātne” 3. Žurnāls „Reviews of Modern Physics, American Physical Society”,  https://journals.aps.org/rmp/   (pieejams no LU IP adresēm). | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
|  | | |

**1. temats. Līdzstrāva** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība datorklasē – 2 stundas).

Lekcijā aplūko matemātisko modeli līdzstrāvas sadalījumam elektrovadoša ķermeņa tilpumā. Apskata vienādojumu elektriskā lauka skalārajam potenciālam un tā robežnosacījumus. Analītiski tuvinātā veidā atrisina uzdevumu par elektriskās strāvas blīvuma vektora sadalījumu konusveidīgā vadītājā un aprēķina tā pretestību. Lekcijā aplūko arī atbilstošo skaitlisko atrisinājumu diviem dažādu leņķu konusiem un salīdzina skaitlisko atrisinājumu ar analītisko. Papildus tam, aplūko skaitlisku atrisinājumu vēl vienam aksiāli simetriskam sarežģītas formas vadītājam. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**2. temats. Elektrostatiskie lauki, vadītāji** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība – 2 stundas).

Lekcijā aplūko matemātisko modeli elektrostatiskam laukam vadītāju klātbūtnē. Apskata  vienādojumu elektriskā lauka skalārajam potenciālam šajā gadījumā un tā robežnosacījumus. Analītiski atrisina uzdevumu par elektriskā lauka sadalījumu, ko rada punktveida lādiņš bezgalīgas vadītāja plāksnes tuvumā, kā arī aplūko atbilstošo skaitlisko atrisinājumu galīga izmēra uzlādētai lodei relatīvi lielas diskveida vadošas plāksnes tuvumā. Skaitlisko atrisinājumu elektriskā lauka normālajai komponentei pie plāksnes virsmas salīdzina ar analītisko risinājumu. Aplūko arī skaitlisku atrisinājumu neliela rādiusa vadītāja diskam un parāda šī atrisinājuma būtisku atšķirību no analītiskā risinājuma bezgalīgai plāksnei. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**3. temats. Elektrostatiskie lauki, dielektriķi** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība – 2 stundas).

Lekcijā aplūko matemātisko modelis elektrostatiskajam laukam gadījumā, ja laukā atrodas dielektriski priekšmeti un dod vienādojumu elektriskā lauka skalārajam potenciālam un tā robežnosacījumus uz dielektriķu virsmām. Analītiski atrisina uzdevumu par dielektriķa lodi homogēnā elektriskajā laukā un analizē lodes materiāla relatīvās dielektriskās caurlaidības ietekmi uz elektrisko lauku lodē. Lekcijā aplūko arī atbilstošo skaitlisko risinājumu vairākām relatīvās dielektriskās caurlaidības vērtībām un salīdzina ar analītisko risinājumu. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**4. temats. Magnētostatika, magnētiķi** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība – 2 stundas).

Lekcijā aplūkoto matemātisko modeli magnetostatiskajam laukam gadījumā, ja laukā atrodas feromagnētiski priekšmeti. Apskata vienādojumu magnētiskā lauka indukcijai un vektorpotenciālam un to robežnosacījumus uz magnētiķu virsmām. Analītiski atrisina vairākus uzdevumus par magnētiskajām ķēdēm. Lekcijā aplūko arī atbilstošu magnētiskā lauka skaitliskos risinājumus noslēgtā magnētiskā ķēdē vairākām relatīvās magnētiskās caurlaidības vērtībām un nenoslēgtā magnētiskā ķēdē ar dažādiem spraugas platumiem. Šos skaitliskos risinājumus salīdzina ar analītiskajiem risinājumiem. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**5. temats. Virpuļstrāvas** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība – 2 stundas).

Lekcijā aplūko matemātisko modelis virpuļstrāvām elektrovadošos ķermeņos, kuras rada maiņstrāva induktorā. Kvazistacionārajā tuvinājumā izved vienādojumu magnētiskā lauka vektorpotenciālam un tā robežnosacījumus, pie kam izmanto harmonisko lielumu komplekso pierakstu. Analītiski atrisina uzdevums par gredzenveida induktora inducētām virpuļstrāvām paralēli novietotā plānā elektrovadošā plāksnē. Lekcijā aplūko arī atbilstošu magnētiskā lauka un inducēto strāvu skaitlisko risinājumu vairākām frekvencēm. Šos skaitliskos risinājumus salīdzina ar analītisko risinājumu. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**6. temats**. **Skinefekts** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība – 2 stundas).

Lekcijā aplūko virpuļstrāvu matemātisko modeli skinefekta gadījumā un izved tuvinātu skinslāņa biezuma formulu. Analītiski atrisina uzdevumu par magnētiskā lauka un strāvas blīvuma sadalījumu skinslānī bezgalīgā pustelpā. Lekcijā aplūko atbilstošus magnētiskā lauka un inducēto strāvu skaitliskos risinājumus vairākām frekvencēm sistēmai, ko veido gredzenveida induktors un tajā ievietots cilindrisks vadītājs. Parādīta skinefekta izpausmi pie augstākām frekvencēm; skaitliskais risinājums augstākās frekvences gadījumā tiek salīdzināts ar analītisko risinājumu. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**7. temats. Augstu frekvenču magnētiskais lauks** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība – 2 stundas).

Lekcijā aplūko magnētiskā lauka matemātisko modeli ļoti izteikta skinefekta gadījumā un dod tuvinātus robežnosacījumus magnētiskā lauka vektorpotenciālam. Analītiski atrisina uzdevumu par magnētiskā lauka un lineārā strāvas blīvuma sadalījumu sistēmā, kas sastāv no bezgalīgi gara strāvas vada un tam paralēlas elektrovadošas plāksnes. Lekcijā aplūko arī atbilstošus magnētiskā lauka un inducētā lineārā strāvas blīvuma skaitliskos risinājumus sistēmā, kas sastāv no gredzenveida induktora un tajā ievietota cilindriska vadītāja, un salīdzina šos risinājumus ar minēto analītisko risinājumu. Aplūko arī skaitlisku risinājumu sistēmai, kas sastāv no gredzenveida induktora virs vadoša diska ar papildus elektrovadošu gredzenu. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**8. temats. Elektromagnētiskie viļņi** (lekcija – 2 stundas, praktiskā nodarbība – 2 stundas).

Lekcijā aplūko pilnu elektromagnētiskā lauka matemātisko modeli, ievērojot nobīdes strāvas, un dod viļņu vienādojumu elektriskajam un magnētiskajam laukam un atbilstošos robežnosacījumus. Analītiski atrisina uzdevumu elektromagnētiskajam stāvvilnim vienā virzienā neierobežotā rezonatorā, stāvvilnim visos virzienos ierobežotā rezonatorā, skrejvilnim homogēnā pārraides līnijā, skrejvilnim taisnstūrveida viļņvadā. Lekcijā aplūko stāvviļņu skaitliskos risinājumus (pirmās četras modas) taisnstūra paralēlskaldņa formas rezonatorā, un veic rezonanses frekvenču salīdzinājumu ar analītisko risinājumu. Praktiskajā nodarbībā studenti atkārto lekcijas materiālā dotos skaitliskos aprēķinus, pārbauda rezultātu sakritību, kā arī patstāvīgi skaitliski risina vēl vienu norādītu uzdevumu.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Multifizikālo procesu modeļi*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 0 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 32 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 21.04.2021. |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Vadims Geža |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi5017, Skaitliskā hidrodinamika\*  Mate5035, Matemātiskās fizikas metodes II |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt ar matemātisko modeļu izveidi kompleksu fizikālo procesu aprakstam un attiecīgo matemātiskās fizikas problēmu atrisināšanas metodēm.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Apgūt skaitliskās modelēšanas rīkus izmantojot piedāvāts laboratorijas darbus; 2. Iepazīties ar matemātiskās fizikas problēmu risināšanas metodēm laboratorijas darbu ietvaros; 3. Analizēt laboratorijas darbos iegūtos rezultātus un izdarīt secinājumus par izmantoto matemātiskās fizikas metožu pielietojamību; 4. Izstrādāt un aizstāvēt 4 modelēšanas laboratorijas darbus pēc studenta izvēles.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:  1. Skaidro elektromagnētisko spēku ierosinātu plūsmu pamatus;  2. Raksturo siltuma starojuma modeļus;  3. Raksturo virsmas difūzijas procesus;  4. Skaidro induktīvās sildīšanas procesus;  5. Skaidro siltuma konvekcijas;  6. Raksturo brīvās virsmas dinamikas aprēķināšanas pieejas;  7. Raksturo daļiņu dinamikas aprēķinu pieejas;    Prasmes:  8. Formulē kompleksu fizikālo procesu matemātiskos modeļus;  9. Praktiski izmanto matemātiskās modelēšanas programmas (piem. ANSYS CFX, ANSYS Fluent) multifizikālo procesu aprēķiniem;  10. Analizē aprēķinos iegūtos rezultātus;    Kompetence:  11. Kritiski analizē un izvērtē multifizikālo procesu modelēšanas pieejas;  12. Kritiski analizē un izvērtē pielietoto modeļu pielietojamības robežas;  13. Pamato pielietoto modeļu izvēli. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Laboratorijas darbs Nr. 1 Ld8 2. Laboratorijas darbs Nr. 2 Ld8 3. Laboratorijas darbs Nr. 3 Ld8 4. Laboratorijas darbs Nr. 4 Ld8   Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa gaitā students patstāvīgi, veido matemātiskos modeļus dažādās matemātiskās modelēšanas programmās, izmantojot sagatavotos darbu aprakstus. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Laboratorijas darbi (4) – 90%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) - 10%.   No piedāvāto 8 darbu kopas jāizpilda un jāaizstāv 4 laboratorijas darbi kompleksu fizikālo procesu matemātiskajā modelēšanā.  Laboratorijas darbu izstrādei var izmantot gan kursā piedāvātos komerciālos vai speciāli izstrādātos programmlīdzekļus, gan arī pašu studentu izveidotas vai publiski pieejamas programmas. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | | 1. 4 laboratorijas darbi | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | 1. Eksāmens |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Asaro, R.J., Lubarda, V.A. Mechanics of solids and materials. - Cambridge University Press, 2006, 860 pp. 2. Chung, T.J. Computational fluid dynamics. - Cambridge University Press, 2002, 1012 pp. 3. Davidson, P.A. An introduction to magnetohydrodynamics. – Cambridge University Press, 2001, 430 pp. 4. Incropera, F.P., Dewitt, D.P. Fundamentals of heat and mass trensfer. – John Wiley&Sons, 2002, 982 pp. 5. Shyy, W., Thakur, S.S., Ouyang, H., Liu, J., Blosch, E. Computational techniques for complex transport phenomena. - Cambridge University Press, 2005, 322 pp. 6. Weiyan, T. Shallow Water Hydrodynamics. -1992, 434 pp. 7. Wilcox, D.C. Turbulence modeling for CFD. – DCW Industries, 1993, 456 pp. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Crowe, C., Sommerfeld, M., Tsuji, Y. Multiphase flows with droplets and particles. – CRC Press, London, 1998, 472 pp. 2. Fox, R.O. Computational models for turbulent reacting flows. - Cambridge University Press, 2003, 420 pp. 3. Kang, S-J. L. Sintering: Densification, Grain Growth and Microstructure. - Butterworth-Heinemann, 2005, 280 pp. 4. Kantha, L.H., Clayson, C.A. Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes. – 2000, 940 pp. 5. Lesieur, M., Metais, O., Comte, P. Large-Eddy simulations of turbulence. - Cambridge University Press, 2005, 218 pp. 6. Roache, P.J.. Computational fluid dynamics. – 1976, Albuquerque, Hermosa, 616 p. (angļu un krievu val.) | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |

Kursa saturu veido četri laboratorijas darbi, kurus studenti izstrādā, izvēloties kādu no astoņām piedāvātajām tēmām.

1. Laboratorijas darbs Nr.1

2. Laboratorijas darbs Nr.2

3. Laboratorijas darbs Nr.3

4. Laboratorijas darbs Nr.4

Piedāvātās tēmas:

**1.darbs. Elektromagnētiskā lauka, siltuma un vielas pārneses modelēšana aksiālsimetriskā sistēmā.**

Inducētās strāvas, Lorenca spēki un Džoula siltums. Elektromagnētiskā un termiskā konvekcija un konvektīvā siltuma apmaiņa elektrovadošā kausējumā. Materiāla kušana un kristalizācija, fāzu virsmu pārvietošanās. Specializētas programmas lietojumi problēmas risinājumam.

**2.darbs. Vāji elektrovadoša šķidruma plūsma cilindriskā spraugā.**

Inducēto un tieši pievadīto strāvu lauki, Džoula siltums un elektromagnētiskie spēki. Lauku mijiedarbības efekti. Plūsmu veidi, to intensitāte un siltuma apmaiņa dažādos apstākļos. Programmu ANSYS Emag un CFX izmantošana problēmas risinājumam.

**3.darbs. Virsmas difūzijas procesu modelēšana.**

Porozu materiālu sinterēšanās – materiālu kompaktēšanās un mehāniskās stiprības pieaugums. Virsmas enerģijas samazināšanās. Virsmas difūzija un tilpuma pašdifūzija. 3D modelis virsmu dinamikas un topoloģijas aprakstam. Specializētas programmas izmantošana problēmas risinājumam.

**4. darbs. Termoklimatisko apstākļu modelēšana telpās.**

Siltuma, gaisa un mitruma apmaiņa. Siltuma vadīšana, konvektīvā pārnese un siltuma starojums. Vidējotās gaisa plūsmas, temperatūru un mitruma sadalījumi dzīvojamā telpā. Programmas CFX izmantošana problēmas risinājumam.

**5. darbs. Siltuma apmaiņa stiklveida materiālā.**

Lamināra termiskā un elektromagnētiskā konvekcija. Džoula siltums. Plūsmas īpatnības, ievērojot viskozitātes, elektrovadītspējas un siltuma vadītspējas atkarību no temperatūras. Starojuma siltuma apmaiņa. Programmas CFX izmantošana problēmas risinājumam.

**6.darbs. Daļiņu pārnese turbulentā plūsmā.**

Divparametru turbulences un daļiņu izkliedes modeļi, turbulentā dispersija. Lielo virpuļu modelēšana (LES) un Lagranža metode daļiņu trajektoriju aprēķinam. Iedarbības spēki uz daļiņām. Daļiņu ar no šķidruma atšķirīgu blīvumu un elektrovadītspēju pārnese cilindriskā apgabalā. Programmas FLUENT izmantošana problēmas risinājumam.

**7.darbs. Tērauda detaļu induktīvās rūdīšanas modelēšana.**

Inducētās strāvas, Džoula siltums. Siltuma vadīšana, siltuma atdeve no virsmas. Materiālu īpašību temperatūras atkarība, nelineārās magnētiskās īpašības, magnētiskās caurlaidības izmaiņas Kirī punkta tuvumā. Elektromagnētiskā un termiskā aprēķina sajūgšanas algoritmi.

**8.darbs. Elektrovadoša kausējuma fāzu virsmu dinamika.**

Elektrovadoša šķidruma brīvās virsmas deformācija elektromagnētiskā laukā – meniska veidošanās. Kausējuma fāzu virsmas dinamika kušanas un sacietēšanas procesā. Plūsmas ietekme šajos procesos. Kausēšana aukstajā tīģelī un elektromagnētiskais kristalizators. Specializētas programmas lietojumi problēmas risinājumam.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Ievads MHD tehnoloģijās*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 12 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 12 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Imants Kaldre |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir radīt priekšstatu un attīstīt studentu izpratni par Magnetohidrodinamikas parādībām un to pielietojumiem.  Studiju kursa uzdevumi ir:  1. iegūt ieskatu par magnetohidrodinamikas parādībām dabā;  2. iepazīties ar tipiskākajiem dažādu magnetohidrodinamikas gadījumu matemātisko aprakstu;  3. iemācīties izveidot vienkāršus skaitliskos modeļus Comsol programmā;  4. apgūt zināšanas par šķidro metālu pielietojumiem dažādās tehnoloģijās;  5. iegūt pieredzi mērījumu veikšanā un apstrādē par kursa tematiku.  Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro magnetohidrodinamiku un tās galvenās izpausmes dabā un tehnikā; 2. Analizē šo parādību matemātiskais aprakstu; 3. Raksturo magnetohidrodinamikas attīstību Latvijā un pasaulē;   Prasmes:   1. Pielieto pamatprasmes skaitliskajā modelēšanā ar programmu Comsol; 2. Veic laboratorijas darbus par ātruma mērīšanu šķidros metālos un patstāvīgajiem magnētiem; 3. Veic tuvinātus aprēķinus dažādām fizikas problēmām;   Kompetence:   1. Patstāvīgi izveido vienkāršus skaitliskos modeļus ar Comsol; 2. Atlasa un padziļināti analizē literatūru kādas tēmas izpētei. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Magnetohidrodinamikas pamati. L12 2. Skaitliskās modelēšanas praktiskie darbi. P12 3. Laboratorijas darbi. Ld8   L – lekcija, P – praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studenti veic patstāvīgo darbu risinot uzdotos uzdevumus.  Katrs students kursa laikā izvēlas vienu no piedāvātajiem skaitliskās modelēšanas uzdevumiem un demonstrāciju praktiskajiem darbiem un veic to sīkāku izpēti. Darbs tiek noformēts kā atskaite un iesniegts.  Students kursa gaitā patstāvīgi veic sekojošus uzdevumus.   1. Uzdevumu risināšana; 2. Skaitliskās modelēšanas darbs; 3. Praktiskais darbs par MHD tematiku. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbuadījums:   1. Praktiskie darbi -25% 2. Laboratorijas darb - 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 50 % | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Praktiskie darbi |  |  |  | + |  | + | + | + | | 1. Laboratorijas darbi |  |  | + |  | + |  |  | + | | 1. Eksāmens | + | + | + |  |  |  |  | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Birzvalks, J. Magnetohidrodinamika, Zinātne, 1984 2. Davidson, P.A. An Introduction to Magnetohydrodynamics, Cambridge Texts in Applied Mathematics 2001 3. Jackson, J.D. Classical electrodynamics, Willey, 1962 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Molokov, S., Moreau, R., Moffat, H.K. Magnetohydrodynamics Historical Evolution and Trends, Springer, 2007 2. Roberts, P.H. An Introduction to Magnetohydrodynamics, Longmans, 1967 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Magnetohydrodynamics žurnāls, http://mhd.sal.lv/ 2. Magnetohydrodynamics, https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetohydrodynamics | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **Magnetohidrodinamikas pamati:**   Teorētiskie pamati, galvenie vienādojumi, raksturīgie bezdimensionālie lielumi, plazmas un šķidro metālu magnetohidrodinamika (MHD). Raksturīgāko MHD plūsmu apskats, plūsma kanālā ar vadošām un nevadošām sienām, Hartmana plūsma, plūsmas raksturs dažādu bezdimensionālo lielumu gaadījumā. MHD pielietojumi metalurģijas industrijā. MHD sūkņi un ģeneratori, maisītāji, materiālu elektromagnētiskā apstrāde. MHD izpausmes dabā. Saules plankumi, astrofizikas MHD, magnētiskās cilpas, zemes magnētiskā lauka ģenerēšanās.   1. **Skaitliskās modelēšanas praktiskie darbi:**  * Modeļa izveide strāvas un temperatūras sadalījuma aprēķinam nehomogēnā vidē stacionārā un nestacionārā gadījumā. * Plūsmas profila aprēķins MHD plūsmai kanālā ar vadošām un nevadošām sienām. Salīdzināšana ar analītiskajiem ātruma profiliem. * Patstāvīgo magnētu un to sistēmu skaitliskā modelēšana, Halbaha sakārtojums, salīdzināšana ar analītiskajām formulām un mērījumiem ar gausmetru. * Elektriskā un magnētiskā lauka aprēķini ap vadītāju, spēka aprēķini. Induktīvās sildīšanas skaitliskā modelēšana dažādas formas ķermeņiem. Skinslāņi dažādām frekvencēm, reālās un imaginārās strāvas sadalījums, siltuma jaudas blīvums, spēki kausējamajā paraugā. * Termoelektriskās strāvas skaitliskie aprēķini nepārtrauktā vidē, uz divu dažādu vidu robežvirsmas, porainā vidē vai uz kristalizācijas frontes * Rezultātu apstrāde ar datu apstrādes programmām (Origin, Matlab, SciDavis). Rezultātu salīdzināšana ar teorētiskajām sakarībām un eksperimentālajiem datiem.  1. **Laboratorijas darbi:**  * Potenciāla diferences ātruma mērīšana vadošas vides kustībai (GaInSn, cieta viela) Caurteces mērīšana ārpus caurules ar magnētu zondi (Lorentz force velocimetry). Datu savākšana un apstrāde (vidējošana, filtrēšana, aproksimācija). * Hartmana profila mērīšana vadošu un nevadošu sienu gadījumā ar ātruma zondi stacionārā gadījumā vidējojot laikā. Rezultātu salīdzināšana ar skaitlisko un analītisko atrisinājumu. * Spēka mērīšana starp patstāvīgajiem magnētiem, salīdzināšana ar skaitlisko aprēķinu rezultātiem un analītisko aprēķinu. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Teorētiskā hidrodinamika** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | *4* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 56 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 15.12.2015 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Andrejs Cēbers |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir apgūt šķidrumu kustības teorētisko aprakstu.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Apgūt saglabāšanās likumu formulējumus nepārtrauktas vides mehānikā; 2. Izzināt šķidrumu modeļus – ideāls šķidrums, viskozs šķidrums, šķidrums ar iekšējām rotācijā; 3. Apgūt hidrodinamikas problēmu risinājumus konkrētos gadījumos – ķermeņa kustība ideālā šķidrumā; Stoksa aptecēšana, Hele-Šou plūsma; 4. Pielietot analītisku funkciju hidrodinamikā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo nepārtrauktas vides modeļus un to veidošanas pamatprincipus; 2. Atpazīst robežproblēmas nepārtrauktu vidu mehānikā;   Prasmes:   1. Formulē nepārtrauktas vides kustības vienādojumus; 2. Novērtē nepārtrauktu vidu mehānikas robežproblēmu risināšanas metodes; 3. Veic nepārtrauktas vides kustības dimensionālo analīzi;   Kompetence:   1. Apraksta un izprot nepārtrauktas vides kustības likumsakarības praksē sastopamās situācijās. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Nepārtrauktas vides jēdziens. L4 2. Materiālās sakarības viskoza šķidruma hidrodinamikā. L3 P1 3. Reinoldsa skaitlis. L3 P1 4. Cirkulācijas saglabāšanās teorēma. L3 P1 5. Potenciālas plūsmas. L3 P1 6. Kustošu ķermeņu potenciālā aptecēšana. L3 P1 7. Ideāla šķidruma dinamika divdimensiju gadījumā. L3 P1 8. Robežslānis. L4 9. Rotējošu šķidrumu hidrodinamika. L4 10. Vienkāršo viļņu jēdziens. L3 P1 11. Triecienviļņi. L4 12. Nelineārie viļņi uz smaga šķidruma virsmas. L3 P1 13. Hele-Šou plūsmas. L4 14. Hidrodinamika ar spinu. L4 15. Jēdziens par hidrodinamisko stabilitāti. L4 16. Slapināšanas hidrodinamika. L4   L – lekcija, P – praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studentam semestra gaitā jāatrisina un jāiesniedz gala pārbaudījumam uzdevumu komplekts. Jāiepazīstas ar norādīto literatūru. Uzdevumu komplekts ietver sekojošas tēmas:   1. Nepārtrauktas vides kinemātika; 2. Ideālu šķidrumu hidrodinamika; 3. Viskozu šķidrumu hidrodinamika; 4. Viļņi nepārtrauktās vidēs. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. Starppārbaudījums Nr.1: nepārtrauktas vides mehānikas matemātiskais aparāts - 10%  2. Starppārbaudījums Nr.2: uzdevumu komplekta risinājumi - 30%  3. Starppārbaudījums Nr.3: uzdevumu komplekta risinājumi - 30%  Noslēguma pārbaudījums:  4. Eksāmens (mutisks) – 30%  Iepriekš formulēta teorētiska jautājuma izklāsts un diskusija par kursā apskatītiem jautājumiem. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Starppārbaudījums Nr.1. | X | X |  |  |  |  | | 2. Starppārbaudījums Nr.2 |  |  | X | X |  |  | | 3. Starppārbaudījums Nr.3 |  |  |  |  | X | X | | 4. Eksāmens | X | X | X | X | X | X | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Betčelors, Dz. Ievads šķidruma dinamikā (krievu val) - 1973 - Mir,Maskava. 2. Blūms, E., Majorovs, M.M., Cēbers, A. Magnētiskie šķidrumi. – Rīga,Zinātne,1989 (kr.val.) 3. Landau, L.D., Lifšits, E.M. Hidrodinamika (krievu val.) - 1986 - Nauka, Maskava. 4. Sedovs, L.I. Nepārtrauktas vides mehānika.( krievu val.) - 1976 - Nauka, Maskava. 5. Šlihtings, G. Robežslāņa teorija. (krievu val.) - 1974 - Nauka,Maskava. 6. Uizems, Dz. Lineārie un nelineārie viļņi (krievu val.) - 1977 - Mir,Maskava. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Saffman, P.G., Taylor, G. The penetration of a fluid into a porous medium or Hele-Shaw cell containing a more viscous liquid//Proc.Royal Society - 1958 -v.A245 - P.312-329. 2. Sedovs, L.I. Līdzības un dimensiju metodes mehānikā.- Maskava, Nauka 1977 (kr.val.) | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Journal of Fluid Mechanics 2. Physical Review E. 3. Physical Review Letters. 4. Physics of Fluids. | |
| ***Kursa saturs*** |  |
|  | |

**1.temats**

**Nepārtrauktas vides jēdziens.**

(2 lekcijas- 4 stundas)

1. Nepārtrauktas vides jēdziens.
2. Lagranža koordinātes.
3. Eilera koordinātes.
4. Materiāla elementa tilpuma variācija.
5. Nepārtrauktības vienādojums. Nepārtrauktas vides
6. sprieguma tenzors.
7. Spriegumi uz patvaļīgi orientētu virsmas elementu.
8. III Ņutona likums nepārtrauktas vides mehānikā.
9. Nepārtrauktas vides kustības vienādojums.
10. Ideāla šķidruma modelis. Viskoza šķidruma modelis.
11. Kustības daudzuma momenta nezūdamības likums nepārtrauktas vides mehānikā.

2.temats

**Materiālās sakarības viskoza šķidruma hidrodinamikā.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Materiālās sakarības viskoza šķidruma hidrodinamikā.
2. Navjē - Stoksa vienādojums. Bīdes un tilpuma viskozitātes.
3. Kinētiskās enerģijas teorēma.
4. Nepārtrauktas vides enerģijas vienādojums.
5. Iekšējās enerģijas vienādojums.
6. Furjē likums.
7. Lokālā līdzsvara hipotēze.
8. Temperatūras vienādojums.
9. Nepārtrauktas vides kustības vienādojumi līklīniju koordinātu sistēmās
10. (cilindriskā un sfēriskā koordinātu sistēmas).

3.temats

**Reinoldsa skaitlis.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Reinoldsa skaitlis.
2. Stoksa tuvinājums.
3. Kustošas lodes aptecēšana
4. Stoksa tuvinājumā.
5. Stoksa formula.

4.temats

**Cirkulācijas saglabāšanās teorēma.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Lagranža parvietojums.
2. Virsmas elementa deformācija kustīgā vidē
3. Virpuļa caurule
4. Virpuļa caurules intensitāte
5. Virpuļa caurules intensitātes saglabāšanās likums barotropā šķidrumā
6. Cirkulācijas saglabāšanās teorēma
7. Hidrodinamiskā virpuļa vienādojums.

5.temats

**Potenciālas plūsmas.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Potenciālas plūsmas.
2. Virpuļveidīgas kustības apgabala dinamika ideālā šķidrumā (Hilla virpulis).

6.temats

**Kustošu ķermeņu potenciālā aptecēšana.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Kustošu ķermeņu potenciālā aptecēšana.
2. Dalambēra paradokss.
3. Piesaistītās masas efekts.
4. Cēlējspēks un Žukovska formula.

7.temats

**Ideāla šķidruma dinamika divdimensiju gadījumā**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Ideāla šķidruma dinamika divdimensiju gadījumā.
2. Kompleksais potenciāls.
3. Kompleksais ātrums.
4. Konformo attēlojumu metode ideālu šķidrumu hidrodinamikā.
5. Čapligina-Žukovska nosacījums un cēlējspēks.

8.temats

**Robežslānis.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Robežslānis.
2. Šķidruma kustības vienādojumi robežslāņa tuvinājumā.
3. Robežslānis uz plāksnes stacionārā gadījumā.
4. Robežslāņa vienādojumu automodulārie atrisinājumi.

9.temats

**Rotējošu šķidrumu hidrodinamika.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Rotējošu šķidrumu hidrodinamika.
2. Plūsmas ar vērpi.
3. Virpuļa uzsprāgšanas parādība.Rosbi skaitlis.
4. Teilora-Proudmana teorema.
5. Teilora stabs. Inerciālie viļņi plūsmās ar vērpi. Kelvina formula.
6. Ģeostrofiskais tuvinājums un kustība rotējošā traukā ar nošķeltu dibenu.
7. Rosbī viļņi.
8. Planetārie viļņi. Beta plakne un planetāro viļņu dispersijas sakarība.
9. Atmosfēra sekla ūdens tuvinājumā, cirkulācijas teorēma hidrodinamiskam virpulim rotējošā šķidrumā.
10. Ciklons un anticiklons.

10.temats

**Vienkāršo viļņu jēdziens.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Vienkāršo viļņu jēdziens.
2. Vienkāršie viļņi gāzu dinamikā viendimensionālā gadījumā.
3. Politropa gāze.
4. Triecienviļņa veidošanās caurulē (uzdevums par virzuli).
5. Nelineārie viļņi "seklā" ūdens tuvinājumā; hidrauliskie lēcieni.

11.temats

**Triecienviļņi.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Triecienviļņi.
2. Nosacījumi uz lēciena.
3. Hjugonio adiabata.Uzdevums par virzuli un triecienvilnis caurulē. Uzdevums par stipro sprādzienu.

12.temats

**Nelineārie viļņi uz smaga šķidruma virsmas**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Nelineārie viļņi uz smaga šķidruma virsmas.
2. Kortevega - de Vrīza vienādojums.
3. Solitons.

13.temats

**Hele-Šou plūsmas**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Hele-Šou plūsmas.
2. Safmena - Teilora nestabilitāte.
3. Konformo attēlojumu metode un Safmena - Teilora atrisinājums brīvās virsmas dinamikai Hele-Šou slānītī.
4. Šķidrumu kustība porainās vidēs.

14.temats

**Hidrodinamika ar spinu**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Iekšējo rotāciju izsauktā makroskopiskā kustība.
2. Negatīvās viskozitātes efekts.

15.temats

**Jēdziens par hidrodinamisko stabilitāti.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Jēdziens par hidrodinamisko stabilitāti.
2. Releja vienādojums.
3. Teorēma par pārliekuma punktu. Kelvina nestabilitāte.

16.temats

**Slapināšanas hidrodinamika.**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Slapināšanas leņķis.
2. Nosacījumi uz kustīgas trijfāzu robežas.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Multifizikālu procesu modelēšana ar atvērtā koda programmatūru*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 8 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Mg.phys. Valters Dzelme  Bc.phys. Juris Venčels |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Kursa mērķis ir nodrošināt studentiem iespēju iepazīties ar sarežģītu multifizikālu problēmu skaitliskās modelēšanas iespējām, izmantojot bezmaksas atvērtā koda rīkus kā alternatīvu dārgām komerciālām programmām. Kā piemērs multifizikālai problēmai ir šķidra metāla elektromagnētiskā levitācija, kurā ir cieši abpusēji saistīts elektromagnētiskais lauks ar šķidrā metāla plūsmu un virsmas formas izmaiņām.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. praktiski apgūt darbu ar dažādām atvērtā koda programmām:  * Salome (ģeometrijas un režģa ģenerācija); * OpenFOAM (hidrodinamikas un siltumfizikas aprēķini); * Elmer (elektromagnētisms u.c.); * EOF-Library (efektīva datu apmaiņa starp OpenFOAM un Elmer); * ParaView (aprēķinu rezultātu vizualizēšana);  1. veikt nelielas izmaiņas OpenFOAM izejas kodā, pielāgojot to multifizikālu problēmu risināšanai; 2. modelēt dažādas multifizikālas problēmas, izmantojot minētās programmas.   Kurss tiek īstenotas latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izprot dažādu multifizikālu parādību skaitliskās modelēšanas iespējas (metodes, programmas);   Prasmes:   1. Vizualizē ģeometrijas un režģu izveidi Salome vidē; 2. Modelē dažādus procesus ar OpenFOAM, Elmer un EOF-Library; 3. Vizualizē aprēķinu rezultātus ParaView vidē; 4. Modificē izejas kodu un kompilē programmu; 5. Lieto Linux komandrindas;   Kompetence:   1. Modelē sarežģītas multifizikālas problēmas, izmantojot atvērtā koda programmatūru. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads multifizikālu procesu skaitliskajā modelēšanā. L2 2. Komerciālu un bezmaksas atvērtā koda modelēšanas rīku apskats. L2 3. Ģeometrijas un režģa ģenerācijas rīks Salome. L1 P2 4. Hidrodinamikas modelēšana ar OpenFOAM. Izejas koda modificēšana. L1 P2 5. Elektromagnētiskā lauka modelēšana ar Elmer. L1 P2 6. Atvērtā koda programmatūras savstarpēja sajūgšana (EOF-Library) multifizikālu procesu modelēšanai. L1 P2   Individuālie projekti:   1. Elektromagnētiskās levitācijas modelēšana. Ld5 2. Individuālais projekts pēc izvēles Ld5:   2.1.Induktīvās sildīšanas modelēšana.  2.2. Elektromagnētiskās maisīšanas modelēšana.   1. Studenta izvēlētas multifizikālas problēmas modelēšana. Ld6   L - lekcija, S - seminārs, Ld - laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli, pieļaujot konsultācijas savā starpā un ar pasniedzēju.  Patstāvīgais darbs:   1. Studēt kursā ieteikto literatūru. 2. Izstrādāt individuālos modelēšanas darbus. 3. Sagatavot modelēšanas darbu atskaites. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Papildus skaitliskās modelēšanas un multifizikālo procesu teorētisko aspektu apguvei studenti praktiskajos darbos veic ģeometrijas un režģa ģenerēšanas un vienkāršu fizikālu problēmu modelēšanu. Kursa gaitā jāveic divu pasniedzēja dotu un vienas brīvi izvēlētas multifizikālas problēmas modelēšana - individuālie projekti, kas tiek dokumentēti rakstiskās atskaitēs un iesniegti pasniedzējam.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. praktisko darbu uzdevumu risinājumi - 10% 2. divi individuālie projekti - 50%   Noslēguma pārbaudījums:  3. Eksāmens (mutisks) – 40%  Brīvi izvēlētas multifizikālas problēmas risinājums (individuālais projekts) un zināšanu pārbaude par kursa saturu kopumā. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. Praktisko darbu uzdevumu risinājumi |  | + | + | + | + | + |  | | 1. Divi individuālie projekti | + | + | + | + | + | + | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. The OpenFOAM Foundation. OpenFOAM v6 User Guide, https://cfd.direct/openfoam/user-guide-v6/ 2. CSC – IT Center for Science, Finland. ElmerFEM documentation, https://www.csc.fi/web/elmer/documentation | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Davidson, P.A. An Introduction to Magnetohydrodynamics. Cambridge University Press, 2001 2. Ferziger, J.H., Peric, M. Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002 3. Holzmann, T. Mathematics, Numerics, Derivations and OpenFOAM. Pieejams: https://holzmann-cfd.com/en/publications/mathematics-numerics-derivations-and-openfoam | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Ievads multifizikālu procesu skaitliskajā modelēšanā. L2   Skaitliskās modelēšanas nepieciešamības raksturojums. Kompleksu fizikālu procesu apraksts ar piemēriem. Īss ievads galīgo tilpumu un galīgo elementu metodē, to priekšrocībās un trūkumos.   1. Komerciālu un bezmaksas atvērtā koda modelēšanas rīku apskats. L2   Dažādu modelēšanas rīku raksturojums, to iespēju, priekšrocību un trūkumu apraksts. Komerciālu programmu salīdzinājums ar bezmakas un atvērtā koda programmām. Kursā lietojamo atvērtā koda programmu uzstādīšanas (instalācijas) apraksts.   1. Ģeometrijas un režģa ģenerācijas rīks Salome. L1 P2   Dažādu skaitliskā režģa tipu raksturojums (strukturēti, nestrukturēti, jaukti režģi). Režģa un ģeometrijas veidošanas rīka Salome apraksts. Režģa eksportēšana OpenFOAM un Elmer formātos.  Praktiskais darbs: ģeometrijas un režģa piemēru veidošana.   1. Hidrodinamikas modelēšana ar OpenFOAM. Izejas koda modificēšana. L1 P2   OpenFOAM skaitliskā modeļa struktūra, failu saturs un parametru definēšana. Izejas koda raksturojums, tā modificēšana un kompilēšana.  Praktiskais darbs: vienkāršu hidrodinamikas uzdevumu risināšana, tilpuma spēku pievienošana impulsa pārneses vienādojumā.   1. Elektromagnētiskā lauka modelēšana ar Elmer. L1 P2   Elmer skaitliskā modeļa struktūra, failu saturs un parametru definēšana.  Praktiskais darbs: dažādu vienkāršu sistēmu ar elektromagnētisko lauku risināšana.   1. Atvērtā koda programmatūras savstarpēja sajūgšana (EOF-Library) multifizikālu procesu modelēšanai. L1 P2   Dažādu programmu sasaistes problemātikas apraksts. OpenFOAM kodā veicamo izmaiņu, lai piesaistītu tam Elmer, apskats.  Praktiskais darbs: vienkāršas magnetohidrodinamikas problēmas risināšana, risinot elektromagnētismu Elmer un hidrodinamiku OpenFOAM vidē.  Individuālie projekti:   1. Elektromagnētiskās levitācijas modelēšana. Ld5   Izmantojot Elmer, OpenFOAM un EOF-Library, aksiāli simetriskā tuvinājumā tiek modelēta šķidra metāla piles levitācija augstfrekvences magnētiskajā laukā. Tiek veikta aprēķinu sērija dažādiem sistēmas parametriem (magnētiskā lauka radošā induktora strāvas stiprums, šķidrā metāla virsmas spraigums u.c.). Rezultāti tiek salīdzināti ar literatūras datiem.  2.1. Induktīvās sildīšanas modelēšana. Ld5  Izmantojot Elmer, OpenFOAM un EOF-Library, aksiāli simetriskā tuvinājumā tiek modelēta induktīvā sildīšana. Tiek veikta aprēķinu sērija dažādiem sistēmas parametriem (induktora strāvas frekvence un stiprums, sildāmā materiāla īpašības u.c.). Rezultāti tiek salīdzināti ar literatūras datiem.  2.2. Elektromagnētiskās maisīšanas modelēšana. Ld5  Izmantojot Elmer, OpenFOAM un EOF-Library, divdimensionālā tuvinājumā tiek modelēta rotējošu pastāvīgo magnētu ierosināta šķidra metāla maisīšana slēgtā traukā. Tiek veikta aprēķinu sērija dažādiem sistēmas parametriem (magnētu rotācijas frekvence, šķidrā metāla vadītspēja u.c.). Rezultāti tiek salīdzināti ar literatūras datiem un trīsdimensionāla aprēķina rezultātiem.  3. Studenta izvēlētas multifizikālas problēmas modelēšana. Ld6  Studenti veic kāda cita multifizikāla procesa (pēc pašu izvēles, bet saskaņojot ar pasniedzēju) modelēšanu ar Elmer, OpenFOAM un EOF-Library. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Polimēru un kompozītmateriālu fizika*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 14 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 12 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 6 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 18.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.sc.ing. Tatjana Glaskova-Kuzmina |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sniegt studentiem priekšstatu par polimēru un kompozītmateriālu (KM) struktūru, fizikālajām īpašībām un to pielietojumiem. Kursā paredzēts iepazīties ar teorētiskajiem aspektiem polimēru un KM fizikā, risināt uzdevumus praktiskajās nodarbībās, kā arī izstrādāt laboratorijas darbus un uzstāties semināros iegūto rezultātu un aktuālo pētījumu apspriešanai.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīstināt ar pamata jēdzieniem un parametriem polimēru un KM fizikā; 2. salīdzinoši analizēt dažādu polimēru un KM struktūru un fizikālās īpašības, sasaistot studentu fizikas, mehānikas un materiālzinātnes zināšanas.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izskaidro polimēru un KM struktūras un fizikālo īpašību galvenās likumsakarības; 2. apraksta galvenos polimēru un KM fizikālos raksturlielumus;   Prasmes:   1. analizē dažādu polimēru un KM sprieguma-deformācijas un termomehāniskās diagrammas; 2. novērtē ārējo faktoru ietekmi uz dažādu polimēru un KM fizikālajām īpašībām un to novecošanos; 3. prezentē individuāli un grupā iegūtus izpētes rezultātus, izstrādājot laboratorijas darbus;   Kompetence:   1. novērtē dažādu polimēru un KM struktūru un fizikālās īpašības un pamato to īpatnības; 2. pielieto mikromehānikas modeļus, polimēru un KM efektīvo mehānisko raksturlielumu novērtēšanai. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Polimēru un KM klasifikācija un pielietojumi. L2 2. Polimēru un KM ražošanas tehnoloģijas un konstrukciju izgatavošanas metodes. L2 3. Polimēru KM struktūras un fizikālo īpašību izpētes eksperimentālas metodes. L2 4. Polimēra KM paraugu izgatavošana. Ld3 P2 5. Kompozītu efektīvie mehāniskie raksturlielumi. L2 P1 6. Polimēra KM paraugu mehānisko īpašību izpēte un modelēšana. Ld3 P2 7. Iegūto rezultātu apspriešana. S3 8. Polimēru un KM siltumfizikālās īpašības un ievads termoelastībā. L2 P1 9. Apkārtējās vides faktoru iedarbība un materiālu novecošanās. L2 10. Šļūdes un viskoelastības teoriju pamati. L2 11. Aktuālie pētījumi polimēru un KM fizikā. S3   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursā paredzēts iepazīties ar teorētiskajiem aspektiem polimēru un KM fizikā, risināt uzdevumus praktiskajās nodarbībās, kā arī izstrādāt laboratorijas darbus un uzstāties semināros iegūto rezultātu un aktuālo pētījumu apspriešanai. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Izstrādāti un aizstāvēti 2 laboratorijas darbi – 40% 2. Uzstāšanās ar prezentāciju, aktivitāte lekcijās, semināros un praktiskajās nodarbībās – 10%   Noslēguma pārbaudījums:  3. Eksāmens (mutisks) - 50%  Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja ir nokārtoti visi starppārbaudījumi.  Katrā no pārbaudījumiem ir jāsaņem ne mazāk kā 40% no maksimālā vērtējuma. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | |  | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. Laboratorijas darbi | + | + | + |  | + | + | + | | 1. Prezentācijas, aktivitāte semināros | + | + | + |  | + | + | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Guedes R. M. (ed.) Creep and Fatigue in Polymer Matrix Composites. 2nd edition. Woodhead Publishing Ltd, 2019, pieejama Dawsonera datubāzē (<https://datubazes.lanet.lv:2085/abstract/9780081026021>). 2. Kalniņš M. Polimēru fizikālā ķīmija. Zvaigzne, Rīga, 1988. 3. Utracki Leszek, A., Jamieson Alexander, M. (ed.) Polymer Physics. Wiley, 2010, pieejama Dawsonera datubāzē (https://datubazes.lanet.lv:2085/abstract/9780470600153). 4. Ward, I. M., Sweeney, J. An Introduction to the Mechanical Properties of Solid Polymers. 2nd edition. John Willey & Sons, 2004, pieejama Dawsonera datubāzē (https://datubazes.lanet.lv:2085/abstract/9780470020371). | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Aniskevich K., Starkova O., Jansons J., Aniskevich A. Long-term Deformability and Aging of Polymer Matrix Composites. Nova Science Publishers Inc., 2012, NY. 2. Friedrich K., Fakirov S., Zhang Zh. Polymer Composites. Springer, 2005, pieejama Dawsonera datubāzē (https://datubazes.lanet.lv:2085/abstract/9780387262130). 3. Kar K. K., Rana S.K., Pandey J. K. (ed.) Handbook of Polymer Nanocomposites. Processing, Performance and Application. Springer Verlag, 2015, pieejama Dawsonera datubāzē (https://datubazes.lanet.lv:2085/abstract/9783642452291). | |
| 1. ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Composites Science and Technology. Elsevier, pieejams Sciencedirect datubāzē: https://datubazes.lanet.lv:2076/journal/composites-science-and-technology 2. Mechanics of Composite Materials. Springer US, pieejams Springer Link datubāzē: https://datubazes.lanet.lv:5301/journal/11029 3. Polymers. MDPI, open access journal: https://www.mdpi.com/journal/polymers | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **1. Ievads. Polimēru un KM klasifikācija un pielietojumi.**  Molekulmasu sadalījums un tā iespaids uz mehāniskajām un reoloģiskajām īpašībām. Makromolekulu konformācijas. Amorfi un kristāliski polimēri. Polimēru termofizikālās īpašības un pāreju temperatūras. Polimēru struktūra un īpašības stiklveida un superelastīgā stāvoklī. Relaksācijas parādības polimēros. Polimēru maisījumi un to iegūšanas metodes. Polimēru kompozīti. Hibrīdi kompozīti. Stiegroti kompozīti, dispersi pildīti kompozīti. Slāņaini un sendviča tipa kompozīti. „Zaļie” un otrreizējās pārstrādes kompozīti. Viedie un daudzfunkcionālie kompozīti. Polimēru nanokompozīti.  **2. Polimēru un KM ražošanas tehnoloģijas un konstrukciju izgatavošanas metodes**  Polimēru izgatavošana un pildvielu iemaisīšanas metodes. Šķiedru kompozītu izgatavošanas paņēmieni (kontaktformēšana, presēšana, tīšana, pultrūzija). Aditīvās ražošanas tehnoloģijas. Kompozītu adhezīvie savienojumi. Nanotehnoloģiju pielietošana kompozītmateriālu izgatavošanā. Nano- izmēra pildvielas un šķiedras un to īpatnības. Mijiedarbības efekti nanokompozītos. Nanodaļiņu ievadīšana polimēra matricā. Nanodaļiņu nogulsnēšanās uz pildvielu un šķiedru virsmām. Ultraplānu starpslāņu pielietošana slāņainos kompozītos.  **3. Polimēru KM struktūras un fizikālo īpašību izpētes eksperimentālas metodes.**  Elektronu mikroskopija (TEM, SEM), atomspēku mikroskopija (AFM). Spektroskopijas metodes (infrasarkanā un Ramana spektroskopija, UV starojuma absorbcija un izkliede). Rentgendifraktometrija. Termiskās analīzes metodes (DSK, TG, DTA, DMTA). Polimēru un kompozītu nesagraujošā kontrole. Ultraskaņas, akustiskās emisijas, infrasarkano staru termogrāfijas, elektromagnētiskās nesagraujošās kontroles metodes.  **4. Polimēra KM paraugu izgatavošana.**  Dažādu polimēru matricu un pildvielu fizikālās īpašības un pastiprināšanas mehānismi. Polimēra kompozītmateriāla standartparaugu izgatavošana, izmantojot tiešu samaisīšanas metodi un silikona formas vai izgriežot no polimēra plēvēm paraugus ar dažādiem izmēriem. Paraugu sagatavošana mehāniskajām pārbaudēm stiepē.  Laboratorijas darbs: KM standartparaugu izgatavošana.  **5. Kompozītu efektīvie mehāniskie raksturlielumi.**  Mikromehānikas modeļi polimēra matricai pildītai ar sfēriskiem, cilindriskiem un plākšņveida ieslēgumiem. Ekvivalentās homogenitātes princips. Modeļi videi ar mazu pildījumu daļu. Polidispersais un trīsfāzu modeļi. Modeļi videi ar pildījumu daļu, tuvu maksimālajai. Efektīvo elastības moduļu augšējo un apakšējo robežu novērtējums. Makroskopiski izotropa vide. Transversāli izotropa vide. Elastības īpašības makroskopiski izotropai videi, armētai ar šķiedrām vai pildītai ar plākšņveida ieslēgumiem.  Patstāvīgais darbs: uzdevumi efektīvo elastības moduļu aprēķināšanai, izmantojot dažādus mikromehānikas modeļus.  **6. Polimēra KM paraugu mehānisko īpašību izpēte un modelēšana.**  Laboratorijas darbs: polimēra KM paraugu mehānisko īpašību pārbaude stiepē. Eksperimentāli noteikt dažādu polimēru KM mehāniskos raksturlielumus stiepē, izmantojot sprieguma-deformācijas diagrammas.  Patstāvīgais darbs: individuālais un grupu darbs iegūto datu analīzei. Aprēķināt polimēra KM elastības moduļa augšējo un apakšējo robežas, izmantojot Hašina-Štrikmana modeli un salīdzināt iegūtos rezultātus ar eksperimentāliem datiem.  **7. Iegūto rezultātu apspriešana.**  Semināra darbs: uzstāšanās ar prezentāciju par laboratorijas darbos iegūtajiem rezultātiem un aktīvā dalība semināra darbā.  **8. Polimēru un KM siltumfizikālās īpašības un ievads termoelastībā.**  Polimēru un KM termoelastība, stāvokļa vienādojumi. Termomehāniskās diagrammas un to analīze. Termiskās izplešanās koeficients. Pāreju temperatūras. Stiklošanas temperatūra. Siltuma vadāmība. Īpatnējā siltumietilpība. Daudzfāzu materiālu siltumfizikālās īpašības.  Patstāvīgais darbs: uzdevumi termomehānisko diagrammu analīzei, stiklošanas temperatūras un termiskās izplešanas koeficienta novērtēšanai.  **9. Apkārtējās vides faktoru iedarbība un materiālu novecošanās.**  Fizikālā un ķīmiskā novecošanās. Termiskā un hidrotermiskā novecošanās. Ultravioletā starojuma izsauktā novecošanās. Oksidēšanās. Ūdens u.c. zemmolekulāro vielu pārnese polimēros un polimērkompozītos. Fika difūzijas vienādojums. Anomālās sorbcijas modeļi. Polimēru plastifikācija un mitruma izplešanās. Paātrinātas novecošanās metodes polimēru un KM ilgizturības prognozēšanai.  **10. Šļūdes un viskoelastības teoriju pamati.**  Polimēru un KM deformēšanās laikā, šļūde, relaksācija. Brīvais tilpums, fizikālā novecošanās. Relaksācijas laiku spektrs. Temperatūras-laika atbilstības princips. Relaksācijas procesu eksperimentālās pētīšanas metodes. Viskoelastīgo īpašību modelēšana polimēriem un polimēru KM. Bolcmana superpozīcijas princips. Apkārtējās vides faktoru ietekme uz īslaicīgās un ilglaicīgās deformēšanās procesiem.   1. **Aktuālie pētījumi polimēru un KM fizikā.**   Literatūras apskats par moderno polimēru un KM fizikālajām īpašībām un to pētīšanas metodēm.  Semināra darbs: uzstāšanas ar prezentāciju un aktīvā dalība semināra darbā. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Mikrofluidika*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 40 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Guntars Kitenbergs, Dr.phys. Roberts Rimša |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt studentus ar mikrofluidikas pamatiem, izgatavošanas un izmantošanas metodēm un aktualitātēm no fizikas un citu zinātņu nozaru skatu punkta.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīstināt ar mikrofluidikas pamatiem un pamatelementiem; 2. ļaut izprast mikrofluidikas sistēmu darbības principus; 3. iemācīt izveidot un raksturot mikrofluidikas ierīces; 4. iepazīstināt par dažādiem mikrofluidikas pielietojumiem; 5. iemācīt izvēlēties piemērotu mikrofluidikas metodi konkrētas problēmas risināšanai.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodā. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Pārzina mikrofluidikas darbības un izveides principus, kā arī starpnozaru pielietojumus; 2. Izprot mikrofluidikas rašanās iemeslus un motivāciju, kā arī mūsdienu aktualitātes un attīstības perspektīvas;   Prasmes:   1. Izveido mikrofluidikas ierīci izmantojot kādu no metodēm; 2. Pielieto mikrofluidikas ierīces eksperimentos, apstrādā un analizē iegūtos rezultātus; 3. Skaidri un saprotami prezentē ar mikrofluidiku saistītas tēmas, balstoties uz izpratni par mikrofluidikas konceptiem;   Kompetence:   1. Izvēlas piemērotāko mikrofluidikas metodi konkrētas problēmas risināšanai; 2. Pārdomāti veido mikrofluidikas ierīces, ņemot vērā fizikālos ierobežojumus, dizaina principus un pielietojuma vajadzības. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads, fizika mikrometru izmēros. L2 2. Dažādas mikrofluidikas sistēmas. L4 3. Fizikas principi mikrofluidikā. L8 4. Dizaina principi mikrofluidikā. L2 Ld2 5. Mikrofluidikas ierīču izgatavošanas metodes. L8 Ld4 6. Elektriskie un magnētiskie lauki mikrofluidikā. L4 7. Plūsmu un īpašību mērījumi mazos izmēros. L4 Ld4 8. Mikrofluidikas pielietojumi. L8 Ld6 9. Aktualitātes mikrofluidikas izpētē un pielietojumos. S8   L - lekcija, Ld – laboratorijas darbs, S – seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa gaitā studenti patstāvīgi:   1. risina uzdevumus; 2. veic vairākus laboratorijas darbus; 3. sagatavo prezentāciju.   Gan uzdevumi, gan laboratorijas darbi tiek veikti daļēji nodarbību laikā, daļēji patstāvīgi. Uzdevumu komplekta un katra laboratorijas darba izpilde tiek vērtēta 10 punktu skalā, 0-10. Laboratorijas darbu sekmīga izpilde ir nosacījums pielaidei pie eksāmena. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Uzdevumu komplekts - 10% 2. Kontroldarbs par fizikas principiem mikrofluidikā - 20% 3. Sniegums 4 laboratorijas darbos - 40% 4. Prezentācija par mikrofluidikas aktualitātēm - 10%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 20% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. Uzdevumu komplekts | + |  |  |  |  |  |  | | 1. Kontroldarbs | + |  |  |  |  |  |  | | 1. Laboratorijas darbi |  |  | + | + | + | + | + | | 1. Prezentācija | + | + |  |  | + |  |  | | 1. Mutisks eksāmens | + | + |  |  | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Kirby, B.J. Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics, Cambridge University Press, 2010 2. Squires, T.M., Quake, S.R. Microfluidics: Fluid physics at the nanoliter scale, Rev. Mod. Phys. 77, 977 (2005). <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.77.977> 3. Tabeling, P. Introduction to microfluidics, Oxford University Press, 2005 4. Whitesides, G. The origins and the future of microfluidics. Nature 442, 368–373 (2006). <https://doi.org/10.1038/nature05058> | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Bruss, H. Lecture notes on Theoretical microfluidics 2. Stone, H.A., Stroock, A.D., Ajdari, A. Engineering flows in small device: Microfluidics Toward a Lab-on-a-Chip, Annu. Rev. Fluid Mech. 36, 381–411 (2004). <https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.36.050802.122124> | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. arXiv: free distribution service, open-access archive, Arxiv.org 2. Biomicrofluidics (AIP) 3. Lab on a Chip (RSC) 4. Microfluidics and Nanofluidics (Springer) 5. Nature Biotechnology 6. Physical Review Fluids (APS) | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Ievads, fizika mikrometru izmēros   Kursa organizācija, prasības un saturs. Miniaturizācija un tās iespējas.   1. Dažādas mikrofluidikas sistēmas   Papīra, pilienu, nepārtraukta mikrofluidika. Tipiskas sastāvdaļas (pumpji, čipi, analīzes metodes) un to darbības principi.   1. Fizika mikrofluidikā   Bezdimensionālie skaitļi un to lietojums. Hidrodinamikas principi. Navjē-Stoksa vienādojums mikrofluidikā. Puazeija plūsma. Difūzija, sajaukšanās. Kapilaritāte. Virsmas slapināšaņa un hidrofīlas/hidrofobas virsmas   1. Dizaina principi mikrofluidikā   Materiālu īpašību ņemšana vērā mikrofluidikas sistēmu izstrādē. Izstrādē lietotā programmatūra.  Ld: Mikrofluidikas ierīču plānošana.   1. Mikrofluidikas ierīču izgatavošanas metodes   Dažādi mikrofluidikas ierīču izgatavošanas veidi – PDMS, termoplastiski materiāli, stikls, 3D printeri, papīra ierīces. Fizikālie ierobežojumi. Izšķirstpēja. Mīkstā litogrāfija.  Ld: Mikrofluidikas ierīču izveide   1. Elektriskie un magnētiskie lauki mikrofluidikā   Elektrisko un magnētisko lauku un materiālu izmantošana mikrofluidikā. Elektroforēze un magnetoforēze. Objektu un šķidrumu īpašības.   1. Plūsmu un īpašību mērījumi mazos izmēros   Daļiņu attēlu ātrumu lauku noteikšana (PIV), daļiņu izsekošanas ātrumu lauku noteikšana (PTV), lāzera ierosinātā fluorescence, citas metodes.  Ld: Praktiska ātrumu lauku noteikšana   1. Mikrofluidikas pielietojumi   Eksperimenti fizikā, ķīmijā un bioloģijā. Laboratorija čipā (Lab-on-a-chip), Orgāni čipā (Organ-on-a-chip)  Ld: Praktiski eksperimenti ar dažādiem mikrofluidikas pielietojumiem.   1. Aktualitātes mikrofluidikas izpētē   Studentu prezentācijas par aktualitātēm (Journal club veidā), ar mikrofluidiku saistītu pētnieku un inovatīvu uzņēmumu prezentācijas. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Mīkstie nanomateriāli*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 14 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 2 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 18.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Guntars Kitenbergs |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir dot iespēju gūt izpratni par mīksto nanomateriālu veidiem, to pielietojumiem un eksperimentālām izpētes metodēm.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iepazīt dažādus mīksto nanomateriālu veidus, to īpašības un pielietojumus; 2. Izprast dažādas mīksto nanomateriālu eksperimentālas izpētes metodes; 3. Praktiski apgūt šādu materiālu eksperimentālas izpētes metodes; 4. Pielietot eksperimentālās metodes atvērta tipa problēmu risināšanai.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Pārzina dažādus mīksto nanomateriālu veidus, to īpašības un pielietojumus;   Prasmes:   1. Izmanto dažādas eksperimentālas metodes mīksto nanomateriālu īpašību noteikšanai; 2. Risina problēmas, kuru risinājums nav zināms;   Kompetence:   1. Izvēlas piemērotu metodi mīksto nanomateriālu īpašību noteikšanai. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| *(Nr.p.k., tēma, paredzētais apjoms stundās)*   1. Ievads. Kursa mērķis un saturs. Mīksto nanomateriālu veidi. L3 2. Mīksto nanomateriālu īpašības un izpētes metodes. L4 3. Viskoelastīgas vides. Reoloģija. L2 4. Mikroreoloģija (aktīvā/pasīvā) un tās metodes. L3 5. Atvērta tipa laboratorijas darbi par mīkstaiem nanomateriāliem. Ld16 6. Laboratorijas darbu rezultātu prezentācijas. S2 7. Aktuāli pētījumi mīksto nanomateriālu tematikā. L2   L – lekcija, Ld - laboratorijas darbs, S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa ietvaros studentiem patstāvīgi būs jāizstrādā starppārbaudījumiem nepieciešamie nodevumi (skatīt Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriju sadaļu). Kursa ievadā tiks izrunāti principi starppārbaudījumu nodevumu sagatavošanai. Par neskaidrībām studenti varēs vaicāt neklātienes un klātienes konsultācijās. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. Testi par kursa saturu - 30%  2. Laboratorijas darba izstrāde un prezentācija - 50%  Noslēguma pārbaudījums:  3. Eksāmens (mutisks) - 20%. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | | 1. Testi par kursa saturu | + |  |  |  | | 2. Laboratorijas darbi |  | + | + | + | | 3. Eksāmens | + |  |  | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Doi, M. Soft matter physics, Oxford University Press, Oxford, 2013 2. Furst, E.M., Squires,T.M. Microrheology, Oxford University Press, 2017 3. Mezger, T.G. The Rheology Handbook, 3rd revised edition, Vincentz, 2011 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Hassan, P.A. et al. (2015). Making Sense of Brownian Motion: Colloid Characterization by Dynamic Light Scattering. Langmuir, 31, 3–12. DOI:10.1021/la501789z 2. Piazza, R. Soft matter – the stuff that dreams are made of, Springer, 2011. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Distribution service and an open-access archive for scholarly articles: arXiv.org 2. European Physical Journal E 3. Physical Review E 4. Soft Matter (Royal Society of Chemistry) | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **Ievads. Kursa mērķis un saturs. Mīkstu nanomateriālu veidi.**   Ievads par kursa mērķi, struktūru un vērtējumiem. Pārskats pār mīkstu nanomateriālu veidiem. Koloīdi, polimēri, virsmaktīvās vietas. Izveides un sintēzes metodes, pielietojumi.   1. **Mīkstu nanomateriālu īpašības un izpētes metodes.**   Nanomateriālu elementu izmēri un to sadalījumi. Virsmas lādiņš. Mijiedarbības. Magnētiskās īpašības. Virsmas spraigums. Metodes īpašību noteikšanai.   1. **Viskoelastīgas vides. Reoloģija.**   Viskozitāte un elastība. Viskoelastība. Piemēri viskoelastīgām vidēm. Reoloģija. Biežāk lietotie modeļi. Reometriskie mērījumi.   1. **Mikroreoloģija (aktīvā/pasīvā) un tās metodes**   Mikroreoloģija - eksperimentālo mērījumu metodes, izdalot aktīvās un pasīvās metodes, mērījumu interpretācija, pielietojumi.   1. **Atvērta tipa laboratorijas darbi par mīkstiem nanomateriāliem**   Laboratorijas darbi bez zināma atrisinājuma kā treniņa uzdevums problēmsituācijas risinājumam. Risināmais problēmuzdevums izvēlēts atkarībā no studentu intereses un tehniskajām iespējām.   1. **Laboratorijas darbu prezentācijas.**   Studenti prezentē laboratorijas darba ietvaros tapušā pētījuma rezultātus.   1. **Aktuāli pētījumi mīkstu nanomateriālu tematikā**   Prezentācijas par neseniem un aktuāliem mīksto nanomateriālu pētījumiem Latvijā un Pasaulē. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Klasiskā mehānika** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 40 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 24 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Ivars Driķis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju mērķis ir nodrošināt studentiem iespēju iegūt zināšanas par mehānikas problēmu analītiskās risināšanas metodēm.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iegūt padziļinātu izpratni par Ņūtona formālismu daļiņām, daļiņu sistēmām un cieta ķermeņa kustības aprakstu; 2. Apgūt pamatiemaņas Lagranža un Hamiltona formālismu izmantošanā; 3. Atrisināt virkni dažādas grūtības pakāpes piemēruzdevumu.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo materiālā punkta kustības pieraksta formas; 2. Skaidro materiālā punkta dinamikas aprakstu Ņūtona formulējumā; 3. Raksturo kustības centrlālo spēku laukā īpatnības; 4. Skaidro materiālu punktu sistēmas kustības teorētiskos aspektus; 5. Raksturo kustības ar saitēm teorētiskos aspektus; 6. Nosauc mehānikas variācijas principus; 7. Raksturo Lagranža un Hamiltona formulējumus; 8. Skaidro cieta ķermeņa kustības pieraksta formas un teorētiskos aspektus; 9. Skaidro kustības neinerciālās atskaites sistēmās teorētiskos aspektus;   Prasmes:   1. Risina vienkāršos kustības vienādojumus vienā dimensijā; 2. Risina ar svārstību kustību saistītus uzdevumus; 3. Risina saistītu materiālu punktu mazu svārstību uzdevumus; 4. Risina statikas uzdevumus izmantojot virtuālo pārvietojumu principu; 5. Risina mehānikas problēmas izmantojot  Lagranža un Hamiltona formālismus; 6. Risina Eilera un Lagranža tipa problēmas cietu ķermeņu kustībā;   Kompetence:   1. Argumentēti izvēlas atbilstošu mehānika modeli un pētniecības metodi praktisku problēmu risināšanai. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Materiāla punkta kinemātika. L4 P2 2. Materiāla punkta dinamika. L10 P8 3. Materiālu punktu sistēmas. L12 P4 4. Variācijas principi un kanoniskie vienādojumi. L6 P6 5. Cieta ķermeņa mehānika. L6 P2 6. Kustība neinerciālās atskaites sistēmās. L2 P2   L – lekcija, P – praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un/vai mazākās darba grupās.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Risināt mājasdarbu uzdevumus. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Rakstisks starppārbaudījums par tēmu “materiāla punkta mehānika” – 17 % 2. Rakstisks starppārbaudījums par tēmu “materiālu punkta sistēmas” – 17 % 3. Auditorijas īsie patstāvīgie darbi – 17 % 4. Mājasdarbu uzdevumi – 17 %   Noslēguma pārbaudījums:  5. Eksāmens (rakstisks) – 32 % | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Pārbaudījumu veidi** | **Studiju rezultāti** | | | | | | | | | | | | | | | | | | **1.** | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | | 1. 1. starppārbaudījums | + | + | + |  |  |  |  |  |  | + | + | + |  |  |  |  | | 1. 2. starppārbaudījums |  |  |  | + | + | + | + | + |  |  |  |  | + | + | + |  | | 1. Auditorijas patstāvīgie darbi | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | 1. Mājas darbi | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Goldstein, H. Ch. Poole, P., Safko, J. L. Classical Mechanics. Addison Wesley, 2003. 2. Greiner, W. Classical Mechanics – Systems of particles and hamiltonian dynamics, Springer, 2003 3. Landau, L. D., Lifshitz, E. M. Mechanics, Butterworth-Heinemann, 1976 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Kepe, D. Vība, J. Teorētiskā mehānika, RTU, Rīga, 1990 2. Невзглядов, В. Г.Теоретическаяа механика, Физматгиз, Москва, 1959 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Reviews of Modern Physics, American Physical Society, www.rmp.aps.org (pieejams no LU IP adresēm) | |
| ***Kursa saturs*** |  |

**1. tēma. Materiāla punkta kinemātika**

Lekcijas - 4 stundas, praktiskās nodarbības - 2 stundas

**1. lekcija.** Ortogonālās līklīniju koordinātu sistēmas. Lamē koeficienti

**2. lekcija.** Trajektorija, ātrums un paātrinājums ortogonālās līklīniju koordinātu sistēmā. Punkta kustības izteikšanas dabiskais paņēmiens. Paātrinājuma projekcijas uz dabiskā triedra asīm.

**1. praktiskais darbs.** Uzdevumu risināšana

**2. tēma. Materiāla punkta dinamika**

Lekcijas - 10 stundas, praktiskās nodarbības - 8 stundas

**3. lekcija.** Dinamikas pamatjēdzieni. Ņūtona likumi. Materiāla punkta kustības vispārīgas teorēmas.

**4. lekcija.** Klasiskās mehānikas relativitātes princips. Vienkāršāko kustības vienādojumu risināšana

**2. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**5. lekcija**. Centrālo spēku lauks un tā potenciālais raksturs. Kustības integrāļi centrālo spēku laukā. Binē formula.

**6. lekcija**. Kustība Kulona spēku laukā. Izkliede.

**3. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**7. lekcija**. Matemātiskā svārsta lielas svārstības. Brīvas lineāras svārstības ar berzi. Uzspiestās svārstības, rezonanse

**4. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**5. Pārbaudes darbs**

**3. tēma. Materiālu punktu sistēmas**

Lekcijas - 12 stundas, praktiskās nodarbības - 4 stundas

**8. lekcija**. Brīvu materiālu punktu sistēma. Sistēmas impulss, impulsa teorēma un masas centra kustības teorēma.

**9. lekcija**. Sistēmas impulsa moments, impulsa momenta transformācijas likums. Impulsa momenta teorēma. Kēninga teorēma. Sistēmas enerģijas teorēma

**10. lekcija**. Saites un saišu reakcijas spēki. Saišu klasifikācija. Virtuālā pārvietojuma jēdziens. Brīvības pakāpes un neatkarīgās koordinātes. Ideālas saites

**11. lekcija**. Dinamikas virtuālo pārvietojumu princips. Lagranža I veida vienādojums. Analītiskā statika

**6. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**12. lekcija**. Vispārinātās koordinātes. Vispārinātie spēki. Lagranža II veida vienādojums. Lagranža funkcija. Enerģijas integrālis

**7. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**13. lekcija**. Daļiņu sistēmas mazas svārstības

**4. tēma. Variācijas principi un kanoniskie vienādojumi**

Lekcijas - 6 stundas, praktiskās nodarbības - 6 stundas

**14. lekcija**. Mazākās akcijas princips. Lagranža otrā veida vienādojuma izvedums no mazākās akcijas principa

**8. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**15. lekcija**. Enerģijas nezūdamības likums. Impulsa un impulsa momenta saglabāšanās likumi

**16. lekcija**. Hamiltona kanoniskie vienādojumi. Liuvila teorēma. Kanoniskās transformācijas. Akcija kā koordinātes funkcija. Hamiltona-Jakobi vienādojums

**9. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**10. Pārbaudes darbs**

**5. tēma. Cieta ķermeņa mehānika**

Lekcijas - 6 stundas, praktiskās nodarbības - 2 stundas

**17. lekcija**. Cieta ķermeņa brīvības pakāpes. Koordinātu transformācijas. Eilera leņķi. Eilera kinemātiskie vienādojumi

**18. lekcija**. Cieta ķermeņa kinētiskā enerģija. Inerces tenzors. Cieta ķermeņa impulsa moments. Eilera vienādojumi

**19. lekcija**. Cieta ķermeņa kustība ap nekustīgu punktu. Eilera un Lagranža gadījumi

**11. praktiskais darbs**. Uzdevumu risināšana

**6. tēma. Kustība neinerciālās atskaites sistēmās**

Lekcijas - 2 stundas, praktiskās nodarbības - 2 stundas

**20. lekcija**. Ātruma pārneses un relatīvā komponentes. Paātrinājuma relatīvā, pārneses un koriolisa komponentes. Kustības vienādojums, inerces spēki. Ķermeņa brīvā krišana noliecoties uz austrumiem. Fuko svārsts

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Statistiskā termodinamika*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 38 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 26 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys.Andrejs Cēbers |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Kursa mērķis ir nodrošināt iespēju apgūt termodinamikas un statistiskās fizikas pamatus.  Studiju kursa uzdevumi ir:  1. apgūt termodinamikas postulātus un likumus;  2. gūt izpratni par Entropijas jēdzienu un Klauziusa nevienādību;  3. apgūt Jakobiānus un to pielietojumus;  4. apgūt jēdzienu par ansambli un ergodisko hipotēzi;  5. gūt izpratni par mikrokanonisko, kanonisko un lielo kanonisko ansambli;  6. apgūt Fermī un Bozē statistikas.  Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:  1. Nosauc termodinamikas likumus;  2. Nosauc statistiskās fizikas metodes;  Prasmes:  3. Pielieto termodinamikas likumus konkrētu problēmu risināšanā;  4. Pielieto statistiskās fizikas metodes vielu stāvokļa vienādojumu noteikšanai;  5. Pārvalda varbūtības teorijas elementus;  Kompetence:  6. Analizē makroskopisku vidu īpašības balstoties uz termodinamikas un statistiskās fizikas likumsakarībām. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Termodinamikas priekšmets un postulāti. L2 2. Termodinamikas likumi. L2 3. Termodinamiskā temperatūra. L2 4. Entropija. L2 5. Termodinamiskās funkcijas. L2 6. Termodinamiskās fluktuācijas. L2 7. Daudzkomponentu sistēmas. L2 8. Ķīmiskās reakcijas. L2 9. Statistiskās fizikas priekšmets. L2 10. Daži statistisko metožu pielietojumu piemēri. L2 11. Entropija statistiskā fizikā. L2 12. Temperatūra statistiskajā fizika. L2 13. Fluktuācijas statistiskā fizikā. L2 14. Sistēmas ar mainīgu daļiņu skaitu. L2 15. Kvantu statistikas. L2 16. Kvantu sistēmu termodinamiskās īpašības. L2 17. Siltumstarojums. L2 18. Svārstības kristāliskos režgos. L2 19. Dažas mūsdienu statistiskās fizikas problēmas L2   Praktiskās nodarbības:   1. Jakobiāni. To izmantošana vielas termodinamisko īpašību aprēķināšanā. P4 2. Entropija kā sistēmas stāvokļa funkcija. Tās izmantošana vielas termodinamisko īpašību noskaidrošanā. P4 3. Termodinamiskie potenciāli. To pielietošana sistēmu termodinamisko īpašību noskaidrošanā. P2 4. Ķīmisko reakciju termodinamika. Reakcijas konstante. Tās pielietojumi reaģējošu maisījumu sastāva noteikšanai. P2 5. Sistēmas ar mainīgu daļiņu skaitu. Krioskopiskās un ebulioskopiskās konstantes un to izmantošana vielu īpašību noteikšanai. P2 6. Ergodiskā teorēma oscilatoram. Sfēras laukums daudzdimensiju telpā. P2 7. Gadījuma klejojumu sadalījuma funkcijas aprēķināšana. Vidējā vērtība. Dispersija. P2 8. Binomiālais un Gausa sadalījumi un to īpašības. Puasona sadalījums. Lielo skaitļu likums. P2 9. Vielu termodinamisko īpašību aprēķins izmantojot kanonisko sadalījumu. Daudzatomu gāzes. Viela ārējā elektromagnētiskā laukā. P2 10. Enerģētisko stāvokļa skaita aprēķins dažāda veida sistēmām. P2 11. Bozē un Fermī gāzu termodinamiskās īpašības. P2   L – lekcijas, P – praktiskie darbi | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Students patstāvīgi risina piedāvāto uzdevumu komplektu. Prasmes tiek pārbaudītas trīs kontroldarbos semestra laikā. Kontroldarbos neatrisinātie uzdevumi jāiesniedz atrisināti gala pārbaudījumā:   1. Kontroldarbs – I un II termodinamikas likumi. Jakobiāni; 2. Kontroldarbs – Fāzu transformācijas un ķīmiskās reakcijas; 3. Kontroldarbs – Statistiskā fizika. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Galīgo vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  Semestra laikā tiek rakstīti trīs kontroldarbi. Kontroldarbos neatrisinātie uzdevumi jāuzrāda semestra beigās. Kontrodabu kopējais svars vērtējumā ir 75%   1. Kontroldarbs – 25% 2. Kontroldarbs – 25% 3. Kontroldarbs - 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) – 25%   Galapārbaudījumā tiek atbildēts viens teorētisks jautājums, atrisināti viens vai vairāki uzdevumi, tiek uzrādīti kontroldarbos neatrisinātie uzdevumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Kontroldarbs | X |  | X |  |  | X | | 1. Kontroldarbs | X |  | X |  |  | X | | 1. Kontroldarbs |  | X |  | X |  | X | | 1. Eksāmens | X | X | X | X | X | X | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Cēbers, A. Termodinamika un statistiskā fizika. 2006. E-kurss. [URL: http://dwebct.lanet.lv/] 2. Fermi, E. Thermodynamics, Dover New York. 3. Kubo, R. Termodinamika, Mir,Maskava, 1970 (kr.val.). ; 4. Kubo, R. Statistical Mechanics, North-Holland Publishing Company, 1990 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Kittels, Č. Statistiskā termodinamika, Nauka,Maskava,1977 2. Landau, L.D.., Lifšitcs, E.M. Statistiskā fizika, Nauka, Maskava, 1967 (kr.val.). 3. Ļeontovičs, M.A. Ievads termodinamikā. Statistiskā fizika. Nauka,1983 (kr.val.) 4. Rolovs, B. Termodinamika un statistiskā fizika. Zvaigzne, Rīga, 1967. 5. Zommerfelds, A. Termodinamika un statistiskā fizika, Maskava, 2002 (kr.val.) | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. American Journal of Physics 2. Los Almos Natuional Laboratory. www.lanl.gov 3. Physical Review E, Physical Review Letters | |
| ***Kursa saturs*** |  |
|  | |

1. temats

**Termodinamikas postulāti un likumi**

(2 lekcijas – 4 stundas)

1. Termodinamikas postulāti.
2. I un II termodinamikas likumi. Kelvina un Klauziusa II termodinamikas

likuma formulējumi un to ekvivalence.

2. temats

**Entropija**

(3 lekcijas – 6 stundas)

1. Entropija. Karno cikls un termodinamiskā temperatūra.
2. Ideālas gāzes entropija. Sakuras–Tetrodes formula
3. .Planka teorēma. Samaisīšanās entropija. Gibsa paradokss.
4. Entropija un informācija.

3. temats

**Termodinamiskās funkcijas**

( 2 lekcijas – 4 stundas)

1. Termodinamiskās funkcijas.
2. Brīvā enerģija un tās īpašības.
3. Osmotiskais spiediens.
4. Termodinamiskā fluktuāciju teorija un vielas termodinamiskās stabilitātes nosacījumi.

4. temats

**Praktiskie darbi termodinamikā**

(2 stundas)

1. Jakobiāni. To izmantošana vielas termodinamisko īpašību aprēķināšanā.
2. Entropija kā sistēmas stāvokļa funkcija. Tās izmantošana vielas termodinamisko īpašību noskaidrošanā.
3. Termodinamiskie potenciāli. To pielietošana sistēmu termodinamisko īpašību noskaidrošanā.

5. temats

**Daudzkomponentu sistēmu termodinamika**

(2lekcijas – 4 stundas)

1. Termodinamiskā fāzu līdzsvara teorija. Ķīmiskā potenciāla jēdziens.
2. Gibsa potenciāls un tā īpašības. Klapeirona–Klauziusa formula.
3. Daudzkomponentu sistēmu termodinamika. Vāji koncentrētu šķīdumu termodinamika.

6. temats

**Ķīmiskā termodinamika**

(2lekcijas – 4 stundas)

1. Ideālu šķīdumu vārīšanās un kušanas temperatūru izmaiņas.
2. Gibsa fāzu likums.
3. Ķīmisko reakciju termodinamika. Ķīımiskās reakcijas gāzveida fāzēs.
4. Ķīmiskās reakcijas šķīdumā. pH jēdziens.

7. temats

**Praktiskie darbi termodinamikā**

* + 1. stundas)

1. Ķīmisko reakciju termodinamika. Reakcijas konstante. Tās pielietojumi reaģējošu maisījumu sastāva noteikšanai.
2. Sistēmas ar mainīgu daļiņu skaitu. Krioskopiskās un ebulioskopiskās konstantes un to izmantošana vielu īpašību noteikšanai

8. temats

**Statistiskās fizikas postulāti**

( 2 lekcijas – 4 stundas)

1. Statistiskās fizikas pamatjēdzieni. Fāzu telpa. Tilpums fāzu telpā.
2. Ergodiskā teorēma. Adiabātiskie invarianti

9. temats

**Varbūtības teorijas elementi**

( 2 lekcijas – 4 stundas)

1. Daži vienkāršākie statistiskie sadalījumi. Gadījumu klejojumi. Elementāra Brauna kustības teorija. Polimēru ķēžu statistika. II termodinamikas likums sistēmās ar siltumfluktuācijām.

10. temats

**Ansambļi**

(4 lekcijas – 8 stundas)

1. Mikrokanoniskais ansamblis. Entropija mikrokanoniskā ansamblī.
2. Sakuras-Tetrodes formula.
3. Temperatūra statistiskajā fizikā.
4. Kanoniskais sadalījums. Statistiskā summa un brīvā enerģija.

11. temats

**Kanoniskais un lielais kanoniskais ansambļi**

(4 lekcijas – 8 stundas)

1. Ekvipartīcijas princips.
2. Entropija mikrokanoniskā un kanoniskā ansambļos un to sakars.
3. Lielais kanoniskais ansamblis. Lielā statistiskā summa un Ω potenciāls.
4. Fluktuācijas lielajā kanoniskajā ansamblī.

12. temats

**Praktiskie darbi statistiskā fizikā**

(2 stundas)

1. Ergodiskā teorēma oscilatoram. Sfēras laukums daudzdimensiju telpā.
2. Gadījuma klejojumu sadalījuma funkcijas aprēķināšana. Vidējā vērtība. Dispersija.
3. Binomiālais un Gausa sadalījumi un to īpašības. Puasona sadalījums. Lielo skaitļu likums.
4. Vielu termodinamisko īpašību aprēķins izmantojot kanonisko sadalījumu. Daudzatomu gāzes. Viela ārējā elektromagnētiskā laukā.

13. temats

**Kvantu statistika**

(3 lekcijas – 6 stundas)

1. Bozē un Fermī statistikas.
2. Enerģētisko stāvokļu skaita aprēķināšana.
3. Bozē un Fermī gāzu termodinamiskās īpašības.
4. Elektronu gāzes siltumietilpība.

14. temats

**Kvantu statistikas pielietojumi**

* + 1. lekcijas - 4 stundas)

1. Elektronu gāzes paramagnētiskā uzņēmība.
2. Termiskais starojums. Planka formula. Inducētais starojums.
3. Kristālisku režģu siltumietilpība.

15. temats

**Praktiskie  darbi kvantu statistikā**

* + 1. stundas)

1. Enerģētisko stāvokļa skaita aprēķins dažāda veida sistēmām.
2. Bozē un Fermī gāzu termodinamiskās īpašības.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Elektrodinamika** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 38 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 26 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 23.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Sandris Lācis Dr.habil.phys. Edvīns Šilters |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt fizikas specialitātes studentus ar vienotā elektromagnētiskā lauka teoriju, balstītu uz Maksvela vienādojumiem, kā arī papildus iepazīstināt studentus ar speciālo relativitātes teoriju un relativistisko elektrodinamiku, paplašinot priekšstatus par elektriskā un magnētiskā lauku saistību.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. izvest Maksvela vienādojumus, paralēli iegūstot prasmes diferenciāloperatoru pielietojumam fizikālo lauku aprakstā; 2. nodemonstrēt Maksvela vienādojumu pielietojumu elektrostatikā, stacionārā magnētiskajā laukā, elektromagnētisko viļņu un starojuma aprakstā; 3. apgūt pamatpriekštatus par laiktelpu speciālās relativitātes teorijas kontekstā; 4. iegūt prasmes klasiskās elektrodinamikas uzdevumu risināšanā. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izskaidro elektromagnētisma teorētiskos pamatus, veicot to izvedumu no pamatprincipiem; 2. Izskaidro speciālās relativitātes teorijas pamatus, veicot to izvedumu no pamatprincipiem; 3. Orientējas skalāro un vektorlauku aprakstā, Hamiltona operatora nabla pielietošanā;   Prasmes:   1. Aprēķina tipiskākos vektorlauka, elektromagnētisma un speciālās relativitātes teorijas (turpmāk SRT) uzdevumus; 2. Analizē elektromagnētiskās mijiedarbības izpausmes veidus dažādās fizikas nozarēs; 3. Pārveido elektromagnētiskās sakarības, veicot pārejas starp punktveida un nepārtraukti sadalītiem lādiņiem, lineārām un tilpumā izvietotām strāvām; 4. Pielieto 4D telpas transformācijas, lai izskaidrotu notikumus dažādās atskaites sistēmās un SRT viedokļa;   Kompetence:   1. Formulē elektromagnētisma konkrēto izpausmi aprakstošos vienādojumus un robežnosacījumus; 2. Izvēlas elektromagnētisma problēmas risināšanas metodes; 3. Izskaidro kustīgu objektu elektromagnētiskā lauka izpausmes, pielietojot SRT atziņas; 4. Apzinās ētisku rīcību ikdienas studiju procesā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads elektromagnētismā. L2 2. Skalāri lauki un vektorlauki trīsdimensiju telpā. L2 P4 3. Elektrostatiskais lauks vakuumā. L2 P2 4. Stacionārs magnētiskais lauks vakuumā. L2 P2 5. Izvirzījums multipolu rindā. L2 P2 6. Elektromagnētiskā lauka pamatvienādojumi vakuumā. L3 P1 7. Saglabāšanās likumi elektromagnētismā. L3 P1 8. Elektromagnētisko viļņu lauks. L2 P2 9. Elektromagnētiskā starojuma lauks. L3 P1 10. Elektromagnētiskā lauka pamatvienādojumi vielā. L2 P2 11. Ievads Speciālajā Relaivitātes teorijā (SRT). L2 P2 12. 4-telpas ģeometrija. Relatīvistiskā kinemātika. L2 P2 13. Relatīvistiskā dinamika. L3 P1 14. Relatīvistiskās elektrodinamikas pamatvienādojumi. L2 P2 15. Lādiņa kustība elektromagnētiskajā laukā. L3 P1 16. Elektromagnētisma teorijas pārskats. L3 P1   L – lekcija, P – praktiskie darbi | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošais patstāvīgi:   1. papildus lekcijām iepazīstas ar teorijas izklāstu konspektos un literatūrā; 2. risina un iesniedz mājasdarbus; 3. gatavojas kontroldarbiem un eksāmenam, izmantojot pārbaudes darbu tematikas aprakstu un iepriekšējo gadu piemērus. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Semestra laikā ir regulāri jāiesniedz mājasdarbi un jāraksta 2 kontroldarbi (viens par Maksvela elektrodinamiku, otrs par speciālo relativitātes teoriju). Sesijas laikā ir rakstiskais eksāmens par visu kursa tematiku. Lekciju apmeklējums nav obligāts, bet mājasdarbi ir jāiesniedz savlaicīgi, tāpat kā kontroldarbi ir jāraksta noteiktajos laikos.  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. Mājasdarbi – 40% 2. Rakstisks kontroldarbs Nr.1 – 10% 3. Rakstisks kontroldarbs Nr.2 – 10%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Rakstisks eksāmens 40%   Ja svērto atzīmju summa par mājasdarbiem un kontroldarbiem ir zem 35%, tad studējošo nepielaiž pie eksāmena. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | | 1. Mājasdarbi |  |  | X | X | X |  | X | X | X | X | X | | 1. Rakstisks kontroldarbs Nr.1 | X |  | X | X |  | X |  |  |  |  | X | | 1. Rakstisks kontroldarbs Nr.2 |  | X |  | X |  |  | X |  |  |  | X | | 1. Eksāmens | X | X |  |  | X | X |  | X | X | X | X | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Jackson, J.D. Classical Electrodynamics Third Edition, Wiley, 1998, LUB 12 eks. 2. Nolting, W. Theoretical Physics 3: Electrodynamics, Springer, 2016 3. Nolting, W. Theoretical Physics 4: Special Theory of Relativity, Springer, 2017 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Carozzi, T., Eriksson, A., Lundborg, B., Thidé, B., Waldenvik, M. Classical Electrodynamics: On-Line Exercises Book, http://www.plasma.uu.se/CED/Exercises/EMFT\_Exercises.pdf 2. Šilters, E., Sermons, G., Miķelsons, J. Elektrodinamika, Zvaigzne, Rīga, 1986Lifshitz, E. M., Landau, L. D. The Classical Theory of Fields, Fourth Edition: Volume 2, Butterworth-Heinemann, 1980 3. Thidé, B. On-Line Textbook "Electromagnetic Field Theory", Second edition, <http://www.plasma.uu.se/CED/Book/EMFT_Book.pdf> | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| |  | | --- | | 1. Classical Electromagnetism, http://farside.ph.utexas.edu/teaching/em/em.html 2. Electricity and Magnetism, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/emcon.html> 3. Electromagnetism, http://en.wikipedia.org/wiki/Electrodynamics 4. MIT 8.02 Electricity and Magnetism, http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/ | | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **Ievads elektromagnētismā L2**   Elektromagnētisma vēsture. Fundamentālās mijiedarbības dabā un elektromagnētiskā mijiedarbība kā viena no tām. Mērvienību sistēmas elektromagnētismā –absolūtā un SI.   1. **Skalāri lauki un vektorlauki trīsdimensiju telpā L2 P4**   Vektoru ģeometriskā un algebriskā reprezentācijas, vektoru darbības, skalārie un vekotru lauki. Hamiltona operators nabla un tā pielietojums gradienta, diverģences un rotora aprēķinos. Vektorlauka integrālās teorēmas.   1. **Elektrostatiskais lauks vakuumā L2 P2**   Lādiņi sadalījumi elektrostikā, Kulona likums, Gausa likums, elektrostatiskā lauka rotors, elektrostatiskā lauka skalārais potenciāls, tā vienādojumi. Elektrostatiskā lauka enerģija.   1. **Stacionārs magnētiskais lauks vakuumā L2 P2**   Stacionāras strāvas: tilpuma strāva, lineāras strāva, diskrētu lādiņu kustība. Bio-Savāra likums. Strāvu mijiedarbības spēks. Ampēra likums. Vektrorpotenciāls, tā vienādojumi.   1. **Izvirzījums multipolu rindā L2 P2**   Izvirzījums multipolu rindā elektrostatiskajam laukam. Lādiņu sistēmas momenti. Lādiņu momentu lauks (dipolu un kavdrupola momentu lauki). Magnētisko multipolu magnētiskais lauks, magnētiskā dipola moments un tā lauks. Spēks un spēka moments, kas darbojās uz dipolu elektriskajā laukā.   1. **Elektromagnētiskā lauka pamatvienādojumi vakuumā L3 P1**   Elektrostatiskā un stacionārā magnētiskā lauka vienādojumi, to papildināšana vispārīgā gadījumā ar nestacionāro daļu. Diferenciālie un integrālie Maksvela vienādojumi; elektriskā lādiņa nezūdamības likums. Elektromagnētiskā lauka potenciāli. Lorenca un Kulona nosacījumi. Elektromagnētiskā lauka klasifikācija.   1. **Saglabāšanās likumi elektromagnētismā L3 P1**   Strāvas nepārtrauktības vienādojums. Elektromagnētiskā lauka enerģijas un enerģijas plūsmas blīvums, Poitinga vienādojums. Maksvela spriegumu izmantošana elektromagnētisko spēku aprēķinos.   1. **Elektromagnētisko viļņu lauks L2 P2**   Elektromagnētiskā lauka pieraksts kompleksajā formā. Elektromagnētisko viļņu vienādojumi. Plakans monohromatisks vilnis. Elektromagnētiskā viļņa vektoru E, B, k orientācija. Elektromagnētisko viļņu lineārā, cirkulārā un eliptiskā polarizācija. Enerģijas plūsma elektromagnētiskajā vilnī.   1. **Elektromagnētiskā starojuma lauks L3 P1**   Starojuma lauka avotu blīvumi, to Furjē reprezentācija. Starojuma zonas un tajās lietotie tuvinājumi. Elektromagnētiskā lauka retardētie potenciāli. Starojuma lauks viļņu zonā elektriskā dipola tuvinājumā.   1. **Elektromagnētiskā lauka pamatvienādojumi vielā L2 P2**   Elektromagnētiskā lauka avoti vielā: mikrolādiņi un mikrostrāvas. Vielas polarizācija un magnetizācija, to saistība ar lauka avotu funkcijām. Maksvela vienādojumu vielā izvedums. Četri lauka vektori un materiālās sakarības. Integrālie vienādojumi un robežnosacījumi laukam vielā. Skinefekts laukam vadītājos.   1. **Ievads Speciālajā Relaivitātes teorijā (SRT) L2 P2**   SRT postulāti – Galileja-Einšteina relativitātes princips, elektromagnētisko mijiedarbību izplatīšanās ātrums. Attāluma un laika mērīšana atskaites sistēmā, laika gaitas sinhronizācija. Lorenca transformāciju izvedums. Laika gaitas efekts. Kinemātiskais saīsinājums. 3D ātrumu saskaitīšana.   1. **4-telpas ģeometrija. Relatīvistiskā kinemātika L2 P2**   Notikumu telpa, 4- rādiusvektors (x0 un x4 reprezentācijas). Lorenca transformāciju matrica 4-telpā. Relatīvistiskais intervāls, tā klasifikācija un diferenciālis. Notikumu vienlaicība, tās relativitāte, īpašlaiks un attālums starp notikumiem. Absolūtā pagātne un nākotne, gaismas konuss. Lorenca transformāciju ģeometriskā interpretācija 4- ātruma un 4- paātrinājuma vektori.;   1. **Relatīvistiskā dinamika L3 P1**   Brīvas daļiņas Lagranža funkcija un relatīvistiskais impulss. Relatīvistiskā masa, miera masa; pilnā enerģija, miera enerģija, kinētiskā enerģija. Brīvas daļiņas Hamiltona funkcija. Enerģijas-impulsa 4-vektors, enerģijas-impulsa nezūdamības likums. Ņūtona otrais likums SRT.   1. **Relatīvistiskās elektrodinamikas pamatvienādojumi L2 P2**   Elektromagnētiskā lauka 4-potenciāls un 4-strāva. Elektromagnētiskā lauka potenciālu vienādojumi SRT. 4-potenciāla un 4-strāvas Lorenca transformācijas. Elektromagnētiskā lauka tenzors, Maksvela vienādojumi SRT. Lorenca transformācijas elektromagnētiskajam laukam. 4-viļņu vektors, elektromagnētisko viļņu relatīvistiskais Doplera efekts.   1. **Lādiņa kustība elektromagnētiskajā laukā L3 P1**   Lagranža funkcija elektriskajam lādiņam elektromagnētiskajā laukā. Lādiņa impulss, enerģija un Hamiltona funkcija elektromagnētiskajā laukā. Lādiņa kustības vienādojumi. Lorenca spēka blīvums. Elektromagnētiskā lauka enerģijas-impulsa tenzors.   1. **Elektromagnētisma teorijas pārskats L3 P1** 2. Klasiskās elektromagnētisma teorijas un speciālās relativitātes teorijas pārskats | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kursa nosaukums** | **Kvantu mehānika** | |
| **Zinātnes nozare** | Fizika un astronomija | |
| **Kredītpunkti** | 4 | |
| **Kopējais auditoriju stundu skaits** | 64 | |
| **Lekciju stundu skaits** | 32 | |
| **Semināru un praktisko darbu stundu skaits** | 32 | |
| **Laboratorijas darbu stundu skaits** | 0 | |
| **Studenta patstāvīgā darba stundu skaits** | 96 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 | |
| **Kursa izstrādātājs (-i)** | Profesors Dr.phys. Vjačeslavs Kaščejevs | |
| **Priekšzināšanas** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| **Kursa anotācija** |  | |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studentu izpratni par kvantu mehānikas fundamentālajiem principiem un attīstīt atbilstošā matemātiskā apraksta pielietošanas prasmes.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iepazīt kvantu parādību matemātiskā apraksta pamatjēdzienus: stāvokļa vektors, operators, Borna likums, Šrēdingera laika evolūcija, kvantu sapinums. 2. Attīstīt intuīciju par elementāru kvantu sistēmu uzvedību, t.sk. izmantojot skaitliskas simulācijas un kvantu skaitļotājus. 3. Apgūt prasmi formulēt kvantu mehānikas uzdevumiem atbilstošus matemātiskus vienādojumus un izvēlēties piemērotas analītiskas un skaitliskas metodes to risināšanai. 4. Gūt ieskatu par kvantu mehānikas matemātiskā aparāta saistību ar citu fizikas nozaru jēdzieniem, modeļiem un tuvinājumiem. 5. Iepazīties ar kvantu mehānikas teorētisko sakarību pielietojumiem mikropasaules parādību un vielu uzbūves skaidrošanā, kā arī kvantu tehnoloģiju attīstībā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| **Studiju rezultāti** |  | |
| Zināšanas:   1. Demonstrē padziļinātas zināšanas par kvantu mehānikas fundamentālajiem jēdzieniem un principiem; 2. Izskaidro atomfizikas, cietvielu fizikas, elementārdaļiņu fizikas parādības izmantojot kvantu mehānikas jēdzienus;   Prasmes:   1. Formulē adekvātu matemātisku modeli vienkāršu fizikālu kvantu sistēmu kvantitatīvajam aprakstam; 2. Pielieto kvantu mehānikas uzdevumiem piemērotas analītiskas un skaitliskas matemātikās metodes; 3. Atpazīst kvantu teorijas elementus un matemātiskas struktūras aktuālajās zinātniskajās publikācijās;   Kompetence:   1. Orientējas kvantu tehnoloģiju darbības principos un attīstības virzienos; 2. Novērtē vajadzību pēc kvantu mehāniskajiem modeļiem aktuālajās pētniecības problēmās. | | |
| **Studiju kursa kalendārais plāns** | | |
| 1. Ievada pārskats par kvantu teorijas vēsturi un mūsdienu lomu fizikā un kvantu tehnoloģijās. L2 2. Lineārā algebra Dīraka braket apzīmējumos. L4 P4 3. Kvantu mehānikas konceptuālais ietvars un postulāti. L2 4. Divu līmeņu sistēmas kinemātika: spins 1/2 un kubits. Pauli matricu algebra un Bloha sfēra. L2 P4 5. Kvantu dinamika: Šrēdingera vienādojums vispārīgā formā, Hamiltoniāns, brīvā un no laika atkarīgā kvantu dinamika, enerģijas īpašstāvokļu īpašā loma. L2 P2 6. Divu līmeņu sistēmas dinamika. Rabi oscilācijas – kvantu loģisko operāciju realizācija. L2 P4 7. 1D nepārtrauktā mainīgā kvantu mehānika, Šrēdingera viļņu vienādojums. Piemēri: elektrons ārējā laukā, E/M lauka modas. L4 P2 8. Kvantu harmoniskais oscilators, radīšanas un iznīcināšanas operatoru metode, Foka un koherentie stāvokļi. L2 P2 9. Perturbāciju teorija kvantu mehānikā. L2 P2 10. Kvantu sapinums: divu spinu (kubitu) sistēmas piemērs. Nelokalitāte, Bela nevienādības. L4 P2 11. Grupu teorijas elementi kvantu mehānikā. Translāciju, rotāciju un kliforda grupas, apmaiņas simetrija. L2 P2 12. 3D rotācijas, leņķiskais moments un sfēriskās harmonikas. L2 P2 13. Ūdeņraža atoms, L2 P2 14. Seminārs par aktuālajiem kvantu mehānikas pielietojumiem. S4   L – lekcija, P – praktiskie darbi, S - seminārs | | |
| **Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums** | | |
| Studentu patstāvīgais darbs tiek organizēts gan individuāli, gan klātienē grupās.   1. Kursa teorētisko atziņu apgūšana, izmantojot mācību literatūru un e-studiju resursus. 2. Uzdevumu individuāla patstāvīga risināšana, gatavojoties praktiskajiem darbiem. 3. Uzdevumu risināšana praktisko nodarbību laikā individuāli un grupās, docētāja vadībā, 4. Zinātniskās literatūras izpēte, individuālās semināra tēmas izvēle (apstiprina kursa docētājs). 5. Semināra prezentācijas sagatavošana. | | |
| **Prasības kredītpunktu iegūšanai** | | |
| Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   * + 1. 2 kontroldarbi semestra laikā – 40%     2. Uzstāšanās seminārā – 20%   Noslēguma pārbaudījums:  3. Eksāmens (mutisks) par eksāmena laikā izvēlēto teorijas jautājumu un praktisku uzdevumu – 40%. | | |
| **Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  **Studiju rezultātu vērtēšana**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. Divi kontroldarbi | x |  | x | x |  |  |  | | 1. Seminārs |  |  |  |  | x | x |  | | 1. Eksāmens | x | x |  | x |  | x | x | | | |
| **Obligāti izmantojamie informācijas avoti** | | |
| 1. McIntyre, D. Quantum Mechanics (Pearson, 2012) 2. Nielsen, M. A., Chuang, I. L. Quantum Computation and Quantum Information(Cambridge University Press, 2010) 3. Sakurai, J.J., Napolitano, J. Modern Quantum Mechanics (Cambridge Unviersity Press, 2017) | | |
| **Papildu informācijas avoti** | | |
| 1. Landau L.D., Lifšics J.M. Kvantu mehānika. Nerelatīvistiskā teorija. M.: Nauka, 1989 (krievu val.) 2. Miķelsons J., Rolovs B., Šilters E. Kvantu mehānika. Rīga: 1970. 3. Susskind, L., Friedman, A. Quantum Mechanics: The Theoretical Minimum (Basic Books, 2015). | |
| **Periodika un citi informācijas avoti** | | |
| Zinātniskie žurnāli un fizikas ziņu portāli:  1. Nature;  2. Nature News;  3. Science;  4. Physical Review Focus. | | |
| **Kursa saturs** |  | |
| 1.Kvantu mehānikas konceptuālais ietvars un pamatjēdzieni  a.Kvantu teorijas vēsture mūsdienu lomu fizikā un kvantu tehnoloģijās  b.Piemēri: fotonu un elektronu Debroljī viļņi un spina kubiti  2.Lineārā algebra Dīraka braket apzīmējumos.  a.Hilberta telpas aksiomas. Skalārais reizinājums, norma, bāze.  b.Matricu reprezentācija  c.Lineāri pašsaistīti operatori, spektrālā teorēma  3.Kvantu mehānikas postulāti.  a.Sistēmā un mērījumi. Inicializācija, brīvā evolūcija, mērījums. Fizikālie lielumi (observables) un to savietojamība.  b.Stāvokļa un fizikālo lielumu reprezentācijas Hilberta telpā. Borna likums.  c.Nenoteiktības princips, superpozīcijas princips.  4.Divu līmeņu sistēmas kinemātika:  a.Spins 1/2 un kubits: projekciju operatori, Pauli matricu algebra.  b.Bloha sfēra  5.Kvantu dinamika  a.Šrēdingera vienādojums vispārīgā formā, Hamiltoniāns. Brīvā un no laika atkarīgā kvantu dinamika, enerģijas īpašstāvokļu īpašā loma.  b.Vispārīgais atrisinājums stacionārajā gadījumā. Stacionārais Šrēģingera kā īpašvērtību problēma.  c.Divu līmeņu sistēmas dinamika: brīvā rotācija, Rabi oscilācijas.  d.Viena kubita kvantu loģiskās operācijas, to realizācija spina sistēmās.  6.Nepārtrauktā mainīgā kvantu mehānika  a.Viļņu funkciju Hilberta telpa. Delta funkcijas un Dīraka neīpašie (improper) vektori. Koordinātas un impulsa reprezentācijas.  b.Nerelativitstikais vienas daļiņas Šrēdingera viļņu vienādojums.  c.Fizikālie piemēri: elektrons ārējā laukā, E/M lauka modas kvadratūras.  d.Kvantu harmoniskais oscilators, radīšanas un iznīcināšanas operatoru metode, Foka un koherentie stāvokļi.  7.Perturbāciju teorija  a.Nekomutējošo operatoru summas perturbatīva diagonalizēšanas: nedeģenerētu īpašvērtību gadījums.  b.Deģenerētu stāvokļu perturbācijas teorija.  8.Kvantu sapinums un kvantu skaitļošana  a.Divu spinu (kubitu) sistēmas piemērs. Sapinuma definīcija un mēri.  b.Kvantu mehānikas nelokalitāte, Bela nevienādības.  c.Kvantu skaitļotāja universālais lokālu loģisku operāciju modelis.  9.Grupu teorijas elementi  a.Grupas ka fizikālās simetrijas apraksts, grupas elementu un Hamiltoniāna komutācijas nosacījums.  b.Translāciju, rotāciju un kliforda grupas. Gupu diktēto kvantu skaitļu fizikālie piemēri: impulss, kvazi-impulss, leņķiskais moments.  c.Apmaiņas simetrija. Bozonu, femionu un anionu simetrija,  10.Sfēriski simetrisku sistēmu kvantu mehāniskais apraksts  a.3D rotāciju grupas reprezentācijas, leņķiskā momenta operatoru algebra.  b.Sfēriskās harmonikas.  c.Vienas daļiņas kustības Keplera laukā: ūdeņraža atoms orbitāles. | | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Ievads bioloģiskajā fizikā*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 26 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 6 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Andrejs Cēbers |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt ar bioloģiskās fizikas priekšmetu.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Apgūt biopolimēru modeli elastīgo stieni; 2. Apgūt fluktuāciju-dissipācijas teorēmu un tās pielietojumus; 3. Gūt izpratni par membrānu teorētisko aprakstu; 4. Apgūtu fāzu līdzsvaru polimēru šķīdumos. Florī-Higginsa modelis; 5. Izzināt mikroorganismu kustīgumu; 6. Apgūt MatLab konkrētu bioloģiskās fizikas problēmu risināšanai.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro pamata fizikas problēmas dzīvā pasaulē; 2. Skaidro fluktuāciju-dissipācijas teorēmas pielietojumus dzīvās  pasaules parādību aprakstā;   Prasmes:   1. Risina MatLab vidē biopolimēru deformācijas; 2. Pielieto mikroreoloģijas metodes; 3. Analizē mikroorganismu kustības likumsakarības;   Kompetence:   1. Kritiski analizē un izvērtē fizikāla rakstura problēmas dzīvā pasaulē. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Fluktuāciju - dissipācijas teorēma mikroreoloģijā. Kramersa-Kroniga sakarības. L2 2. Elastības moduļa noteikšana ar pasīvo metodi. L2 3. Piemēri: Brauna daļiņa viskozā vidē, Brauna daļiņa lazerpincetes optiskā laukā. L2 4. Elastīga stieņa modelis. L2 5. Elastīga stieņa līdzsvara konfigurācijas. Eilera nestabilitāte. L1 P1 6. Kvazilokanu stīgu tīkla elastība. Brauna kustība kvazilokanu stīgu tīklā. Subdifūzija. L2 7. Viskoelastīgu vidu makroskopiskie modeļi. Maksvela modelis, Kelvina modelis, Kelvina-Voigta modelis. L1 P1 8. Magnētiskā mikroreoloģija. L1 P1 9. Vērpe biopolimēros. Elastīgs stienis ar vērpi. Plektonēmas. L1 P1 10. Saites skaitlis, vērpes skaitlis un Wr. L2 11. Ievads virsmu differencialģeometrijā. L2 12. Gausa liekums. Ģeodēziskās līnijas. Gausa-Bonē torema. Eilera formula. Fulerenu ģeometriskās īpašības. L1 P1 13. Lipīdi. Membrānas. To liekuma elastības enerģija. L2 14. Membrānu siltumfluktuācijas. Evansa eksperiments. Magnētiskās vezikulas. L1 P1 15. Membrānu entropiālais atgrūšanās spēks. Lāzerpincetes membrānu fizikā. L2 16. Molekulārie motori. To raksturlielumu eksperimentāla noteikšana. L2   L – lekcija, P – praktiskie darbi | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Patstāvīgi risina uzdevumu komplektu, kurš jāuzrāda gala pārbaudījumā, par tēmām:   1. Elastīga stieņa Eilera nestabilitāte; 2. Elastīga stieņa siltumfluktuācijas; 3. Mikroreoloģija un fluktuāciju-dissipācijas teorēma; 4. DNS vērpe un tās topoloģiskais raksturojums. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Studenti risina piedāvāto uzdevumu komplektu, kam nepieciešamās bāzes zināšanas tiek aplūkotas lekcijās.Visa semestra gaitā pasniedzējs pieejams konsultācijām.  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījums:  1. Uzdevumu komplekta atrisinājumi iztirzājums – 80%  Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks): Uzdevuma komplekta atrisinājumu aizstāvēšana - 20% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Starppārbaudījums | x | x | x | x | x | x | | 2. Eksāmens | x | x | x | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Walter, P. 2002. Molecular biology of the cell, 4th ed. New York, Garland Publishing. 2. Nelson, Ph. Biological physics. W.H.Freeman&, 2004. 3. Seifert, U. Advances in Physics, v.46,P.13-190,1997. 4. Statistical mechanics of membranes and surfaces. Vol.5 . Proceedings of the Jerusalem Winter School for Theoretical Physics, Singapore, World Scientific 1989 (eds.:D.Nelson,T.Piran, and S.Weinberg) 5. Strick, T.R. et al. Stretching of macromolecules and proteins. Rep.Prog.Phys. ,2003, v.66 ,P.1-45. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Berg, H. Motile behaviour of bacteria. Physics Today - January 2000 - P.20-29. 2. Carmo, D.M. Differential geometry of curves and surfaces, Prentice Hall, 1976. 3. Cebers, A. Dynamics of a chain of magnetic particles connected with elastic linkers. Journal of Physics: Condensed Matter – 2003, v.15 – P.S1335–S1344 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Los Almos National Laboratory, xxx.lanl.gov 2. Nature, Science 3. Physical Review E 4. Physical Review Letters | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1.temats  **Biopolimēru modeļi**  (lekcija – 3 stundas)   1. Elastīga stieņa līdzsvara konfigurācijas. Eilera nestabilitāte; Tiek formulēts elastīga stieņa matemātiskais modelis, dotas spēku un spēku momenta izteiksmes, kuri darbojas stieņa šķersgriezumā. Robežnosacījumi uz stieņa galiem.Stieņa līdzsvara nosacījumi. 2. Algoritms līdzsvara konfigurāciju aprēkinam; Frenē vienādojumi.Robežproblēmu risinājums MatLab vidē.   2. temats  **Fluktuāciju-dissipācijas teorēma**  (2lekcijas 4 stundas)   1. Fluktuāciju-dissipācijas teorēmas formulējums. Uzņēmiba un tās matemātiskās īpašibas. Kramersa-Kroniga sakarības; 2. Brauna daļiņa viskozā vidē un fluktuāciju dissipācijas teorēma.. Brauna daļiņa lāzerpincetes optiskā laukā; 3. Elastības moduļa noteikšana ar pasīvo metodi; 4. Fluktuāciju-dissipācijas teorēma mikroreoloģijā   3.temats  **Biopolimēru siltumfluktuācijas**  (lekcija – 2 stundas)   1. Persistences garums kā biopolimēru termisko fluktuāciju raksturojums. Aktīna, mikrotūbulu, DNS persistences garumi.; To eksperimentāla noteikšana. 2. Saistītu biopolimēru tīkli. Biololimēru siltumfluktuāciju iztaisnošana un citoskeleta elastība; 3. Brauna kustība fluktuējošu stīgu ansamblī; Jēdziens par subdifūziju. Superdifūzija kā aktīvas daļiņas kustības piemērs. Kolloidālu daļiņu kustības šūnās eksperimentāli pētījumi   4. temats  **Viskoelastība**  (lekcija – 2 stundas)   1. Viskoelastīgu vidu modeļi. Maksvela modelis, Kelvina modelis, Voigta modelis; Viskoelastīgu vidu deformācijas piemēri. Spriegumu relaksācijas laiks. 2. Magnētiskā mikroreoloģija; Krika eksperimenta realizācija bakteriofāgu ansambļos. Elastības un viskozā moduļu atkarības no deformācijas frekvences.   5. temats  **Vērpe un DNS topoloģija**  (lekcija – 2 stundas)   1. Elastīgs stienis ar vērpi. Tā nestabilitāte pie vērpes. Plazmīdu savērpums un to cilpas.Plektonēmas; 2. Saites skaitlis, vērpes skaitlis un Wr;   6. temats  **Membrānas**  (4 lekcijas – 8 stundas)   1. Virsmu differenciālģeometrija; 2. Gausa liekums. Ģeodēziskās līnijas. Gausa-Bonē teorēma. Eilera formula; 3. Lipīgi, to bislāni, membrānu liekuma enerģija; 4. Membrānu siltumfluktuācijas. Evansa eksperiments; 5. Membrānu entropiālais atgrūšanās spēks;   7. temats  **Molekulārie motori**  **(**lekcija – 2 stundas**)**   1. Molekulāro motoru modeļi.Feinmana zobrats. Siltumfluktuāciju iztaisnošana un mehāniskais darbs. Kolloidāla daļiņa zāģveida potenciāla laukā kā molekulāra motora piemērs. 2. Molekulāro modeļu raksturlielumu noteikšana   8.temats  **Elektrostatika dzīvās sistēmās**  (2 lekcijas – 4 stundas)   1. Elektrolīti. Debaja garums; 2. Elektroforēze, elektroosmoze; 3. Elektrostatiskās mijiedarbības elektrolītu šķīdumos;   9. temats  **Praktiskie darbi – uzdevumi bioloģiskā fizikā**  ( 9 stundas)   1. Robežuzdevumi elatīga mehānikā stieņa; 2. Elastīga stieņa siltumfluktuācijas; 3. Viskoelastīgu materiālu deformācija; 4. Daļiņas kustība zāģveida potenciāla; 5. Elektroforēzes ātruma aprēķināšana Stoksa hidrodinamika. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Statistiskās fizikas skaitliskās metodes*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 14 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 18 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Ivars Driķis |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi5014, Klasiskā mehānika |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju apgūt studentiem pamatzināšanas par statistiskās fizikas modernajām skaitliskajām metodēm.  Studiju kursa uzdevumi ir:  1. Iepazīties ar Monte-Karlo un molekulārās dinamikas skaitliskajām metodēm;  2. Apgūt Isinga sistēmas skaitliskajā modelēšanā;  3. Apgūt Einšteina kristāla modeli un skaitlisko termometru algoritmus;  4. Apgūt ķīmiskā potenciala noteikšanas metodes skaitliskajos aprēķinos.  Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro Monte-Karlo integrēšanas Metropolis algoritma teorētiskos pamatus; 2. Skaidro Einšteina kristāla modeļa svarīgākos analītiskos rezultātus; 3. Skaidro Īzinga modeļa svarīgākos analītiskos rezultātus;   Prasmes:   1. Veic skaitliskos eksperimentus;   Kompetence:   1. Izvēlas pareizos parametrus aprēķiniem un analizē rezultātus. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievadnodarbība. Statistiskās fizikas aprēķini. L2 2. Magnētiskās sistēmas, Izinga modelis. L4 S6 3. No mikroskopiskā uz makroskopisko. L4 S6 4. Ķīmiskais potenciāls un fāzu koeksistence. L4 S6   L – lekcija, P – praktiskie darbi | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un/vai mazākās darba grupās.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Gatavoties semināru nodarbībām; | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. Izstrādāt un prezentēt seminārā praktisko darbu rezultātus par tēmu “ Magnētiskās sistēmas, Īzinga modelis” – 25% 2. Izstrādāt un prezentēt seminārā praktisko darbu rezultātus par tēmu “No mikroskopiskā uz makroskopisko” – 25% 3. Izstrādāt un prezentēt seminārā praktisko darbu rezultātus par tēmu “Ķīmiskais potenciāls un fāzu koeksistence” – 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens, rakstisks – 25 %   Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja kārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 1. starppārbaudījums | X |  |  | X | X | | 2. starppārbaudījums |  | X |  | X | X | | 3. starppārbaudījums |  |  | X | X | X | | 4. Eksāmens | X | X | X | X | X | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Gould, H., Tobochnik, J. *Thermal and Statistical Physics*,  Princeton University Press, 2010. 2. Haile, J. M. *Molecular dynamics simulations. Elementary methods*. John Wiley & Sons, New York 1992. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Allen, M. P., Tildesley, D. J. *Computer simulations of liquids*, Clarendon Press, Oxford, 1987 2. Frankel, D., Smit, B. *Understanding molecular simulations*. Acdemic Press, London, 2002 3. Hoover, Wm. G. *Molecular dynamics, In Lecture Notes in Physics, 258*. Spinger-Verlag, Brelin, 1986 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Flyvbjerg, H., Petersen, H.G. Error estimates on averages of correlated data. J. Chem. Phys. , vol. 91 (1989). | |
| ***Kursa saturs*** |  |
|  | |

1. **Ievadnodarbība. Statistiskās fizikas aprēķini.**

Termodinamiskā sistēma un tās parametri, statistiskās fizikas skaitliskās metodes. Monte-Karlo integrēšana, Metropolis algoritms. Klasisks dipols ārējā elektriskajā laukā kā metodes piemērs.

* + - 1. **Magnētiskās sistēmas, Izinga modelis**

Īzinga sistēma kā magnētiskās sistēmas vienkāršotais modelis. Metropolis algoritma adaptācija Īzinga sistēmas skaitliskajai modelēšanai.1D Izinga ķēde, termodinamisko parametru teorētiskās formulas. Praktiskie darbi: 1D sistēmas termodinamisko parametru skaitlisko rezultātu iegūšana; 2D sistēmas termodinamisko parametru skaitlisko rezultātu iegūšana, feromagnētiskā histerēze;

* + - 1. **No mikroskopiskā uz makroskopisko**

Pāreja no mikroskopiskās uz makroskopisko sistēmu no varbūtību teorijas skatupunkta. Einšteina kristāla un daļiņu kastītes modeļi. Temperatūras dēmons.  Praktiskie darbi: Līdzsvars daļiņu kastītes modelim. Termodinamiskais līdzsvars un temperatūra Einšteina kristālam.

* + - 1. **Ķīmiskais potenciāls un fāzu koeksistence**

Ķīmiskais potenciāls Einšteina kristāla modelim. Ķīmiskā potenciāla dēmons, Widoma daļiņas ievietošanas metode. Praktiskie darbi: Ķīmiskais potenciāls 2D lenarda-Dzonsa gāzei. Ķīmiskais potenciāls ideālai viendimensionālai gāzei, starpdaļiņu mijiedarbības spēku ietekme.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Kvantu fizikas skaitliskās metodes*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 18 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 14 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 18.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.chem. Ģirts Barinovs |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju atpazīt fizikālas problēmas, kuru atrisināšanai ir izmantojamas kvantu fizikas skaitliskās metodes, iemācīties veikt kvantu ķīmiskos aprēķinus, iemācīties interpretēt savu un citu cilvēku veikto aprēķinu rezultātus.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Saprast kvantu mehānikas likumus, kas nepieciešami atomu un molekulu īpašību aprēķinam; 2. Saprast galvenos tuvinājumus vielas elektroniskās struktūras aprakstam, kontrolēt tuvinājumu pielietojumu precizitāti, zināt tās uzlabojuma iespējas. Prast ņemt vērā tehnoloģiju doto iespēju robežas; 3. Prast izveidot tipveida kvantu ķīmisko aprēķinu programmas ievaddatni; 4. Aprēķināt atomu un molekulu elektronu struktūru, izmantojot abinitio un pusempīriskas aprēķinu metodes, izmantojot viļņu funkcijas vai blīvuma funkcionāļa pieeju; 5. Veikt un prezentēt individuālu pētījumu molekulu īpašību teorētiskai iegūšanai, izvēloties labākos aprēķina tuvinājumus, analizēt rezultātus, to precizitāti, apkopojot eksperimentālu un teorētisku informāciju no zinātniskās literatūras, salīdzināt to ar saviem aprēķinu datiem.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Formulē un skaidro elektronu struktūras aprēķinu un kodolu kustības apraksta pamatvienādojumus un saistītos tuvinājumus; 2. nosauc galvenās aprēķinu metodes, skaidro to priekšrocības un trūkumus;   Prasmes:   1. Praktiski pielieto kvantu fizikas skaitlisko aprēķinu metodes daudzelektronu sistēmām; 2. interpretē un prezentē iegūtos rezultātus;   Kompetence:   1. Izvēlas pētāmai daudzelektronu sistēmas problēmai atbilstošu skaitlisko aprēķinu metodi; 2. izvēlas tuvinājumu, novērtē aprēķina veikšanas, iespējamību; 3. veic aprēķinus, izvēloties aprēķinu veikšanai nepieciešamos datorresursus un novērtē aprēķina laiku; 4. Interpretē rezultātus un to precizitāti; 5. piedāvā reālistiskas iegūto rezultātu uzlabošanas iespējas. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Šrēdingera vienādojums un tuvinājumi. L2 2. Elektronu viļņu funkcijas. L2 P2 3. Ūdeņraža molekula. L2 P2 4. Vienelektrona tuvinājums. L2 P2 5. Viļņu funkcijas attīstība laikā. L2 P2 6. Elektronu korelācija. L4 P2 7. Blīvuma funkcionāļa metode. L2 P2 8. Skaitlisko metožu pielietojums atomu mijiedarbības aprakstam. P2 9. Kvantu nepārtrauktās vides metodes. L2   L - lekcija, P - praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli. Studējošiem tiek rekomendēts kursa apgūšanai organizēties mazās grupās, pārbaudījumos iesniedzot sava individuālā darba rezultātus.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Analizēt savas nodarbības laikā pieļautās kļūdas (tādas kā pasniedzēja doto uzdevumu risināšanas laikā un grupu darba laikā) un apgūt iztrūkstošās zināšanas; 3. Gatavoties eksāmenam; 4. Izpildīt 6 mājasdarbus; 5. Mājās spēt atkārtot praktiskos darbos veiktos aprēķinus. Veikt patstāvīgus aprēķinus ar pasniedzēju saskaņotas pētnieciskas problēmas aprakstam, patstāvīgi izvēloties skaitlisko metodi, interpretējot rezultātus un uzlabojot rezultātu precizitāti; 6. Sagatavot sava aprēķina prezentāciju. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Studiju kursa apgūšanas gaitā ir praktiskie darbi ar datoru, izmantojot iegūtās teorētiskās zināšanas, molekulu, šķidrumu un cietvielu īpašību aprēķināšanai. Kursa noslēgumā studenti veic aprēķinu sarežģītai sistēmai vai procesam, izmantojot kursā iegūtās zināšanas.  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. 7 praktiskie darbi un 6 mājasdarbi - 20% 2. Skaitliska aprēķina mutiska prezentācija - 40%   Noslēguma pārbaudījums:   1. gala pārbaudījums rakstisks eksāmens - 40%   Lai iegūtu gala atzīmi jābūt izstrādātiem visiem praktiskiem darbiem. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | | 1. Praktiskie darbi un mājasdarbs | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | 1. Skaitlisks aprēķins un tā prezentācija |  |  | x | x | x | x | x | x | x | | 1. Eksāmens | x | x |  |  |  |  |  |  |  | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Āboliņš, J., Šilters, E. Vielas uzbūve : teorētiskās fizikas un kvantu ķīmijas nodaļas : mācību līdzeklis augstskolu ķīmijas fakultāšu studentiem, Rīga : Zvaigzne, 1970, 284, [1] lpp. : il. 2. Miķelsons, J., Rolovs, B., Šilters, E.,; Rolova, B. red., Kvantu mehānika : mācību līdzeklis universitāšu un pedagoģisko institūtu fizikas un matemātikas fakultāšu studentiem, Rīga : Zvaigzne, 1970, 354, [1] lpp. : il., graf. 3. Szabo, A., Ostlund, N.S. ,Modern Quantum Chemistry: Introduction to Advanced Electronic Structure Theory, Dover Books, (1982). | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Burke, K, The ABC of DFT (2007), http://www.chem.uci.edu/~kieron/dftold2/materials/bookABCDFT/gamma/g1.pdf 2. From nano to macro: Introduction to atomistic modeling techniques. Lecture notes (2005) http://web.mit.edu/mbuehler/www/Teaching/LS/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **1. temats. Šrēdingera vienādojums**  (lekcija - 2 stundas)  No laika neatkarīgs Šrēdingera vienādojums. Elektronu un kodolu koordinātes. Borna Openheimera tuvinājums.  **2. temats. Elektronu viļņu funkcijas.**  (lekcija - 2 stundas, praktiskie darbi - 2 stundas)  Mēģinājuma elektronu viļņu funkcijas analītiskas reprezentācijas. Sleitera un Gausa bāzes funkcijas.  **3. temats. Ūdeņraža molekula.**  (lekcija - 2 stundas, praktiskie darbi - 2 stundas)  Ūdeņraža molekula. Kulona un apmaiņas integrālis, mijiedarbības potenciāls, vibrācijas.  **4. temats. Vienelektrona tuvinājums.**  (lekcija - 2 stundas, praktiskie darbi - 2 stundas)  Vienelektrona tuvinājums, Hartrī Foka metode. Daudzelektronu atomi. Molekulu apraksts.  **5. temats. Viļņu funkcijas attīstība laikā.**  (lekcija - 2 stundas, praktiskie darbi - 2 stundas)  No laika atkarīgs Šrēdingera vienādojums. Viļņu funkcijas attīstība laikā. Mikroskopisku un makroskopisku procesu norises ātrumi.  **6. temats Elektronu korelācija.**  (lekcija - 4 stundas, praktiskie darbi - 2 stundas)  Elektronu korelācijas, to aprēķinu metodes. Daudzkonfigurāciju metodes, perturbācijas teorijas.  **7. temats. Blīvuma funkcionāļa metode.**  (lekcija - 2 stundas, praktiskie darbi - 2 stundas)  Blīvuma funkcionāļa metode. Enerģijas funkcionāļi.  **8. temats. Skaitlisko metožu pielietojums**  (praktiskie darbi - 2 stundas)  Lenarda-Džonsa potenciāla īpašības un parametru iegūšana.  **9. temats. No nano uz makro**  (lekcijas - 2 stundas)  Kvazi nepārtrauktās vides metode. Saistītās diskrētās dislokācijas dinamikas un atomistiskas simulācijas metode. Saistīto domēnu metode. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Augstas veiktspējas skaitļošana fizikā*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.sc.ing. Andris Guļāns |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir radīt priekšstatu un attīstīt studentu izpratni par augstas veiktspējas skaitļošanu fizikā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar iespējām skaitliski risināt fizikas problēmas, izmantojot paralēlos algoritmus, 2. iegūt ieskatu paralēlās skaitļošanas metodēs, 3. iemācīties izmantot ar augstas veikspējas matemātikas bibliotēkas, 4. analizēt paralēlo algoritmu efektivitāti, 5. iegūt pieredzi skaitļošanas centru praktiskā izmantošanā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo zinātniskās programmatūras veiktspēju un to ierobežojošiem faktoriem; 2. Izprot paralēlo skaitļošanu un ar to saistītas pamatpatpieejas: vektorizāciju, daudzpavedienu programēšanu un MPI;   Prasmes:   1. analizē programmas paralēlās skaitļošanas efektivitāti, izmantojot paātrinājuma un mērogojamības jēdzienus; 2. veic aprēķinus skaitļošanas centrā - darbs ar īpašu aprīkojumu skaitlisku eksperimentu veikšanai, eksperimentālas iemaņas);   Kompetence:   1. Programmē Fortrānā; 2. Analizē un izvērtē standartuzdevumus (lineāru vienādojumu sistēma, īpašvērtību problēma, Furjē transformācija) problēmas risinājumā un pieslēgt tiem veltītas augstas veiktspējas bibliotēkas; 3. Pielieto paralēlas programmēšanas metodes fizikālu parādību pētīšanai. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads, zinātniskās skaitļošanas jēdziens, LINUX vide. L2 2. FORTRAN programmēšanas valoda. L2 Ld2 3. Paralēlā skaitļošana, paralēlisma veidi. L2 4. Aritmētisko darbību vektorizācija. L2 Ld2 5. Daudzpavedienu programmēšana – OpenMP. L2 Ld4 6. MPI. L4 Ld4 7. Augstas veiktspējas bibliotēkas. L2 Ld2 8. Skaitļošanas centru resursu izmantošana. Ld2   L - lekcija, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa gaitā studenti saņem uzdevumus laboratorijas darbu izpildei. Katrs darbs tiek veikts daļēji nodarbību laikā, daļēji patstāvīgi. Katrs darbs tiek vērtēts 10 punktu skalā, 0-10. Darbu sekmīga izpilde ir priekšnoteikums pielaidei pie eksāmena. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. 6 laboratorijas darbos - 75%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) - 25% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. 6 laboratorijas darbi | + | + | + | + | + | + | + | | 1. Eksāmens | + | + | + |  | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Thijssen, J.M. Computational Physics 2. Trobec, R., Slivnik, B., Bulić, P., Robič, B. Introduction to Parallel Computing | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. FORTRAN documentācija, https://software.intel.com/en-us/fortran-compiler-developer-guide-and-reference-language-reference 2. LAPACK dokumentācija, http://www.netlib.org/lapack/explore-html/ 3. Open MPI dokumentācija, https://www.open-mpi.org/doc/current/ 4. OpenMP standarts, https://www.openmp.org/wp-content/uploads/OpenMP-API-Specification-5.0.pdf 5. Press, W.H. (Autor), Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P.Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing 6. ScaLAPACK dokumentācija, http://www.netlib.org/scalapack/explore-html/ 7. Thijssen, J.M. Computational Physics | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. The Parallel Universe Magazine, https://software.intel.com/en-us/parallel-universe-magazine | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Ievads. Zinātniskās skaitļošanas jēdziens. Paralēlās skaitļošanas jēdziens. Paralēlo algoritmu izmantošana fizikas uzdevumu risināšanā. 2. LINUX vides lietošana. Attālināta skaitļošanas resursu izmantošana. 3. FORTRAN programmēšanas valoda. Kompilēšana, bibliotēku pieslēgšana. Piemērs: skaitļa pī aprēķināšana, izmantojot Montekarlo metodi. 4. Paralēlā skaitļošana. Ieskats paralēlisma veidos un tiem nepieciešamās datoru arhitektūrās. Procesora maksimālās veiktspējas novērtējums. Paralēlo algoritmu mērogojamība. 5. Aritmētisko darbību vektorizācija. SSE un AVX tehnoloģijas. Kompilatoru automātiski veiktā vektorizācija. Piemērs: matricu reizināšana. 6. Daudzpavedienu programmēšana (OpenMP). OpenMP direktīvas FORTRAN programmās. Ciklu paralelizēšana. Daudzpavedienu programmas efektivitāti ierobežojoši faktori. Piemēri: skaitļa pī aprēķināšana, fāzu pāreju modelēšana Izinga modeļa ietvaros. 7. Programmu paralelizācija sadalītas atmiņas arhitektūrās (MPI). Datu apmaiņa starp skaitļošanas mezgliem. Piemēri: skaitļa pī aprēķināšana, fāzu pāreju modelēšana Izinga modeļa ietvaros. 8. Augstas veiktspējas bibliotēkas. LAPACK, ScaLAPACK. 9. Skaitļošanas centru resursu izmantošana. Skaitļošanas resursu koplietošana un rindu sistēmas. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Matemātiskās fizikas metodes*** | |
| ***Zinātnes nozare*** | Matemātika | |
| ***Kredītpunkti*** | 4 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 32 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 22.02.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. math. Jānis Bajārs, Dr. phys. Jānis Cīmurs | |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Kursa mērķis ir nodrošināt iespēju gūt padziļinātas zināšanas par matemātiskās fizikas metožu teorētiskajiem jautājumiem un to pielietojumu praktisku problēmu risināšanā un analīzē, izmantojot zinātnē vadošās programmu paketes, kā, piemēram, MATLAB un MATHEMATICA.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar teorētiskajiem jautājumiem matemātiskajā fizikā; 2. iegūt priekšstatu par fizikālo problēmu analīzes iespējām; 3. apgūt vadošās programmu paketes kā, piemēram, MATLAB un MATHEMATICA; 4. pielietot programmu paketes fizikālo problēmu risināšanā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. Identificē ortogonālās funkcijas, funkciju rindas un funkciju transformācijas, to teorētiskos un praktiskos pielietojumus; 2. Izprot īpašvērtības un īpašfunkciju problēmu lineāriem diferenciāloperatoriem, un to īpašībām; 3. Identificē Šturma-Liuvila vienādojumux un tā speciālos atrisinājumus; 4. Izprot parciālos diferenciālvienādojumus (svārstību, siltumvadīšanas, Puasona, utt.), to pielietojumu un analītiskās atrisināšanas metodes; 5. Izprot variācijas rēķinu nozīmi un pielietojumus; 6. Skaidro programmu paketes un to pielietojumus augstākminēto problēmu risināšanā.   Prasmes:   1. Izvirza funkcijas ortogonālu funkciju rindās un veic to integrāltransformācijas, lai analizētu funkciju īpašības un atrisinātu diferenciālvienādojumus; 2. patstāvīgi atrod lineāru diferenciāloperatoru īpašfunkcijas un īpašvērtības un izmanto tās diferenciālvienādojumu atrisināšanā; 3. analītiski atrisina parciālos diferenciālvienādojumus, lietojot raksturīgo līkņu metodi un mainīgo atdalīšanas metodi; 4. atrod funkciju, kas minimizē funkcionāli, izmantojot Eilera-Lagranža vienādojumu; 5. patstāvīgi veic aprēķinus un analizē augstākminēto, izmantojot datorprogrammas;   Kompetence:   1. fizikālajai problēmai piemeklē atbilstošāko matemātisko aprakstu; 2. kritiski izvērtē un izvēlas optimālāko matemātiskās fizikas problēmas risināšanas metodi, izmantojot mūsdienu datorprogrammas, vai tas būtu, risinot simboliski, vai skaitliski. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Ortogonālas funkcijas un Furjē rindas. L2 Ld2 2. Furjē un Laplasa transformācijas. L6 Ld6 3. Lineāru diferenciāloperatoru īpašfunkcijas un īpašvērtības; Ermita operators un tā īpašības. L4 Ld4 4. Šturma-Liuvila vienādojums, Grīna funkcija un speciālās funkcijas. L6 Ld6 5. Parciālie diferenciālvienādojumi un pirmās kārtas vienādojumu atrisināšanas metodes. L4 Ld4 6. Otrās kārtas parciālie diferenciālvienādojumi un mainīgo atdalīšanas metode. L6 Ld6 7. Variāciju rēķini. L4 Ld4   L – lekcija, Ld – laboratorijas darbs | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Gatavoties semināru nodarbībām, padziļināti apgūstot matemātiskās datorprogrammas; 3. Izpildīt teorētiskos un praktiskos uzdevumus. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Studentiem jāapgūst teorētiskie jautājumi, kā arī praktiskās iemaņas, risinot konkrētas lietišķās matemātikas un matemātiskās fizikas problēmas ar datorprogrammām.  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:  1. Laboratorijas darbs Nr. 1 - 15%  2. Laboratorijas darbs Nr. 2 - 15%  3. Laboratorijas darbs Nr. 3 - 15%  4. Laboratorijas darbs Nr. 4 - 15%  Tēmas:   * 1. Funkciju aproksimācija, transformācijas un to pielietojumi;   2. Īpašfunkciju metodes parasto diferenciālvienādojumu problēmu atrisināšanā;   3. Matemātiskā modelēšana un parciālo diferenciālvienādojumi analītiskie atrisinājumi;   4. Svārstību, difūzijas (siltumvadīšanas) un Puasona vienādojumu problēmu skaitliska atrisināšana.   Noslēguma pārbaudījums:  2. Eksāmens (rakstisks) – 40%  Lai nokārtotu kursu, eksāmena atzīmei, kā arī vidējai starppārbaudījumu atzīmei, jābūt sekmīgai, tas ir, vismaz 4. | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | 1. starppārbaudījums | + |  |  |  |  | + | + |  |  |  | + |  | + | | 2. starppārbaudījums |  | + | + |  |  | + |  | + |  |  | + |  | + | | 3. starppārbaudījums |  |  |  | + |  | + |  |  | + |  | + |  | + | | 4. starppārbaudījums |  |  |  | + |  | + |  |  |  |  | + |  | + | | 5. eksāmens | + | + | + | + | + |  | + | + | + | + |  | + |  | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Arfken, G.B., Weber, H.J. *Mathematical Methods for Physicists*. Amsterdam [etc.] : Elsevier Academic Press, 2005. (24 eks.) 2. Riley, K.F., Hobson, M.P., Bence, S.J. *Mathematical methods for physics and engineering*. Cambridge; New York : Cambridge University Press, 2006. (12 eks.) | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Buiķis, A. *Matemātiskās fizikas vienādojumi: pamatjautājumi*. Rīga : Latvijas Universitāte, 2003. (35 eks.) 2. Young, E.C. *Partial differential equations : An introduction*. Boston : Allyn and Bacon, 1972. (1 eks.) 3. Kalis, H., Lācis, S., Lietuvietis, O., Pagodkina, I. *Programmu paketes “Mathematica” lietošana mācību procesā : mācību līdzeklis*. Rīga : Mācību grāmata, 1997. (38 eks.) 4. Logan, J.D. *Applied mathematics*. Hoboken, N.J. : Wiley-Interscience, c2006. (1 eks.) 5. Pinchover, Y., Rubinstein, J. *An introduction to partial differential equations*. Cambridge : Cambridge University Press, 2005. (1 eks.) 6. Quarteroni, A., Saleri, F. *Scientific computing with Matlab and Octave*. Berlin; Heidelberg; New York : Springer, c2006. (11 eks.) 7. Riekstiņš, E. *Matemātiskās fizikas vienādojumi: mācību līdzeklis Latvijas Valsts universitātes Fizikas un matemātikas fakultātē*. Rīga : LVI, 1964. (38 eks.) 8. Wolfram, S. *An Elementary Introduction to the Wolfram Language*. Wolfram Media; 2nd. Edition, 2017. (Pieejams internetā: [www.wolfram.com](http://www.wolfram.com/).) | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
|  | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
| 1. lekcija. Ortogonālu funkciju definīcija un piemēri. Furjē rindas, īpašības un piemēri ar pielietojumu.  1. praktiskais darbs. Funkciju izvirzīšana Furjē rindā.  2. lekcija. Furjē transformācija un tās īpašības, piemēram, Parsevāla teorēma.  2. praktiskais darbs. Funkciju Furjē transformāciju aprēķināšana ar datorprogrammu palīdzību.  3. lekcija. Furjē transformācijas pielietojumi, piemēram, spektrogrammas aprēķināšana.  3. praktiskais darbs. Spektrogrammas aprēķināšana un tās pielietojumi.  4. lekcija. Laplasa transformācija, tās īpašības un pielietojumi parasto diferenciālvienādojumu atrisināšanā.  4. praktiskais darbs. Laplasa transformācijas aprēķināšana, lietojot programmu paketes.  5. lekcija. Lineāru diferenciāloperatoru spektrālā problēma, īpašfunkciju īpašības un to pielietojums diferenciālvienādojumu atrisināšanā.  5. praktiskais darbs. Diferenciāloperatoru īpašfunkciju aprēķināšana un attēlošana.  6. lekcija. Ermita operators un tā īpašības.  6. praktiskais darbs. Parasto diferenciālvienādojumu analītiska atrisināšana, lietojot datorprogrammas.  7. lekcija. Šturma-Liuvila vienādojums un speciāli piemēri.  7. praktiskais darbs. Šturma-Liuvila vienādojuma piemēri un problēmu atrisinājumi.  8. lekcija. Grīna funkcija un pielietojums.  8. praktiskais darbs. Grīna funkcija divu punktu robežproblēmām.  9. lekcija. Speciālās funkcijas.  9. praktiskais darbs. Speciālu funkciju īpašību pielietojums.  10. lekcija. Ievads parciālajos diferenciālvienādojumos, vispārīgais un partikulārais atrisinājums, piemēri ar pielietojumu.  10. praktiskais darbs. Pirmās kārtas parciālo diferenciālvienādojumu analītiska atrisināšana ar programmu paketēm.    11. lekcija. Raksturīgo līkņu metode pirmās kārtas parciālajiem diferenciālvienādojumiem.  11. praktiskais darbs. Pirmās kārtas parciālo diferenciālvienādojumu analītiska atrisināšana ar programmu paketēm, turpinājums.  12. lekcija. Otrās kārtas parciālie diferenciālvienādojumi; svārstību un siltumvadīšans vienādojumi.  12. praktiskais darbs. Otrās kārtas parciālo diferenciālvienādojumu analītiska atrisināšana ar programmu paketēm.  13. lekcija. Puasona vienādojums un mainīgo atdalīšanas metode.  13. praktiskais darbs. Otrās kārtas parciālo diferenciālvienādojumu analītiska un skaitliska atrisināšana ar programmu paketēm.  14. lekcija. Parciālie diferenciālvienādojumi polārās un cilindriskās koordinātēs.  14. praktiskais darbs. Otrās kārtas parciālo diferenciālvienādojumu skaitliska atrisināšana ar programmu paketēm.  15. lekcija. Variāciju rēķinu pamati.  15. praktiskais darbs. Funkciju atrašana, kas minimizē funkcionāli.  16. lekcija. Variāciju rēķini ar saitēm.  16. praktiskais darbs. Funkciju atrašana, kas minimizē funkcionāli ar saitēm. | | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Gadījuma procesi*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Matemātika |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 40 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 24 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 12.05.2011 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. math. Jānis Valeinis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju apgūt gadījuma procesu teorētiskos pamatus, aplūkojot dažādus to pielietojumus varbūtību teorijā, matemātiskajā statistikā, fizikā, ķīmijā, bioloģijā un citās nozarēs un praktiski realizējot tos ar programmas R palīdzību.  Studiju kursa uzdevumi:   1. padziļināti aplūkot gadījuma klejošanas procesu, diskrēta un nepārtraukta laika Markova procesus, Brauna kustību, Puasona procesu kā arī vispārējos difūziju procesus; 2. aplūkot pielietojumu:  * finanšu matemātikā, aprakstot slaveno Bleka-Šoula modeli; * fizikā, aprakstot Flokera-Planka un Lanževina vienādojumus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Identificē klasiskos gadījuma procesus un to īpašības; 2. Izprot diskrēta un nepārtraukta laika Markova gadījuma procesus; 3. Izprot gadījuma procesu pielietojumus finanšu matemātikā un fizikā;   Prasmes:   1. Atpazīst gadījuma procesu modeļus un pielieto tos praktiskām datu problēmām; 2. Analizē dažādus gadījuma procesus ar programmas R palīdzību; 3. Analizē zinātnisku literatūru, kurā lietoti gadījuma procesi;   Kompetences:   1. Patstāvīgi integrē zinātniskos un lietišķos pētījumos gadījuma procesu modelēšanu; 2. Teorētiski pamatot veiktos pētījumus matemātikā, fizikā un citās jomās, kur jāpielieto gadījuma procesu modelēšana. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Varbūtību teorijas pamatjēdzieni. L2, P2 2. Gadījuma lielumi un to sadalījumi. L2, P2 3. Ģenerējošās funkcijas ar pielietojumiem. L2, P2 4. Markova ķēdes diskrētā un nepārtrauktā laikā. L4, P2 5. Gadījuma klejošana un tās raksturlielumi. L4, P2 6. Sazarošanās procesi. Dzimšanas un miršanas procesi. Puasona process. L4, P2 7. Stacionāri procesi, procesu spektrālā reprezentācija un ergodiskā teorēma. Gausa procesi. L4, P2 8. Martingāļi, apstāšanās laiki un izvēles apstāšanās. L2, P2 9. Difūziju procesi un Brauna kustība. L4, P2 10. Stohastiskā analīze. Ito formula un Bleka-Šoula formula. L4, P2 11. Mastera un Fokera-Planka vienādojumi. L4, P2 12. Ornšteina-Ūlenberga process, Lanžavēna vienādojums. L4, P2   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| 1. Studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Gatavoties semināra nodarbībām analizējot zinātniskas publikācijas; 3. Uzstāties ar prezentāciju divas reizes; 4. Mājasdarbu pildīšana, kas jāiesniedz uzdotajos termiņos. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. Mājasdarbi - 25% 2. Uzstāšanās seminārā ar prezentāciju par zinātniskām publikācijām - 25%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) -50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Mājas darbi | X | X | X |  | X | X |  | X | | 1. Prezentācijas | X | X |  | X | X | X | X | X | | 1. Eksāmens | X | X | X |  |  |  |  |  | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Grimmett, G.R., Stirzaker, D. Probability and random processes. Oxford university press, 2001. 2. Kampen, V., Godfried, N. Stochastic processes in physics and chemistry. Vol. 1. Elsevier, 1992. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Lemons, D. S., Langevin, P. An introduction to stochastic processes in physics. JHU Press, 2002. 2. Melvin, L., Cai, W., Xu, M. Random processes in physics and finance. Oxford University Press, 2006. 3. Ross, S.M., et al. Stochastic processes. Vol. 2. New York: Wiley, 1996. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Class M: Simulation, stochastic modeling, http://gams.nist.gov/serve.cgi/Class/M/ 2. Random Processes II, http://www.winlab.rutgers.edu/~crose/545\_html/stochastic2/node1.html 3. Stochastic process, <http://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_process> | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| |  | | --- | | 1. Varbūtību teorijas pamatjēdzieni   Tiks atkārtoti svarīgākie varbūtību teorijas jēdzieni, kas nepieciešami šim kursam. Konkrētāk tiks aplūkoti notikumi, kombinatorika, klasiskais varbūtību aprēķināšanas paņēmiens, varbūtību telpas jēdziens. Stohastiskā konverģence. Lielo skaitļu likums un centrālā robežteorēma.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti dažādi uzdevumi, kas saistās ar varbūtību teorijas pamatjēdzieniem.   1. Gadījuma lielumi un to sadalījumi   Tiks ieviests gadījuma lieluma jēdziens, aplūkoti to raksturlielumi kā centrālās tendences un kļūdu novērtēšanas mēri. Aplūkoti dažādi gan diskrēti, gan nepārtraukti sadalījumi. To starpā aplūkota binomiālā un normālā sadalījuma saistība. Tāpat tiks aplūkots daudzdimensiju normālais sadalījums un atkarība starp gadījuma lielumiem.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti dažādi uzdevumi, kas saistās ar gadījuma lielumiem, to raksturojošajiem lielumiem un to sadalījumiem.   1. Ģenerējošās funkcijas ar pielietojumiem   Ģenerējošās funkcijas un to raksturlielumi, īpašības. Pielietojumi galvenokārt tiks aplūkoti gadījuma klejošanai kā arī dažādiem sazarošanās procesiem. Tāpat tiks ieviesti momentu ģenerējošās un raksturīgās funkciju jēdzieni ar piemēriem.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti dažādi uzdevumi, kas saistās ar ģenerējošām funkcijām un to pielietojumiem.   1. Markova ķēdes diskrētā un nepārtrauktā laikā |   Markova ķēdes diskrētā laikā, galvenās definīcijas un piemēri. Stāvokļu klasifikācija. Čepmeņa-Kolmogorva vienādojumi. Stacionārais sadalījumus un konverģences teorēma. Markova ķēdes nepārtrauktā laikā ar piemēriem.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti dažādi uzdevumi, kas saistās ar Markova ķēdēm diskrētā un nepārtrauktā laikā. Programmā R tiks parādīti praktiski piemēri.   1. Gadījuma klejošana un tās raksturlielumi   Gadījuma klejošana diskrētā laikā. Sākuma stāvokļa atgriezeniskums vienā, divās un trijās dimensijās. Dažādas gadījuma klejošanas īpašības (azartspēlmaņa bankrots, biļetenu teorēma, arcsin likums utm.).  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti dažādi uzdevumi, kas saistās ar gadījuma klejošanu.   1. Sazarošanās procesi. Dzimšanas un miršanas procesi. Puasona process.   Aplūkots Puasona procesa definīcija ar piemēriem. Tāpat aplūkoti vispārīgi sazarošanās, dzimšanas un miršanas procesi, to īpašības, dažādas teorēmas un piemēri.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti dažādi uzdevumi, kas saistās ar Puasona, sazarošanās un dzimšanas procesiem. Programmā R aplūkoti reāli datu piemēri.   1. Stacionāri procesi, procesu spektrālā reprezentācija un ergodiskā teorēma. Gausa procesi.   Tiks aplūkoti stacionāri procesi to raksturlielumi. Autokovariāciju funkcija, spektrs. Periodogramma un diskrētā Furjē transformācija. Stacionāru procesu spektrāla reprezentācija. Ergodiskā teorēma un Gausa procesu definīcija un piemēri.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti uzdevumi par stacionaritāti un spektrālo reprezentāciju. Programmā R tiks veikta dažādu stacionāru procesu spektru novērtēšana un interpretācija.   1. Martingāļi, apstāšanās laiki un izvēles apstāšanās.   Martingāļu definīcija diskrētā un nepārtrauktā laikā ar piemēriem. Nosacītā matemātiskā cerība un filtrācijas jēdziens. Izvēles apstāšanās jēdziens un konverģences teorēma.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti uzdevumi par nosacīto matemātisko cerību, filtrācijām un martingāļiem.   1. Difūziju procesi un Brauna kustība   Tiks ieviests vispārējais difūziju un Brauna kustības jēdzieni. Parādīta gadījuma klejošanas un Brauna kustības saistība. Parciālo diferenciālvienādojumu pielietojums difūziju procesu noteikšanā.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti uzdevumi saistībā ar difūziju atrašanu, izmantojot parciālos diferenciālvienādojumus. Tāpat programmā R tiks rādīti dažādu difūziju procesu simulācijas.   1. Stohastiskā analīze. Ito formula un Bleka-Šoula formula.   Tiks sniegts ieskats stohastisko integrāļu teorijā. Tāpat aplūkota slavenā Ito formula ar pielietojumu opciju cenu noteikšanai izmantojot Bleka-Šoula formulai. Tiks aplūkoti arī galvenie put un call opciju tirgus elementi un to īpašības.  Praktiskie darbi. Tiks aplūkoti teorētiski uzdevumi par Ito formulas pielietojumiem. Programmā R tiks aplūkoti reāli datu piemēri ar akciju, obligāciju un opciju cenu procesiem no finanšu jomas.   1. Mastera un Fokera-Planka vienādojumi.   Tiks dots ieskats Mastera un Fokera-Planka vienādojumu formulās, aprakstot daļiņu pārejas varbūtību uzvedību.  Praktiskie darbi. Aplūkoti teorētiski uzdevumi par Mastera vienādojumu atrisināšanu. Aplūkotas programmas R iespējas šādu difūziju simulācijās.   1. Ornšteina-Ūlenberga process, Lanžavēna vienādojums.   Ornšteina-Ūlenberga process un Lanžavēna vienādojumu pamati. Brauna kustība un stohastiskie difernciālvienādojumi.  Praktiskie darbi. Programmā R aplūkoti datu piemēri un stohastiskās difūzijas vienas un divu dimensiju gadījumā. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Kompleksā mainīgā funkciju analīze** |
| ***Zinātnes nozare*** | Matemātika |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** |  |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 04.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.math. Svetlana Asmuss |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju apgūt ievadu kompleksā mainīgā funkciju teorijā un iepazīstināt studentus ar kompleksā mainīgā funkciju lietojumu piemēriem fizikā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iegūt ieskatu izvēlētajās kompleksā mainīgā funkciju teorijas nodaļās (komplekso skaitļu lauks, kompleksā mainīgā funkcija, tās atvasinājums, integrālis, izvirzījums rindā, singulārie punkti, rezidijs); 2. iemācīties lietot kompleksā mainīgā funkciju diferenciālrēķinus un integrālrēķinus; 3. iegūt pieredzi kompleksā mainīgā funkciju izmantošanā fizikas problēmu risināšanā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Identificē mainīgās funkcijas un to diferenciālrēķinus; 2. Izprot komplekso mainīgo funkciju integrālrēķinus; 3. Identificē rindas kompleksajā plaknē; 4. Izprot kompleksā mainīgā funkciju lietojumu piemērus fizikā;   Prasmes:   1. Risina tipveida uzdevumus par kompleksā mainīgā funkcijām un to atvasinājumiem; 2. Risina tipveida uzdevumus par kompleksā mainīgā funkciju integrāļiem; 3. Risina tipveida uzdevumus par rindām kompleksajā plaknē; 4. Ilustrē kompleksā mainīgā teorijas jēdzienus un rezultātus, par pamatu ņemot to lietojumu piemērus fizikā;   Kompetence:   1. Izvēlas un pielieto fizikā uz kompleksā mainīgā funkciju diferenciālrēķiniem, integrālrēķiniem un rindām balstītas metodes. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Komplekso skaitļu lauks. L1, P2 2. Elementārās funkcijas kompleksajā plaknē. L2, P2 3. Kompleksā mainīgā funkciju diferenciālrēķini un to lietojumi. L4, P4 4. Integrālis kompleksajā plaknē, Koši integrālā teorēma un tās lietojumi. L2, P4 5. Teilora un Lorāna rindas, to lietojumi. L2 P2 6. Kompleksā mainīgā funkciju singulārie punkti un rezidiji, to lietojumi. L2, P2 7. Pārbaudījumi. T3   L – lekcija, P – praktiskais darbs, T - tests | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgā darba forma: individuālie mājas darbi | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. Kontroldarbi - 30% 2. Individuālie mājas darbi - 20%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījuma veids | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | | 1. kontroldarbs | x |  |  | x | x |  |  | x |  | | 1. kontroldarbs |  | x |  | x |  | x |  | x |  | | 1. kontroldarbs |  |  | x | x |  |  | x | x |  | | 4. Mājas darbs | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | 5. Eksāmens | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Olver, P. Complex Analysis and Conformal Mappings, 2018 Pieejams: http://www-users.math.umn.edu/~olver/ln\_/cml.pdf 2. Riley, K., Hobson, M., Bence, S. Mathematical Methods for Physics and Engineering. Cambridge University Press, 2008 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Berg, C. Complex Analysis, 2012 Pieejams: <http://web.math.ku.dk/noter/filer/koman-12.pdf> 2. Cain, G. Complex Analysis, 2001 Pieejams: http://www.math.gatech.edu/~cain/winter99/complex.html 3. Chen, W. Introduction to Complex Analysis, 2003 Pieejams: http://www.maths.mq.edu.au/~wchen/lnicafolder/lnica.html 4. Cīrulis, T., Cīrule, D. Kompleksā mainīgā funkciju teorija. I, II. Rīga, LU, 2003 5. Reinfelds, A. Kompleksi mainīgā funkciju teorija. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Complex Analysis and Operator Theory, SCI Journal, Springer  2. Journal of Complex Analysis, Hindawi | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. temats. Komplekso skaitļu lauks   (3 stundas: L1+P2)  Komplekso skaitļu lauks. Komplekso skaitļu ģeometriskā interpretācija. Darbības ar kompleksajiem skaitļiem algebriskajā, trigonometriskajā un eksponentformā.  2. temats. Elementārās funkcijas kompleksajā plaknē  (4 stundas: L2+P2)  Elementārās funkcijas kompleksā plaknē: lineārā funkcija, daļveida lineāra funkcija, pakāpes funkcija, eksponentfunkcija, trigonometriskās un hiperboliskās funkcijas, logaritmiskā funkcija, inversās trigonometriskās un inversās hiperboliskās funkcijas.  3. temats. Kompleksā mainīgā funkciju diferenciālrēķini un to lietojumi  (8 stundas: L4+P4)  Kompleksā mainīgā funkcijas atvasinājums. Atvasinājuma eksistences nepieciešamie un pietiekamie nosacījumi. Atvasinājuma moduļa un argumenta ģeometriskā interpretācija. Konformie attēlojumi. Laplasa vienādojums, harmoniskas funkcijas, to saistība ar kompleksā mainīgā funkcijām. Kompleksā mainīgā funkciju diferenciālrēķinu lietojumu piemēri hidrodinamikā, elektromagnētismā. Plūsma gar spārnu, elektriskais lauks ap kondensatoru.  4. temats. Integrālis kompleksajā plaknē, Koši integrālā teorēma un tās lietojumi  (6 stundas: L2+P4)  Integrālis kompleksajā plaknē. Košī teorēma, Košī integrālā formula un sekas no tās. Kompleksā mainīgā funkciju atvasināšana integrējot. Cirkulācija ap spārnu un cēlējspēks.  5. temats. Teilora un Lorāna rindas, to lietojumi  (4 stundas: L2+P2)  Pakāpju rinda, tās konverģences riņķis. Kompleksā mainīgā funkciju izvirzīšana Teilora un Lorāna rindās. Teilora un Lorāna rindu lietojumu piemēri.  6. temats. Singulārie punkti un rezidiji, to lietojumi  (4 stundas: L2+P2)  Singulārie punkti, to klasifikācija. Vienvērtīga rakstura singulāra punkta pazīmes. Kompleksā mainīgā funkcijas rezidijs. Rezidiju teorēma. Rezidiju lietojumu piemēri. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Atomārie un molekulārie procesi** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Ruvins Ferbers  Dr.habil.phys. Mārcis Auziņš  Dr.phys. Aigars Ekers |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sniegt iespēju gūt priekšstatu un attīstīt studentu izpratni par atomu un molekulu mijiedarbību ar gaismu un tās pielietojumiem mūsdienu fizikā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iepazīties ar fizikāliem pamatiem un procesiem, kas nosaka un izskaidro atomu un molekulu mijiedarbību ar gaismu; 2. Iegūt prasmes analizēt un atrisināt problēmas atomāro un molekulāro procesu eksperimentālo pētījumu jomā; 3. Iepazīties ar iespējām izmantot iegūtos priekšstatus par atomārām un molekulārām parādībām kvantu tehnoloģijās.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izprot fizikālos pamatus un procesus, kas nosaka un izskaidro atomu un molekulu mijiedarbību ar gaismu; 2. Skaidro jaunākos sasniegumus atomu un jonu iegūšanā pie superzemām temperatūrām un to pielietojumiem;   Prasmes:   1. Analizē un atrisina problēmas atomāro procesu eksperimentālo pētījumu jomā ar modernām lāzeru spektroskopijas metodēm; 2. Analizē un atrisina problēmas molekulāro un klasteru procesu pētījumu jomā ar modernām lāzeru spektroskopijas, tostarp koherentām, metodēm;   Kompetence:   1. Izmanto iegūtos priekšstatus par atomārām parādībām un procesiem mūsdienu un nākotnē iespējamo pielietojumu aprakstam kvantu tehnoloģijās; 2. Izmanto iegūtos priekšstatus par parādībām un procesiem molekulās un klasteros mūsdienu un nākotnē iespējamo pielietojumu aprakstam kvantu tehnoloģijās. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Atomu mijiedarbība ar gaismu, absorbcijas un izstarošanas procesi. Einštiena koeficienti, to saistība ar Planka formulu. L2 2. Pārejas dipola momenta jēdziens klasiskā un kvantu fizikā, to saistība ar Einšteina koeficientiem. Stāvokļa dzīves laiks, to mērījumi. Sadursmju procesu ātruma konstantes noteikšana L2 3. Pārejas matricas elements, izvēles likumi starojuma absorbcijas un emisijas procesiem. L2 4. Atomārie procesi ārēja elektriskā un magnētiskā lauka klātbūtnē. Koherento stāvokļu interference. L4 5. Spektrālo pāreju (līniju) kontūras, to paplašināšana dažādos procesos. L2 6. Atomārie procesi, kas saistīti ar neitrālo atomu atdzesēšanu un satveršanu lāzera starojuma un ārējo lauku iedarbības rezultātā. Bozes – Einšteina kondensācija. Jēdziens par atomu interferometriju. L4 7. Jonu satveršana. Jonu lamatas, to konstrukcija un procesu analīze. Satverto jonu lāzeru atdzesēšana. L2 8. Divatomu molekulu uzbūve un mijiedarbība ar gaismu. Iekšmolekulārie procesi. L2 9. Elektroniskie, svārstību un rotācijas procesi divatomu molekulās. Molekulārie termi un spektri. L4 10. Molekulāro procesu dinamika. Jēdziens par svārstību viļņu paketi un tās evolūciju. Atomāro un molekulāro sadursmju procesi, to pētījumi ar lāzeru spektroskopijas metodēm. L2 11. Ķīmiskās reakcijas, to klasifikācija. Reakcijas ātrums un konstante. Sadursmju komplekss, reakciju koherentā vadība. L4 12. Klasteri, to veidošana un pētījumi. L2   L – lekcija | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| 1. Studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Gatavoties plānotai nodarbībai sekojot pasniedzēja norādījumiem; 3. Sagatavot eseju par vienu no kursa tēmām; 4. Regulāri atbildēt uz testa jautājumiem. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Vēlams visu lekciju apmeklējums. Kursa kopīgā vērtējumā jāiegūst atzīmi ne zemāk par 4. Eksāmens (veido 50%) ir mutisks; eksāmena lapā ir 3 jautājumi no dažādām programmas sadaļām, no kuriem katru vērtē atsevišķi; eksāmena vērtējums ir atbilžu vērtējumu vidējā vērtība; eksāmenā var izmantot fizikālo konstanšu tabulas, matemātiskā satura rokasgrāmatas, kā arī oriģinālus zinātniskus rakstus.  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:  1. Kontroldarbs Nr.1 - 25%  2. Kontroldarbs Nr.2 - 25%  Noslēguma pārbaudījums:  3. Eksāmens (mutisks) - 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Kontroldarbs Nr.1 | + |  | + |  |  |  | | 1. Kontroldarbs Nr.2 |  | + |  | + |  |  | | 1. Eksāmens |  |  | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Demtröder, W. Atoms, Molecules and Photons. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006. 2. Demtröder, W. Laser Spectroscopy. Basic concepts and instrumentation. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2003. 3. Foot, Ch. Atomic Physics. Oxford University Press, Oxford, New York, 2005. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Auzinsh, M., Ferber, R. Optical Polarisation of Molecules, Cambridge University Press, Cambridge, 2005. 2. Levebvre-Brion, H., Field, R.W. The Spectra and Dynamics of Diatomic Molecules, Elsevier, 2004. 3. Metcalf, H. Van der Straten, P. Laser Coolong and Trapping, Springer, 1999. 4. Svanberg, S. Atomic and Molecular Spectroscopy, Springer-Verlag, 2004. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Nature 2. Physics Today 3. Science | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Atomu mijiedarbība ar gaismu. Einštiena koeficienti, to saistība ar Planka formulu.   Einšteina absorbcijas, spontānās un inducētās emisijas koeficienti. Dinamiskā līdzsvara nosacījums, saistība starp Aik un Bik koeficientiem, saite ar Planka formulu. [1], [2], [3].   1. Pārejas dipola momenta jēdziens klasiskā un kvantu fizikā, to saistība ar Einštiena koeficientiem. Stāvokļa dzīves laiks, to mērījumi. Sadursmju procesu ātruma konstantes noteikšana.   Pārēju varbūtības, to saistība ar starojuma jaudu un Einšteina koeficientiem. Emitētā starojuma jauda. Ierosinātā stāvokļa sabrukšanas ātrums (dzišanas konstante) no klasiskas un kvantu fizikas viedokļa; dzīves laika mērījumi un sadursmju procesu ātruma konstantes noteikšana. [1], [2].   1. Pārejas matricas elements, izvēles likumi starojuma absorbcijas un emisijas procesiem.   Leņķiskā momenta saglabāšana pārejas procesa atomos. Pārejas matricas elementi un magnētiskā m-kvantu skaitļa izvēles likumi cirkulāra un lineāri polarizēta starojuma absorbcijā un emisijā; novērošanas virziena loma. Izvēles likumi pēc l-kvantu skaitļa. [1], [3].   1. Atomārie procesi ārēja elektriskā un magnētiskā lauka klātbūtnē. Koherento stāvokļu interference.   Štarka efekts, līmeņu krustošanas ārējā elektriskajā laukā, tās pētījumi. Zēmaņa efekts, tā saistība ar gaismas polarizāciju un ierosmes-novērošanas ģeometriju. Līmeņu krustošanās ārējā magnētiskajā laukā. Hanle efekts, tā klasiskā un kvantu izskaidrošana. Koherento stāvokļu interference (kvantu oscilācijas jeb kvantu „sitieni”). Magnētisko apakšlīmeņu koherence, tumšās un gaišās rezonanses, piemēri (Rb, Cs atomi). [1],[2], [3], [4], [6].   1. Spektrālo pāreju (līniju) kontūras, to paplšināšana dažādos procesos.   Spektrālo pāreju (jeb spektrālo līniju) paplašināšana. Pārejas dabiskais jeb Lorenca spektrālais kontūrs no klasiskā un kvantu fizikas viedokļa. Doplera efekts un doplera jeb Gausa spektrālais kontūrs Maksvela sadalījuma gadījumā. Jauktais Gausa un Lorenca kontūrs. Spektrālā kontūra paplašināšana un nobīde sadursmju procesu iespaidā. [1], [2].   1. Atomārie procesi, kas saistīti ar neitrālo atomu atdzesēšanu un satveršanu lāzera starojuma un ārējo lauku iedarbības rezultātā. Bozes – Einšteina kondensācija. Jēdziens par atomu interferometriju.   Atomu ātrumu samazināšana ar lāzera starojumu fotona reakcijas dēļ; fotona reakcijas spēka un absorbcijas-emisijas aktu skaita sekundē novērtēšana, atdzesēšanas temperatūras limits, piemēri. Atomu ātrumu samazināšana atomārā kūlī. Atomu atdzesēšana stāvvilnī dipola spēku dēļ. Optiskā dzesēšana trijās dimensijās, optiskās melases. Procesi magneto-optiskās lamatās (MOL), atomu satveršana MOL, piemēri. Bozes – Einšteina kondensācija, tās nosacījumi, atdzesēšana iztvaicēšanas procesā magnētiskā lamatā. Bozes – Einšteina kondensāta īpašības, tā pielietojumi. Jēdziens par atomu interferometriju un atomu lāzeru. [1], [2], [3], [7].   1. Jonu satveršana. Jonu lamatas, to konstrukcija un procesu analīze. Satvērto jonu atdzesēšana.   Problēmas ar lādēto daļiņu satveršanu pastāvīgajā elektrostatiskajā laukā un iespējas nodrošināt dināmisko līdzsvaru ar mainīgo lauku. Pola (W. Paul) jonu lamatas, to konstrukcija un procesu analīze. Satverto jonu lāzeru dzesēšana. Peninga lamatas. Procesi jonu lamatās. Pielietojumi: jonu kristāli, kvantu lēcieni, frekvences standarts. [1], [2], [3].   1. Divatomu molekulu uzbūve un mijiedarbība ar gaismu. Iekšmolekulārie procesi.   Procesi divatomu molekulās. Divatomu molekulu veidošana no atomiem, saistošais potenciāls, to reprezentācija ar Morzes potenciālās enerģijas līkni. Divatomu molekulu uzbūve, spektri un dinamika. Divatomu molekulu kustības veidi, to enerģija. Divatomu molekulu uzbūve un to mijiedarbība ar gaismu. Elektronu un kodolu kustības atdalīšana, Hamiltona operators, Šrēdingera vienādojums, stacionārās enerģijas un viļņu funkcijas adiabatiskajā tuvinājumā. Pilnā enerģija, tās sadalījums elektronu, svārstību un rotācijas enerģijā. Divatomu molekulu rotācija no klasiskās un kvantu priekšstatiem. Divatomu molekulu svārstību kustība, tās apraksts. [1], [5].   1. Elektroniskie, svārstību un rotācijas procesi divatomu molekulās. Molekulārie termi un spektri.   Absorbcijas un fluorescences procesi divatomu molekulās. Elektroniskās pārejas divatomu molekulās. Dipola pārejas matricas elements adiabatiskajā tuvinājumā, elektronu, svārstību un rotāciju faktoru izdalīšana tajā. Izvēles likumi pārejām vienā elektroniskajā stāvoklī un starp dažādiem elektroniskiem stāvokļiem. Elektronu-svārstību-rotāciju pārejas. Franka-Kondona princips, starpības potenciāls. Fluorescences progresiju novērošana pārejās no kopīgā ierosināta v’,J’ līmeņa uz virkni pamatstāvokļa v”, J” līmeņiem. Diskrētās un nepārtrauktās pārejas un spektri. [1], [4], [5].   1. Molekulāro procesu dinamika. Jēdziens par svārstību viļņu paketi un tās evolūciju. Atomāro un molekulāro sadursmju procesi, to pētījumi ar lāzeru spektroskopijas metodēm.   Svārstību viļņu pakete un tās evolūciju molekulas svārstību procesā, saistība starp klasiskās un kvantu fizikas priekšstatiem par oscilatora kustību. Molekulu svārstības reālā laikā. Fotodisociācijas un fotojonizācijas dinamika femtosekunžu diapazonā. [1].   1. Kīmiskās reakcijas, to klasifikacija. Reakcijas ātrums un konstante. Sadursmju komplekss, reakciju koherentā vidība.   Ķīmiskās reakcijas un sadursmju komplekss. Pirmā un otrā veida reakcijas, to ātrumi. Fotodisociācija un rekombinācija. Fotoasociācija: auksto molekulu veidošana no aukstiem atomiem MOL. Ekzotermiskās un endotermiskās reakcijas. Ķīmiskās reakcijas koherentās vadības iespējas, femtosekundes lāzera impulsa optimizācijas shēma. Ieteicams iepazīties ar skaitliskiem piemēriem no attiecīgām nodaļām [1].   1. Klasteri, to veidošana un pētījumi.   Klasteri kā N-daļiņu agregāti, to iegūšana. Piemēri: argona klasteri, C60 (fulerena) klasteris. Klasteru fizikālās īpašības un analīze [1], [5]. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Biofotonika*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 48 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Jānis Spīgulis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt studentiem iespēju fgūt zināšanas un patstāvīgā darba iemaņas attiecībā uz optisko metožu pielietojumiem dzīvības zinātnēs un biomedicīnā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iepazīties ar audu un augu optikas pamatnostādnēm; 2. Apgūt biofotonikas ierīču darbības principus; 3. Apkopot informāciju par optisko metožu klīniskajiem pielietojumiem; 4. Iegūt praktiskas iemaņas starojuma izplatības audos datormodelēšanā un darbā ar medicīnas lāzeriem.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro biofizikas un Medicīnas fizikas jomas saistībā ar modernām optiskām metodēm un tehnoloģijām; 2. Raksturo optoelektronisko ierīču un metožu iespējamos pielietojumus diagnostikā, terapijā un ķirurģijā; 3. Skaidro starptautiska līmeņa starpdisciplināras pētniecības standartus;   Prasmes:   1. Izmanto eksperimentālā darba iemaņas, izpildot laboratorijas darbus ar medicīnas lāzeriem u.c. specifisku aparatūru; 2. Izmantojot mācīšanās prasmes, patstāvīgi atrod un analizē zinātniskajā literatūrā pieejamos risinājumus un datus par aktuālām nozares problēmām angļu valodā; 3. Demonstrē komunikāciju prasmes, t.sk. sniedzot patstāvīgi sagatavotas prezentācijas kursa semināros;   Kompetence:   1. Veic modeļu aprēķinus bioloģiskām sistēmām, t.sk. optiskā starojuma izplatībai dzīvos audos ar Montekarlo metodi; 2. Novērtē fizikālās aparatūras (t.sk. lāzeru ierīču, attēlošanas ierīču u.c.) piemērotību konkrētiem klīniskiem pielietojumiem. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Fotonikas pamati: Fotonikas pamatprincipi un nozīmīgums; Optiskā starojuma avoti; Optiskā starojuma uztvērēji; Attēlu sensori; Optiskās šķiedras un kabeļi. L4 2. Audu optikas pamati: Absorbcija un izkliede mīkstajos audos; Starojuma iespiešanās dziļums audos, terapeitiskais logs; Dažādu audu optiskie parametri; Pamatvienādojumi starojuma izplatīšanās audos aprakstam; Montekarlo metode; Ādas optika; Acu optika. L6 3. Augu optiskās īpašības: Absorbcija un izkliede augu struktūrās; Enerģijas pārneses procesi augos, fotosintēze. L4 4. Seminārs par audu un augu optiskajām īpašībām S2 5. Ultravioletais starojums, tā ietekme uz dzīvības procesiem: Ultravioletā starojuma izcelsme un klasifikācija; Zemes UV apstarojuma īpatnības, atmosfēras ozona slāņa nozīme; Ādas eritēma, iedegums un citi UV-apstarojuma efekti; Solāriji un tajos izmantotie UV-apstarojuma avoti, drošības aspekti. L4 6. Lāzerstarojuma-audu mijiedarbība: Siltuma efekti; Audu fotokoagulācija; Šūnu iztvaikošana, fotoablācija; Lāzerstarojuma izraisītie audu krāteri, fotoperforatori un lāszerskalpeļi ; Audu fotosagraušana ar lāzeru starojumu. L4 7. Seminārs par ultravioletā un lāzeru straojuma bioloģisko iedarbību S2 8. Biofotonikas aparatūra: Spektrālaparāti un spektrālie filtri; Mikroskopi Fluorimetri; Optiskie tomogrāfi. L4 9. Medicīnas lāzeri un to droša ekspluatācija: Medicīnas lāzeru īpatnības; Medicīnas lāzeru veidi un klasifikācija; Lāzeru drošība medicīnā. L6 10. Biofotonikas metodes medicīnā. (i) Fototerapija: Biostimulācija; Termiskā fototerapija; Fotodinamiskā terapija (PDT), (ii) Lāzeru ķirurģija: Koagulācija, audu salodēšana un sametināšana; Audu griešana; Ablācija; Fotosagraušana, (iii) Optiskā diagnostika: Melnbaltā, krāsu un spektrālā attēlošana, parametru kartēšana; Fluorescences metodes; fotoizbalēšana; Spektrālās metodes, t.sk Ramana spektroskopija; Optiskā koherences tomogrāfija (OCT); Difūzā optiskā tomogrāfija (DOT); Lāzeru doplerometrija (LDF) un speklu analīze, (iv) Optiskais monitorings: Fotopletizmogrāfija (PPG, PPGI); Pulsoksimetrija (PO); Multi-spektrālās metodes. L12 11. Laboratorijas darbi ar optiskās diagnostikas ierīcēm un medicīnas lāzeriem Lb 8 12. Seminārs darbu aizstāvēšanai un diskusijām S4. 13. Optiskie biosensori vides parametru kontrolei: Optisko biosensoru uzbūve un darbības principi; Optisko šķiedru biosensori; Spektrālie u.c. biosensori; Hiperspektrālās attēlošanas sistēmas; Bio-lidari u.c. attālinātā monitoringa ierīces L4   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studenti patstāvīgi studē e-studiju vidē pieejamos papildmateriālus pie katras lekcijas apraksta, izpilda mājas darbus (piemēram, veic starojuma izplatības audos Montekarlo modelēšanu ar paša izvēlētiem parametriem) un gatavo prezentācijas par paša izvēlētu tēmu semināros, kā arī patstāvīgi gatavojas laboratorijas darbu veikšanai. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Vēlams visu lekciju apmeklējums.  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. 2 prezentācijas par kursa pamattēmām - 30% 2. 4 laboratorijas darbi - 30%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) - 40% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Mājas darbs – MC-modelēšana | + | + |  |  |  |  | + |  | | 1. Prezentācija 1.seminārā | + | + |  |  | + | + |  |  | | 1. Prezentācija 2.seminārā | + | + |  |  | + | + |  |  | | 1. 4 laboratorijas darbi | + | + | + | + |  |  |  | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Biomedical Photonics Handbook (ed. Tuan Vo-Dinh). CRT Press, 2003. 2. Kohen, E., Santus, R., Hirshberg, J.G. Photobiology.Academic Press, San Diego, 1995. Online: http://www.ebook3000.com/Photobiology\_4646.html. 3. Tuchin, V. Tissue Optics: Light Scattering Methods and Instruments for Medical Diagnostics. SPIE Press, Bellingham, 2007. 4. Welsh, J., van Gemer, M. Optical Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue, Plenum Press, N-Y, 2nd edition, 2011. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Handbook of Optical Biomedical Diagnostics (ed. V. Tuchin), SPIE Press, 2002. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Biophotonics (USA) 2. Photonics Spectra (USA). | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Fotonikas pamati. Fotonikas pamatprincipi un nozīmīgums – fotonika kā viena no EC noteiktajām atslēgas pamattehnoloģijām (KET). Optiskā starojuma avoti: kvēlspuldzes un halogenu lampas; izlādes lampas; LED; lāzeri. Optiskā starojuma uztvērēji: fotoelementi, fotodiodes, fotoelektronu pavairotāji. Attēlu sensori: CCD, CMOS. Optiskās šķiedras ar sintētiskā kvarca, slikla un polimēru serdeņiem; optisko šķiedru saišķi un kabeļi. 2. Audu optikas pamati. Absorbcija un izkliede mīkstajos audos. Starojuma iespiešanās dziļums audos, terapeitiskais logs. Ādas un mīksto audu modeļi un to maketi (fantomi). Dažādu audu optiskie parametri – absorbcijas un izkliedes koeficienti, anizotropijas faktori un refrakcijas koeficienti. Difūzijas u.c. pamatvienādojumi starojuma izplatīšanās audos aprakstam. Montekarlo metode fotonu izplatības aprakstam. Ādas optiskās īpašības un rakturīgie parametri. Acu optikas pamati, tīklenes uzbūve un krāsu redze. 3. Augu optiskās īpašības: Absorbcija un izkliede augu struktūrās. Raksturīgie augu absorbcijas un emisijas spektri. Hlorofila loma. Enerģijas pārneses procesi augos. Fotosintēzes mehānismi un efektivitāte. 4. Ultravioletais starojums, tā ietekme uz dzīvības procesiem. Ultravioletā starojuma izcelsme un klasifikācija. Saules starojuma spektrs. Zemes UV apstarojuma īpatnības, atmosfēras ozona slāņa nozīme. Ādas eritēma, iedegums un citi UV-apstarojuma efekti. Ādas fototipi. Solāriji un solāriju lampu emisijas spektri. UV-apstarojuma avotu drošības aspekti. 5. Lāzerstarojuma-audu mijiedarbība: Siltuma efekti, to atkarība no audu temperatūras. Arēniusa līkne. Audu strukturālās izmaiņas diapazonā līdz 100oC. Fotokoagulācija. Ūdens iztvaikošana šūnās. Fotoablācija. Lāzerstarojuma izraisītie audu krāteri. Fotoperforatori un lāszerskalpeļi. Audu fotosagraušana ar lāzeru starojumu; Lāzeru angioplastija un litotripsija. 6. Biofotonikā izmantotā aparatūra. Spektrālaparāti, to konstrukcijas un darbības principi. Interferences un platjoslas spektrālie filtri. Mikroskopi un to papildierīces. Fluorimetri. Optisko tomogrāfu konstrukcijas. 7. Medicīnas lāzeru galvenie veidi un modeļi. Gāzu, šķidrumu un cietvielu lāzeri medicīnā. Piemēri. Medicīnas lāzeru īpatnības; Medicīnas lāzeru klasifikācija; Lāzeru drošība medicīnā. 8. Biofotonikas metodes medicīnā. Fototerapija. Biostimulācija. Termiskā fototerapija. Fotodinamiskā terapija (PDT). Lāzeru ķirurģija. Koagulācija, audu salodēšana un sametināšana. Audu griešana. Lāzeru fotoablācija un fotosagraušana. 9. Optiskā diagnostika. Melnbaltā, krāsu un spektrālā attēlošana, parametru kartēšana. Fluorescences metodes; fotoizbalēšana. Spektrālās metodes, t.sk Ramana spektroskopija. Optiskā koherences tomogrāfija (OCT). Difūzā optiskā tomogrāfija (DOT). Lāzeru doplerometrija (LDF) un speklu analīze. 10. Optiskais monitorings: Fotopletizmogrāfija (PPG, PPGI). Pulsoksimetrija (PO). Multi-spektrālās ādas un iekšējo orgānu monitoringa metodes. Marķeri audu sadzīšanas kontrolei. 11.Optiskie biosensori vides parametru kontrolei. Optisko biosensoru uzbūve un darbības principi. Ūdens un gaisa piesārņojuma sensori. Optisko šķiedru biosensori. Spektrālie biosensori ķīmisko vielu identificēšanai un kvantitatīvai analīzei. Pārtikas produktu kvalitātes novērtēšana. Hiperspektrālās attēlošanas sistēmas veģetācijas monitoringam. Bio-lidari u.c. attālinātā monitoringa ierīces. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Lāzeru fizika II*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 30 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 2 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Mg.phys. Artūrs Ciniņš |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķi ir sniegt iespēju studentiem gūt padziļinātas zināšanas un attīstīt studentu izpratni par lāzeru darbības principiem un lāzera starojuma īpašībām, kā arī radīt priekšstatu par lāzeru zinātniskajiem pielietojumiem.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iepazīstināt ar apdraudējuma veidiem un drošības noteikumiem, strādājot ar lāzera starojumu; 2. Attīstīt izpratni par lāzera darbības pamatā esošajām fizikālajām parādībām; 3. Iepazīstināt un attīstīt izpratni par lāzera starojuma īpašībām un tās ietekmējošiem fizikālajiem procesiem; 4. Iemācīt analizēt optiskas sistēmas, kā arī aprēķināt lāzera rezonatora un starojuma īpašības. 5. Iepazīstināt ar dažādu veidu lāzeru raksturīgajām īpatnībām un tipiskajiem pielietojumiem; 6. Iepazīstināt ar lāzeru pielietojuma veidiem zinātnē.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro lāzera starojuma drošas izmantošanas principus, galvenos riska faktorus darbam ar lāzeru sistēmām, aizsarglīdzekļu izvēles un pielietošanas principus; 2. Skaidro gaismas un vielas mijiedarbības teorētiskā apraksta principus. Zina šīs mijiedarbības makroskopiskā apraksta pamatus, Einšteina fenomenoloģisko mikroskopisko teoriju, kā arī pusklasiskās teorijas pamatus. Saprot no dažādajām teorijām izrietošo mijiedarbības raksturlielumu fizikālo jēgu un savstarpējo saistību; 3. Skaidro koherenta optiskā starojuma ģenerēšanas principus; 4. Skaidro optisku sistēmu analīzes pamatprincipus; 5. Skaidro lāzeru sistēmu uzbūves pamatprincipus. Saprot lāzera uzbūves pamatelementu darbības principus un nozīmi lāzera darbībā; 6. Nosauc nozīmīgākos lāzeru veidus un to īpatnības; 7. Nosauc lāzera starojuma īpašības un raksturlielumus, kā arī to noteikšanas pamatprincipus; 8. Raksturo starojuma īpašību saistību ar lāzera uzbūves īpatnībām un to fundamentālos ierobežojumus; 9. Skaidro lāzeru un lāzera starojuma pamata pielietojumus zinātnē un tehnikā;   Prasmes:   1. Izvēlas darbam ar lāzeru un tā starojumu atbilstošus aizsarglīdzekļus; 2. Saista kvantu sistēmas parametrus ar makroskopiskām vielas īpašībām; 3. Aprēķina optiskā starojuma ietekmi uz kvantu sistēmu līmeņu apdzīvotībām; 4. Izmanto spektroskopisko datu tabulās dotos lielumus gaismas un atomāras vides mijiedarbības aprēķinos, izmanto Einšteina koeficientus gaismas un vides mijiedarbības raksturošanai; 5. Aprēķina nepieciešamos nosacījumus koherentai starojuma pastiprināšanai optiski aktīvā vidē; 6. Aprēķina optiskā starojuma izplatīšanās īpašības dažādos optiskajos elementos un to sistēmās; 7. Veic optiska rezonatora īpašību analīzi; 8. Aprēķina nepieciešamos nosacījumus koherenta starojuma ģenerēšanai lāzeru sistēmās; 9. Novērtē un aprēķina lāzera ģenerētā starojuma īpašības, zinot lāzera uzbūves elementu raksturlielumus;   Kompetence:   1. Apzinās potenciālos apdraudējumus un prot novērtēt riskus darbā ar lāzeru sistēmām; 2. Spēj izvērtēt optisku sistēmu īpašības; 3. Spēj veikt vienkāršotu gaismas un vides mijiedarbības analīzi; 4. Atpazīst izplatītākos lāzeru veidus un novērtēt sagaidāmās lāzera starojuma īpašības; 5. Atbilstoši izvirzītajiem zinātniskajiem mērķiem, spēj novērtēt nepieciešamos pielietojamā lāzera starojuma un lāzeru sistēmas pamata parametrus. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Gaismas un vielas mijiedarbības pamati. Maksvela makroskopiskā teorija. Einšteina mikroskopiskā teorija. Kvantu sistēmu un gaismas mijiedarbības pusklasiskais apraksts. L2 2. Lāzeru darbības principi. Lāzera uzbūves pamatelementi, optiskās pastiprināšanas un ģenerācijas shēmas. L2 3. Enerģijas pievadīšana lāzera darbībai. Optiskās un elektriskās “uzpumpēšanas” shēmas L2 4. Gaismas izplatīšanās. Ģeometriskās optikas pamati. Gausa optikas pamati. L2 5. Lāzeru rezonatoru veidi un to īpatnības; rezonatoru teorija. Rezonatora modu spektrs. Rezonatora raksturlielumi. L2 6. Lāzera starojuma īpašības. Koherence un staru kūļa diverģence. Lāzera starojuma spektrālais sastāvs. L2 7. Lāzera darbības režīmi. Daudzmodu un vienmodas režīms. Nepārtraukta starojuma un lāzera impulsu ģenerēšana. Q-pārslēgšana un modu sinhronizācija. Superīsi impulsi. L2 8. Lāzeru drošības noteikumi. Lāzeru emisijas klases. Individuālie aizsarglīdzekļi un metodes drošam darbam ar lāzeru. L2 9. Cietvielu lāzeri. Biežāk izmantotās vielas, raksturīgie uzpumpēšanas mehānismi, konstrukcijas veidi un starojuma īpašības. Rubīna lāzers. Nd:YAG lāzers. Titāna-safīra lāzers. L2 10. Gāzu lāzeri. Atomāro gāzu lāzeri. He-Ne, Ar+, Cu lāzeri. L2 11. Molekulāro gāzu lāzeri. CO2, N2, eksimēru lāzeri. L2 12. Lāzeri ar nepārtraukti maināmu ģenerācijas frekvenci. Krāsvielu lāzeri. L2 13. Pusvadītāju lāzeri. Darbības pamatprincipi un konstrukcijas īpatnības. L2 14. Lāzeru pielietojumi ķīmijā, bioloģijā, materiālzinātnēs u.c. L2 15. Lāzeru pielietojumi fizikā – lāzeru spektroskopija, nelineārā optika u.c. L2 16. Seminārs par lāzeru pielietojumiem pētniecībā. S2   L - lekcija, S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli.  Patstāvīgi veicamie uzdevumi:   1. Gatavoties lekcijām, studējot ar kursa tēmām saistīto literatūru; 2. Laikus atrisināt mājas darbu uzdevumus; 3. Izvēlēties savām profesionālajām interesēm atbilstošu lāzeru pielietojumu un gatavoties tā prezentēšanai seminārā. Saskaroties ar grūtībām tēmas izvēlē, ieteicams konsultēties ar pasniedzēju; 4. Gatavoties noslēguma eksāmenam. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Starppārbaudījumi:  1. Patstāvīgi risināmi uzdevumi – 50%  2. Uzstāšanās seminārā – 20%  Noslēguma pārbaudījums:  3. Obligāts mutisks eksāmens – 30%  Semestra laikā studentiem patstāvīgi jāatrisina vairāki uzdevumi par lekcijās aplūkojamajām tēmām. Uzdevumi tiek formulēti katras lekcijas laikā. Katra uzdevuma patstāvīgai izpildei tiek atvēlētas 2 nedēļas kopš tā uzdošanas.  Tuvojoties semestra beigām, tiek organizēts seminārs, kurā studenti iepazīstina citus semināra dalībniekus ar savām profesionālajām interesēm atbilstošu lāzeru pielietojumu. Uzstāšanās tēmu jāsaskaņo ar pasniedzēju ne vēlāk kā 2 nedēļas pirms plānotās uzstāšanās. Saņemto vērtējumu iespējams uzlabot, aktīvi iesaistoties jēgpilnās diskusijās visā semināra norises laikā.  Noslēguma pārbaudījums ir obligāts un tiek organizēts kā mutisks eksāmens. Eksāmena laikā studentam jāizklāsta savas zināšanas un jāiesaistās īsā diskusijā ar pasniedzēju par izlozētu tēmu no kursā aplūkoto tēmu saraksta. Izlozējamo tēmu saraksts būs pieejams ne vēlāk kā 2 mēnešus pirms semestra beigām. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Pārbaudījuma veids** | **Studiju rezultāts** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | | 1. Patstāvīgi risināmie uzdevumi |  | + |  | + |  |  |  | + |  |  | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  |  |  | | 1. Uzstāšanās seminārā | + |  |  |  |  |  |  |  | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  |  | + |  | + |  | + | + | + |  | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Silfvast, W.T. Laser Fundamentals. Cambridge University Press, 1996. 2. Svelto, O., Hanna, D.C. Principles of Lasers (4th edition). Plenum Press, 1998. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Loudon, R. The Quantum Theory of Light, 3rd ed. Oxford University Press, 2000. ISBN: 0198501773 2. Milloni, P.W., Eberly, J.H. Laser Physics. John Wiley & Sons, 2010. ISBN: 0470409703 3. Paschotta, R. RP Photonics Encyclopedia. Web: <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html> | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Photonics Spectra magazine. Pieejams: <https://www.photonics.com/Photonics_Spectra> | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **Gaismas un vielas mijiedarbības pamati.**   1. Elektromagnētiskais starojums un tā mijiedarbība ar vielu. Mijiedarbību raksturojošie makroskopiskie parametri. Maksvela elektromagnētiskā lauka teorija. 2. Gaismas un vides mijiedarbības Einšteina teorija. Balansa vienādojumi enerģijas līmeņu apdzīvotībām. Atomu spontānais un stimulētais starojums, optiskās un bezizstarojuma pārejas. Gaismas absorbcija un pastiprināšana. Inversā līmeņu apdzīvotība. 3. Ieskats kvantu mehānisku sistēmu un elektromagnētiskā starojuma mijiedarbības pusklasiskajā aprakstā. Šrēdingera vienādojums un blīvuma matricas formālisms.   **Lāzera darbības pamati.**   1. Lāzera uzbūves pamatelementi. Lāzeru iedalījums pēc aktīvās vides, rezonatora veida, ģenerācijas režīma. 2. Optiski aktīva vide. Optiskās pastiprināšanas un ģenerācijas shēmas. 3. Enerģijas pievadīšana lāzera darbībai. Optiskās un elektriskās “uzpumpēšanas” shēmas. 4. Atgriezeniskās saites loma lāzera darbībā. Lāzera rezonators. 5. Lāzera lietderības koeficients. Zudumi. Sliekšņa nosacījums lāzera ģenerācijai.   **Optiskie rezonatori.**   1. Gaismas izplatīšanās optiskās sistēmās. Ģeometriskā optika un staru pārneses matricas. 2. Ģeometriskās optikas pielietojamības robežas. Gausa, Ermita-Gausa un Lagēra-Gausa staru kūļi. Gausa staru optika. 3. Optisko rezonatoru veidi un to īpatnības, rezonatoru teorija. Rezonatora stabilitātes jēdziens. 4. Stabila rezonatora modu spektrs. Garenmodas. Rezonatora fundementālā moda un augstāku kārtu šķērsmodas. 5. Rezonatora raksturlielumi. Brīvais spektrālais apgabals. Zudumi rezonatorā, rezonatora smalkums un rezonatora labums.   **Lāzera starojuma īpašības un lāzera darbības režīmi.**   1. Lāzera ģenerētā staru ķūļa īpašības. Koherences laiks un koherences garums. Diverģences leņķis, M2 faktors un BPP. 2. Lāzera ģenerācijas modas un to saistība ar tukša rezonatora modām. Daudzmodu un vienmodas ģenerācijas režīmi. 3. Lāzera darbības nepārtrauktais un impulsu režīms. Lāzera impulsu iegūšanas metodes un tipiskie pielietojumi. Q-pārslēgšana un modu sinhronizācija. Superīsu impulsu iegūšana, īpašības un raksturlielumu noteikšana.   **Drošības noteikumi, strādājot ar lāzera starojumu.**   1. Apdraudējumu veidi. 2. Lāzeru iedalījums pēc potenciālā apdraudējuma, lāzeru emisijas klases. 3. Aizsargbrilles, citi līdzekļi un metodes drošam darbam ar lāzeru sistēmām.   **Lāzeru iedalījums pēc aktīvās vides veida.**   1. Cietvielu lāzeri. Biežāk izmantotās cietās vielas, raksturīgie uzpumpēšanas mehānismi, konstrukcijas veidi un starojuma īpašības. Rubīna lāzers. Nd:YAG lāzers. Titāna-safīra lāzers. 2. Gāzu lāzeri. Raksturīgie uzpumpēšanas mehānismi un starojuma īpašības. 3. Atomāro gāzu un tvaiku lāzeri. Neitrālu atomu lāzeri, He-Ne lāzers. Metālu tvaiku lāzeri, Cu lāzers. Jonu lāzeri, Ar+ lāzers. 4. Molekulāro gāzu lāzeri. Svārstību-rotācijas lāzeri, CO2 lāzers. Svārstību jeb vibroniskie lāzeri, N2 lāzers, eksimēru lāzeri. Rotācijas lāzeri. 5. Krāsvielu lāzeri – lāzeri ar nepārtraukti maināmu ģenerācijas frekvenci. Darbības pamatprincipi, konstrukcijas īpatnības. Nozīmīgākās krāsvielu molekulu klases. 6. Pusvadītāju lāzeri. Darbības pamatprincipi un konstrukcijas īpatnības.   **Lāzeru pielietojumi.**   1. Lāzeru pielietojumi – ķīmijā, bioloģijā, materiālzinātnēs u.c. 2. Lāzeru pielietojumi fizikā – lāzeru spektroskopija, nelineārā optika u.c. 3. Seminārs par lāzeru pielietojumiem pētniecībā. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Mūsdienu kvantu fizikas problēmas*** | |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija | |
| ***Kredītpunkti*** | 2 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys. Mārcis Auziņš | |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi3088, Kvantu mehānika  Fizi4008, Kvantu fizika | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Studiju kursa mērķis ir analizēt jautājumus, kas ir saistīti ar pēdējos gados veiktajiem eksperimentālajiem pētījumiem, kuru mērķis ir padziļināt kvantu mehānikas pamatu izpratni un kas risina kvantu fizikas konceptuālus jautājumus.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar mūsdienu kvantu fizikas aktuālajām problēmām, kas runā par kvantu fizikas konceptuāliem jautājumiem; 2. uzzināt kādi konceptuāli kvantu fizikas jautājumi šobrīd tiek eksperimentāli pētīti; 3. saprast kādi konceptuāli kvantu fizikas jautājum šobrīd tiek uzskatīti par problemātiskiem; 4. mācēt orientēties mūsdienu kvantu fizikas konceptuālos jautājumos; 5. orientēties metodēs, kas ļauj risināt mūsdienu kvantu fizikas konceptuālus jautājumus; 6. spēt argumentēti diskutēt par mūsdienu kvantu fizikas aktuālām problēmām.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. raksturo to problēmu loku, kas ir aktuāls šā brīža kvantu fizikā ar īpašu akcentu uz kvantu fizikas pamatjautājumiem; 2. skaidro mūsdienu kvantu fizikas problēmu saistību ar citām modernās fizikas apakšnozarēm – vispārīgo relativitātes teoriju, kosmoloģiju;   Prasmes:   1. analizē svarīgus mūsdienu kvantu fizikas eksperimentus, kā EPR paradoksa pārbaude, daudzdaļiņu interferences eksperimenti un citi; 2. orientējas modernās kvantu fizikas eksperimentālajās metodēs;   Kompetence:   1. spēj argumentēti diskutēt par kvantu fizikas konceptuāliem pamatjautājumiem; 2. novērtē dažādus apgalvojumus par kvantu fizikas fundamentāliem jautājumiem. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Mūsdienu kvantu interferences eksperimenti ar relatīvi masīvām daļiņām – fulerēniem un citām. L2 S2 2. Vairākdaļiņu interferences eksperimenti – EPR paradokss, Bella nevienādības. L2 S2 3. Divfotonu interferences eksperimenti no kustības daudzuma momenta viedokļa. L2 S2 4. Divfotonu interferences eksperimenti no daļiņu koordināšu un impulsu viedokļa. L2 S2 5. Kvantu mērījumi bez mijiedarbības Maha Candera interferometrā. L2 S2 6. Kvantu tuneļefekta dinamika un daļiņas tunelēšanās ātrums. L2 S2 7. Kvantu komplimentaritātes eksperimentāli tests. L2 S2 8. Ūdeņraža atoms klasiskās fizikas robežgadījumā, Keplera orbītas kvantu mehānikā. L2 S2   L – lecture, S - seminar | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studentiem pastāvīgai lasīšanai un analīzei semestra tiek piedāvāti trīs oriģināli raksti. Students semestra laikā sagatavo ziņojumu par vienu no kursa tēmām. Ziņojums tiek prezentēs un apspriest semināra nodarbību laikā. Ja laika visiem ziņojumiem nepietiek, tad tas tiek sagatavots un iesniegts rakstiski. Pēc rakstiska ziņojuma iesniegšanas tas tiek aizstāvēts diskusijā ar pasniedzēju. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Lekciju apmeklējums – obligāts,  Semināru apmeklējums – obligāts  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījums:  1.1. Referāts seminārā par izvēlētu tēmu;  vai  1.2. rakstiski iesniegs zinātniskās literatūras pārskats par izvēlētu tēmu - 90%  Noslēguma pārbaudījums:  2. Eksāmens (mutisks) -10%  Diskusija par referāta tēmu seminārā vai rakstiskā darba apspriešana ar pasniedzēju. | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1.1. Seminārā nolasīts referāts | X | X | X | X |  |  | | 1.2. Iesniegts rakstisks referāts | X | X | X | X |  |  | | 2. Eksāmens |  |  | X | X | X | X | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Aharonov, Y. Rohrlich, D. Quantum paradoxes : quantum theory for the perplexed. Physics textbook. 2005, Weinheim: Wiley-VCH. x, 289 p. 2. Greenstein, G., Zajonc, A. The quantum challenge : modern research on the foundations of quantum mechanics. 2nd ed. 2006, Sudbury, Mass.: Jones and Bartlett Publishers. xviii, 300 p. 3. Scully, M.O., Zubairy, M.S. Quantum optics. 1997, Cambridge ; New York: Cambridge University Press. xxi, 630 p. 4. Žurnāls Physical Review A 5. Žurnāls Physical Review Letters 6. Žurnāls Reviews of Modern Physics | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Elitzur, A.C., et al., Quo vadis quantum mechanics? Frontiers collection. 2005, Berlin ; New York: Springer. xiv, 421 p. 2. Gerry, C.C., Knight, P. Introductory quantum optics. 2005, Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press. xiii, 317 p 3. Paul, H., Introduction to quantum optics : from light quanta to quantum teleportation. 2004, Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press. xii, 241 p. 4. Suter, D., The physics of laser-atom interactions. Digitally printed 1st pbk. ed. 2005, Cambridge ; New York: Cambridge University Press. xiv, 457 p. | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
| 1. Žurnāls Nature 2. Žurnāls Physics Today 3. Žurnāls Physics World 4. Žurnāls Science | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
| 1. Mūsdienu kvantu interferences eksperimenti ar relatīvi masīvām daļiņām – fulerēniem un citām.    1. Otto Šterna eksperimenti ar hēlija atomiem un ūdeņraža molekulām.    2. Atomu un molekulu viļņu īpašību pārbaude.    3. Antona Ceilingera difrakcijas eksperimenti vienā spraugā un divspraugu interferences eksperimenti ar lēniem neitroniem.    4. Antona Ceilingera eksperimenti ar difrakcijas režģi un fulerēniem. Interferences ainas kontrasta atkarība no fulerēnu temperatūras. 2. Vairākdaļiņu interferences eksperimenti – EPR paradokss, Bella nevienādības    1. Bella nevienādību izvedums.    2. Šimonī - Holta nevienādības reālām eksperimentālām iekārtām un detektoriem ar ierobežotu jutību.    3. Einšteina Rozena Podoļska (EPR) paradoksa sākotnējais formulējums. EPR paradoksa mūsdienu formulējums.    4. Bella nevienādību pārbaude Raritī un Tapstera eksperimentos. Bella nevienādību pārbaude Alena Aspē eksperimentos. Bella nevienādību pārbaude Antona Ceilingera eksperimentos. 3. Divfotonu interferences eksperimenti no daļiņu impulsa momenta viedokļa    1. Bella nevienādības impulsa momenta telpās.    2. Eksperimenti izmantojot daļiņu spinus.    3. Domu eksperimenti un reāli eksperimenti. 4. Divfotonu interferences eksperimenti no daļiņu koordināšu un impulsu viedokļa    1. Bella nevienādības koordināšu un impulsa telpā. Ideāls eksperiments Bella nevienādību pārbaudei koordināšu un impulsa telpā.    2. Reāls eksperiments Bella nevienādību pārbaudei kooridināšu un impulsu telpā, eksperimenta realizācija un rezultāts. 5. Kvantu mērījumi bez mijiedarbības Maha Candera interferometrā    1. Kvantu mērījumi bez mijiedarbības.    2. Maha - Candera interferometrs un tā darbība ļoti vāju gaismas plūsmu (fotonu) gadījumā. Optisko ceļu starpība divos interferometra kanālos.    3. Objekta detektēšanas bez mijiedarbības efektivitātes palielināšanas ceļi.    4. Kvantu Zenona efekts. Attēla iegūšana bez mijiedarbības. Paula Kvjata eksperimenti. 6. Kvantu tuneļefekta dinamika un daļiņas tunelēšanās ātrums    1. Tuneļefekts kvantu fizikā. Tuneļefekta dinamika, tunelēšanās ātrums.    2. Tunelēšanās ātruma mērījumi Čao eksperimentos. Laika operators kvantu fizikā.    3. Tunelēšanās ātruma, kas pārsniedz gaismas ātrumu vakuumā interpretācija.    4. Tunēlēšanās dinamikas datormodeļi. 7. Kvantu komplimentaritātes eksperimentāli tests    1. Nenoteiktības sakarības un kvantu mehānikas sapītie stāvokļi.    2. Eksperimenti kas ļauj noteikt daļiņas trajektorijas elementus, neietekmējot daļiņas kvantu stāvoklī.    3. "Noteikta ceļa" ideāls eksperiments un idejas praktiska realizācija. Kvantu dzēšgumija. Kvantu informācijas izdzēšana pēc tās iegūšanas. 8. Ūdeņraža atoms klasiskās fizikas robežgadījumā, Keplera orbītas kvantu mehānikā.    1. Klasiska fizikālas sistēmas dinamika un kvantu    2. Šrēdingera vienādojuma atrisinājums. Superpozicionāli stāvokļi un viļņu paketes kvantu mehānikā.    3. Harmonisks oscilators tā kvantu mehāniskais apraksts un klasiskais apraksts. Harmonisks oscilators un viļņu paketes. Keplea orbītas ūdeņraža atomā un viļņu paketes. | | |

|  |
| --- |
|  |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Kvantu optika*** | |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija | |
| ***Kredītpunkti*** | 2 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 04.03.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.phys, Mārcis Auziņš | |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi4008, Kvantu fizika | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Studiju kursa mērķis ir, izmantojot kvantu mehānisko un kvazi klasisko apraksta metodi, analizēt gaismas un vielas (pamatā atomu) mijiedarbību.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar kvantu optikas galvenajiem jēdzieniem; 2. uzzināt kvantu optikas galvenos attīstības etapus; 3. saprast kvantu optikas saistību ar klasiskās fizikas apakšnozarēm – kvantu fiziku, optiku, klasisko mehāniku, elektrību un citām; 4. mācēt atrisināt vienkāršākās kvantu optikas problēmas; 5. orientēties kvantu optikas metodēs; 6. spēt argumentēti izvēlēties apraksta metodes, kas atbilst problēmas specifikai; 7. būt kompetentam novērtēt kvantu optikas potenciālos tehnoloģiskos pielietojumus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. izskaidro kvantu optikas galvenos jēdzienus; 2. izprot kvantu optikas galvenos attīstības etapus; 3. raksturo kvantu optikas saistību ar klasiskās fizikas apakšnozarēm – kvantu fiziku, optiku, klasisko mehāniku, elektrību un citām;   Prasmes:   1. atrisina vienkāršākās kvantu optikas problēmas; 2. orientējas kvantu optikas metodēs;   Kompetence:   1. argumentēti izvēlas apraksta metodes, kas atbilst problēmas specifikai; 2. novērtē kvantu optikas potenciālos tehnoloģiskos pielietojumus. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Ievads. L1  2. Divlīmeņu atoms. L1  3. Stāvokļa blīvuma matrica un Bloha vienādojums. L2  4. Bloha vektori un interferometrija kvantu optikā. L2  5. Kvantēti lauki. L2  6. Klasiski un neklasiski gaismas stāvokļi. L2  7. Kvantu lauki un interferences eksperimenti. L2  8. Kvantu lauka mijiedarbība ar vielu. L2  9. Vienas modas kvantu optika. L2  L - lekcija | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Semestra laikā tiek uzdoti seši (vidēji reizi divās nedēļās) mājas darbi ar noteiktu iesniegšanas termiņu. Semestra vidū tiek rakstīts pārbaudes darbs – semestra vidus kontroldarbs un semestra noslēgumā tiek organizēts mutisks eksāmens. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Lekciju apmeklējums – obligāts,  Gala atzīmi veido:  Starppārbaudījumi:   1. mājas darbi - 40% 2. kontroldarbs - 20%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) - 40% | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** | | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | Mājas darbi |  |  |  | x | x | x |  | | Semestra vidus kontroldarbs | x | x | x |  |  |  | x | | Rakstisks eksāmens | x | x | x | x | x | x |  | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Gerry, Ch., Knight, P., Introductory Quantum Optics, (Cambridge University Press 2006) Very well structured introduction into Quantum Optics 2. Loudon, R., The Quantum Theory of Light ,(Oxford University Press), Classic Quantum Optics textbook, one of the best introductory books, but lacks discussion of modern experiments... 3. Scully, MO., Suhail Zubairy, M. Quantum Optics (Cambridge University Press), Advanced book on Quantum Optics, Modern Notation | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Haroche, S., Raimond, J.M., Exploring the quantum, (Oxford University Press 2006), Focus on Cavity-QED, Good discussion of fundamental quantum effects (Entanglement, Non-Locality, Decoherence, Measurement Process, Quantum Information Processing) 2. Fox, M., Quantum Optics, (Oxford University Press), Good elementary introduction 3. Cohen-Tannoudji, C., Dupont-Roc, J., Grynberg, G. Atom Photon Interactions , (Wiley   Interscience), Focus on Light Atom Interaction, very detailed and authoritative discussion, advanced level | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
| 1. Nature Physics 2. Nature Photonics 3. Reviews of Modern Physics | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
| **1. Ievads.**  1.1 Gaismas un atoma mijiedarbības klasiskās fizikas, kvantu fizikas kvazi klasiskās tuvinājuma un kvantu fizikas modeļi.  1.2 Lādētas daļiņas un elektromagnētiskā lauka mijiedarbības hamiltoniānis  1.3 No laika atkarīgā perturbāciju teorija kvantu fizikā  1.4 Kvantu pāreju amplitūda, varbūtība un ātrums  1.5 Fermī zelta likums  **2. Divlīmeņu atoms**  2.1 Divlīmeņu atoms Šrēdingaera aprakstā  2.1 Atoma oscilējoša dipola modelis  2.2 Bloha sfēra kvantu stāvokļu un to dinamikas aprakstam  **3. Stāvokļa blīvuma matrica un Liuvila vienādojums un optiskie Bloha vienādojumi**  3.1 Blīvuma operators kvantu fizikā un blīvuma matrica  3.2 Optiskie Bloha vienādojumi. Kvantu stacionārie stāvokļi un to evolūcija  3.3 Rabi frekvence, pārejas piesātinājums, atoma spontānā sabrukšana. Lemba nobīde.  3.4 Spekrālās līnijas forma fluorescencē, piesātinājuma paplašinājums.  **4. Bloha vektori un interferometrija kvantu optikā**  4.1 Bloha vektors  4.2 Ramzi metode kvantu optikā  4.3 Maha Candera interferometrs kvantu optikā.  **5. Kvantēti lauki**  5.1 Kvantētas starojuma modas  5.2 Harmonisks oscilators kvantu mehānikā  5.3 Pakāpju operatori. Daļiņu skaita operators  **6. Klasiski un neklasiski gaismas stāvokļi**  6.1 Foka stāvokļi  6.2 Koherenti stāvokļi  6.3 Stāvokļi līdzsvarā un saspiesta gaisma  6.4 Planka absoluti melna ķermeņa starojums  **7. Kvantu lauki un interferences eksperimenti**  7.1 Stara dalītājs klasiskajā fizikā un kvantu optikā  7.2 Maha Cendera interferomets kvantu optikā  **8. Kvantu lauka mijiedarbība ar vielu**  8.1 Kvantētas gaisma mijiedarbība ar atomiem  8.2 Mijiedarbības hamiltoniānis  8.3 Džena - Kamingsa hamiltoniānis  8.4 Kvantu Rabi oscilācijas  8.5 Vakuuma Rabi oscilācijas  **9. Vienas modas kvantu optika**  9.1 Kvantu elektrodinamika rezonatorā  9.2 Optiskie rezonatori  9.3 Mikroviļņu rezonatori un atomi Ridberga stāvokļos  9.4 Atoma detektēšanas vājas ar to mijiedarbojoties  9.5 Rabi oscilācijas apģērbta stāvokļa gadījumā | | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Atvērto sistēmu fizika** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | *2* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | *32* |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** |  |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 09.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. paed. Lolita Jonāne |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studentu zināšanu un izpratnes attīstību par mūsdienu zinātnes attīstības tendencēm dabaszinātņu attīstības transdisciplināro raksturu un komplementaritāti.  Studiju kursa uzdevumi:   1. iepazīstināt ar sistēmu teorijas pamatjēdzieniem, izpētes metodēm un  principiem; 2. analizēt dažādu (mehānisku, termodinamisku, ķīmisku, bioloģisku) sistēmu un fraktālo struktūru piemērus un teorijas nelineāru dinamisku sistēmu modelēšanai; 3. iepazīstināt ar sinerģētikas būtību 21. gs zinātnes attīstības perspektīvā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo dažādu (mehānisku, termodinamisku, ķīmisku, bioloģisku) sistēmu uzvedību; 2. Izprot, izskaidro un ar piemēriem ilustrē atvērto sistēmu fizikas jēdzienus un likumus; 3. Raksturo haosa teorijas būtību un tās lietojumu dinamisku sistēmu attīstības modelēšanā 4. Skaidro pašorganizēšanās būtību dabas un sociālās sistēmās;   Prasmes:   1. Iegūst, analizē un prezentē informāciju par dažādu nelineāru mehānisku, termodinamisku, bioloģisku un sociālu sistēmu uzvedību;   Kompetences:   1. Analizē kopīgās likumsakarības dažādu sistēmu dinamikā; 2. Izvērtē un pieņem atbildīgus un faktos balstītus lēmumus par savas darbības kontekstā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads sinerģētikā. Sistēmu raksturojums. Termodinamikas attīstība. L4 S2 2. Determinisms. Determinētais haoss. L2 S2 3. Atraktori. Nelineāru dinamisku sistēmu modelēšana L2 S2 4. Fraktālās struktūras.L2 S2 5. Pašorganizēšanās šķidrumos un procesi bioloģiskās sistēmās L4 S4 6. Sinerģētikas paradigmas. Pašorganizēšanās L2 S4   L – lekcija S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas, ir saistīts ar nodarbībā iepazīto tematu. Patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un grupās, patstāvīgi sagatavojoties semināriem.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Regulāri lasīt un analizēt zinātniskus avotus un veidot pārskatu par semināru tēmām.  2. Sagatavot 2 prezentācijas par noteiktu tēmu, studējot atbilstošu zinātnisko literatūru.  . | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Sistemātiska, patstāvīga literatūras analīze, sagatavojoties semināriem - 20% 2. Divu prezentāciju sagatavošana un uzstāšanās - 40%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks kombinēta tipa) - 40 %   Gala vērtējums par studiju kursa apguvi veidojas, summējot rezultātus visa studiju kursa apguves laikā. Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot, ja ir prezentētas divas prezentācijas. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. prezentācija, uzstāšanās seminārā | + | + |  |  | + |  |  | | 2. prezentācija, uzstāšanās seminārā | + | + | + | + | + | + |  | | 3. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Lectures on fractal and dimension theory, <https://homepages.warwick.ac.uk/~masdbl/dimension-total.pdf> 2. Synergetics, H.G., An Introduction Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry, and Biology. Berlin, New York Tokyo 1983 Pieejams: <http://norlx51.nordita.org/~brandenb/AstroDyn/progress/material/Haken83.pdf> 3. Theilen, E., Smith, L. Dynamic Systems Theories Pieejams: <http://www.iub.edu/~cogdev/labwork/handbook.pdf> | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Bula, I. Haoss. Lekciju konspekts pieejams: <http://home.lu.lv/~ibula/lv/studentiem/haviss2.pdf> 2. Günther,F. Self-Organisation in Systems far from Thermodynamic Equilibrium: Some Clues to the Structure and Function of Biological Systems Pieejams: <https://www.holon.se/folke/written/stuff/lic/LICKAPPA.pdf> 3. Heylighen, F. The science of self-organization and adaptivity Pieejams: <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/EOLSS-Self-Organiz.pdf> 4. Siliņš, E. I.. Lielo patiesību meklējumi. Jumava. 1999, 510 7.П. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Fractal Foundation, https://fractalfoundation.org | |
| ***Kursa saturs*** | |
| 1. Ievads. Sistēmas raksturojums. Haoss un kārtība termodinamiskās sistēmās. 2. Termodinamikas attīstības 3 etapi. Entropija un procesu neatgriezeniskums. Ievads sinerģētikā. Evolūcija. Pašorganizēšanās.   Seminārs. Kas ir sinerģētika? G. Hakena un I. Prigožina devums sinerģētikas attīstībā.   1. Determinisms. Klasiskas mehāniskas nelineāras sistēmas. A. Puankarē triju ķermeņu uzdevuma problēma. Stabilitāte. Jēdziens par atraktoriem. Jēdziens par fāzu telpu, sistēmas fāzu portretu.   Seminārs. Determinētais haoss. Determinētu sistēmu uzvedības piemēru un matemātisko modeļu analīze.   1. Nelineāru dinamisku sistēmu uzvedības modelēšana. Lorenca atraktors. Tauriņa efekts. Loģistiskā funkcija. Iterācijas. Haosa teorija. Jēdziens par bifurkācijām. Hopfa bifurkācija. Bifurkāciju kaskādes.   Seminārs. Literatūras avotos gūtās informācijas par atraktoru piemēriem (Ikeda atraktors, Cšua atraktors) un bifurkācijām fizikalās, bioloģiskās un sociālās sistēmās analīze.   1. Fraktālās struktūras dabā. Determinētie fraktāļi. Hausdorfa dimensija. Mandelbrota kopa.   Seminārs. Literatūras avotos gūtās informācijas par fraktālo struktūru piemēriem un to pielietojumu tehnoloģiju attīstībā analīze.   1. Pašorganizēšanās šķidrumos. Termiskā konvekcija. Benarda efekts. Lizeganga struktūras. Nelineāru ķīmisku sistēmu dinamika un bistabilitāte. Belousova\_Žabotinska reakcija. Seminārs. Ķīmiskās svārstības. Tjuringa struktūru veidošanās. Telpisku struktūru un viļņu veidošanās uz kataliztoru virsmas. 2. Evolūcijas procesi bioloģiskās sistēmās. Bifurkācijas un simetrijas zudums. Hilārās molekulas. Biomolekulārā asimetrija.   Seminārs. Sineģētika bioloģiskās sistēmās. Bioķīmiskās fizikas pētījumi. Pašreprodukcija, klasteru veidošanās. Konkurence un selekcija. Konkurence starp klasteriem.   1. Sinerģētikas paradigmas. Pašorganizēšanās.   Semimārs. Pašorganizēšanās sociālās sistēmās. Tīklu sistēmas. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Dabaszinātņu didaktikas pamati** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | *2* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | *32* |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** |  |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 09.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. paed. Lolita Jonāne |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studējošo zināšanu un kompetenču attīstību pedagoģiskam darbam izglītības iestādēs.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. palīdzēt veidot izpratni par izglītības normatīvajiem dokumentiem, fizikas/ dabaszinātņu mācību procesa plānošanas un organizēšanas principiem; 2. analizēt didaktikas teorijas, pieejas, mācību metodes un resursus fizikas/ dabaszinātņu izglītības organizēšanā piedaloties lekcijās un semināros un patstāvīgi studējot zinātnisko literatūru un metodiskos materiālus; 3. vingrināties plānot un analizēt pieejas, metodes un paņēmienus konkrētu rezultātu sasniegšanai, attīstot radošo un kritisko domāšanu un izpratni par izglītojamo mācību sasniegumu vērtēšanas veidiem un to īstenošanu.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo didaktikas kategorijas, didaktikas teorijas un didaktiskās pieejas izglītībā; 2. Apzinās profesionālās pilnveides nepieciešamību un prot to īstenot;   Prasmes:   1. Izvirza mācību mērķus un formulēt mācīšanās rezultātus; 2. Analizē un plāno mācību aktivitātes: mācību stundas, pētniecisko darbu izstrādi, izvēloties atbilstošus mācību modeļus un metodes; 3. Izmanto daudzveidīgus skolēna sniegumu vērtēšanas paņēmienus un metodes;   Kompetence:   1. analizē, plāno mācību procesu fizikā atbilstoši mācību mērķim un plānotajam sasniedzamajam rezultātam, ievērojot izglītojamo mācīšanās stilus un prāta spējas; 2. īsteno rezultātu vērtēšanu, pamatot tās mērķi un lomu mācību procesā; 3. Pieņem atbildīgus un faktos balstītus lēmumus par savas profesionālās kompetences pilnveidi. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Dabaszinātņu izglītības konceptuālās nostādnes. L2 2. Mācību process un tā organizēšanas teorētiskie pamati. L4 S6 3. Fizikas mācību procesa plānošana.L2 S2 4. Mācību metodes un mācību darba formas L6 S6 5. Vērtēšanas veidi, formas un metodiskie paņēmieni. L2 S2   L – lekcija S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas, ir saistīts ar nodarbībā iepazīto tematu. Patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un grupās, patstāvīgi sagatavojoties semināriem un starppārbaudījumiem. Noslēguma pārbaudījums – eksāmens ir studiju kursa laikā izveidotās darba mapes (studiju kursa saturam atbilstošas literatūras analīze, patstāvīgi veikto darbu ) prezentācija.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Analizēt zinātniskus avotus un veidot pārskatu par dabaszinātņu izglītības konceptuālajām nostādnēm, didaktikas teorijām, mācīšanās stiliem un pieejām. 2. Iegūt un apkopot informāciju par stransdisciplināru pieeju dabaszinātņu apguvē. 3. Analizēt zinātniskus avotus un metodiskos materiālus un veidot pārskatu par mācību darba formām, metodēm un metodiskajiem paņēmieniem. 4. Izstrādāt mācību nodarbības plānu, pielietojot problēmrisināšanas vai pētniecisko pieeju. 5. Analizēt zinātniskus avotus un metodiskos materiālus un veidot pārskatu par vērtēšanas veidiem un metodiskajiem paņēmieniem. 6. Izstrādāt temata nobeiguma pārbaudes darbu fizikā par kādu izvēlētu tematu. 7. Izvērtēt savas kompetences dabaszinātņu didaktikā uzrakstot, argumentētu eseju. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Aktīva dalība lekcijās, semināros, praktisko darbu izstrāde.  Sistemātiska, patstāvīga literatūras avotu analīze, sagatavojoties semināriem un izpildot patstāvīgos darbos un starppārbaudījumus.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Mācību nodarbības plāns ar problēmrisināšanas / pētniecisko pieeju – 30 % 2. Temata nobeiguma darba izstrāde - 20 %   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (kombinēts) -50%   1) darba mapes (portfolio) dabaszinātņu mācību metodikā prezentāciju, 2) savas kompetences didaktikā pašvērtējumu, uzrakstot, un prezentējot argumentētu eseju un piedaloties diskusijā par kādu no kursa satura jautājumiem  Gala vērtējums par studiju kursa apguvi veidojas, summējot starppārbaudījumu rezultātus visa studiju kursa apguves laikā. Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot, ja ir pozitīvi vērtējumi visos starppārbaudījumos. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi |  | | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Mācību nodarbības plāns/ konspekts | + |  | | + | + | + | + |  | + | | 2. Temata nobeiguma darbs/ tests. | + |  | | + |  |  | + | + |  | | 3. Eksāmens (kombinēts) | + | + | | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Marinko, I., Marinko, J. at all. Empowering teachers for a student centred approach ERASMUS+ 2015 Pieejams: <https://wsh.pl/wp-content/uploads/2015/05/empowering-teachers-for-a-student-centred-approach.pdf> 2. Namsone, D., Čakāne, L., Butkēviča, A., Kompetenci attīstoša mācīšanās./LU Starpnozaru izglītības inovāciju centrs, 2018. [www.siic.lu.lv](http://www.siic.lu.lv/) 3. Namsone, D., Dabaszinātnes skolā – atbilstoši laikam. Lielvārdē: Lielvārds, 2010. 4. Oliņa, Z., Namsone, D., France, I., Mācīšanās lietpratībai./ LU Starpnozaru izglītības inovāciju centrs, 2018. [www.siic.lu.lv](http://www.siic.lu.lv/) | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Broks, A., Izglītības sistemoloģija. –R.: RaKa, 2001. 2. Gambier, Y., Yliopisto, T., Teacher-centered and student-centered pedagogy 3. Koaik, Z. Teacher-centered and student-centered pedagogy Pieejams: <https://www.academia.edu/37819640/Teacher-centered_and_student-centered_pedagogy> 4. Projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos” materiāli, ISEC, Rīga, 2008. Metodiskie materiāli pieejami: <http://www.dzm.lu.lv/pedagogiem/metodiskie_materiali> 5. Scientific Inquiry and Nature of Science : Contemporary Trends and Issues in Science Education / edited by L. B. Flick, N. G. Lederman. - Dordrecht : Springer, 2006. 6. Transdisciplinary Teaching and Learning Pieejams: <https://www.academia.edu/33776740/Transdisciplinary_Teaching_and_Learning> 7. Vulāne, A, Stikute, E. Izglītība zinātnei un praksei.- LU PPMF 2018. Pieejams: <https://www.apgads.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/apgads/PDF/Izglitiba-zinatnei0un-praksei/Book_Izglitiba_zinatnei_un_praksei.pdf> | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Electronic Journal of Science Education. https://ejse.southwestern.edu/ 2. Izglītības un zinātnes ministrijas mājas lapa: [www.izm.gov.lv](http://www.izm.gov.lv) 3. Journal of Baltic Science Education <http://www.scientiasocialis.lt/jbse/> 4. Journal of Teacher Education for Sustainability, <http://ise-lv.eu/publications.php?show=39> 5. Phet. Interactive Simulations: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics> 6. Projekta skola 2030 materiāli. Pieejami: [www.skola2030.lv](http://www.skola2030.lv/) | |
| ***Kursa saturs*** | |
|  | |

1. Ievads. Dabaszinātņu izglītības konceptuālās nostādnes. Dabaszinātņu metodoloģija. Dabaszinātņu didaktikas mērķi saturs, uzdevumi. Zināšanu sistēma dabaszinātnēs.

2. Mācību process un tā organizēšanas teorētiskie pamati. Didaktika. Mācību teorijas.

3. Konstruktīvā, kontekstuālā un transdisciplinārā pieeja dabaszinātņu izglītības organizēšanā. Induktīvā un deduktīvā pieeja.

1. Seminārs. Mācību teorijas (Vigotska zonu teorija, Ganjē teorija). Literatūras avotos gūtās informācijas analīze un kritisks izvērtējums.

2. Seminārs. Mācīšanās stili. Apgūstamo zināšanu un prasmju atšķirīgais raksturs un to apguves atšķirības.

4. Fizikas/ dabaszinātņu mācību procesa plānošana. Nodarbības struktūra un efektivitāte.

3. Seminārs. Mācību procesa plānošana Mācību mērķu taksonomija. Mācību mērķu formulēšana mācību priekšmetam, tematam, stundai.

4. Seminārs. Transdisciplināra pieeja dabaszinātņu apguvē. Komplekss sasniedzamais rezultāts. Mācību stundu plānu analīze un izvērtējums.

5. Fizikas/ dabaszinātņu mācību darba formas un metodes. Izziņas darbības veidi un līmeņi. Mācību mērķi kognitīvajā jomā (Blūma taksonomija). Solo taksonomija.

6. Problēmrisināšana un pētniecība dabaszinātnēs, to attīstīšana un vērtēšana.

5. Seminārs. Problēmrisināšana un pētniecība dabaszinātnēs. Prezentācijas un diskusija par literatūras avotos gūto informāciju, tās kritisks izvērtējums.

Starppārbaudījums. Stundas plāna izstrāde/analīze, izmantojo problēmrisināšanas pieeju.

7. Praktiskās un pētnieciskās metodes fizikas/ dabaszinātņu mācību procesā.

6. seminārs. Praktiskās un pētnieciskās metodes dabaszinātņu mācību procesā. Pētnieciskie laboratorijas darbi, to organizēšanas metodika pētniecisko prasmju attīstībai.IT lietošana datu ieguvei, apstrādei. Mācību modeļi, to izmantošana izpratnes veidošanai.

8. Vārdiskās mācību metodes dabaszinātņu mācību procesā. Jēdzienu apguves metodika. Daudzveidīgā jautāšana. Darbs ar tekstu. Argumentēšana. Vizualizēšana un prezentēšana.

7. seminārs. Vārdiskās mācību metodes. Daudzveidīgie jautājumi. Stratēģijas darba ar tekstu organizēšanai. Kritiskā domāšana. Problēmuzdevumu risināšana. Virzītā mācīšanās. Literatūras avotos gūto atziņu kritisks izvērtējums.

8. seminārs. Formatīvā un summatīvā vertēšana. Pārbaudes uzdevumi – mērinstrumenti sasniedzamo rezultātu mērīšanai; to izveide un atlase. Pārbaudes darbu analīze un izvērtēšana.

Starppārbaudījums. Temata nobeiguma darba izstrāde un formatīvās vērtēšanas piemēr izstrāde, kas atbilst konkrētiem izglītojamo sasniedzamajiem rezultātiem.  

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Elektronu mikroskopija** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | *2* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | *32* |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 8 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** |  |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 24 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 09.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. phys. Edmunds Tamanis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt ar elektronu mikroskopijas metodēm, apgūt elektronu mikroskopu darbības principus, paraugu sagatavošanas un mikroskopijas metodes.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. apgūt elektronu mikroskopijas pamatprincipus; 2. iegūt praktiskās iemaņas darbam ar skanējošo elektronu mikroskopu; 3. apgūt paraugu sagatavošanas; 4. apgūt SEM apkopes principus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot elektronmikroskopu darbības principus un jaunākās atziņas elektronu mikroskopijas jomā; 2. izprot dažādu elektronu mikroskopu darbības principus un apzinās to iespējas;   Prasmes:   1. pārvalda elektronu mikroskopijas pētniecības metodes; 2. lieto DU pieejamās SEM iekārtas; 3. sagatavo paraugus;   Kompetences:   1. veic patstāvīgu un kritisku iegūto elektronu mikroskopijas datu analīzi, izdarīt pētniecībai nozīmīgus secinājumus; 2. patstāvīgi izvērtē un izvēlass pētījumam atbilstošās elektronu mikroskopijas metodes; 3. patstāvīgi apgūst jaunākās elektronu mikroskopijas metodes un lietot tās pētnieciskajā darbā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Elektronu mikroskopijas principi, elektronu viļņu daba. Elektronu mikroskopu veidi un uzbūve: transmisijas mikroskopi, skenējošie mikroskopi, detektori. L6 2. SEM – ieslēgšana, sagatavošana darbam, izšķirtspējas tests. Paraugu sagatavošana, nevadoši paraugi, bioloģiski paraugi. Pamatdarbi: palielināšana, darba distance, elektronu kūļa diametra regulēšana. Kūļa centrēšana. Astigmatisma novēršana. Ld10 3. ESD un EDX – darbības princips. Mikroanalīze, kalibrēšana. Mikroanalīze, datu apstrāde. L2, Ld4 4. SEM – atstaroto elektronu difrakcija, datu apstrāde un analīze. Ld4 5. SEM – filamenta nomaiņa, stara ieregulēšana pēc filamenta maiņas. Ld4 6. SEM – apkope. Ld2   L – lekcija, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas, patstāvīgi sagatavojoties laboratorijas darbiem.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Patstāvīga iepazīšanās ar teoriju, kas atbilst konkrētam laboratorijas darbam un tās izpratne;  2. Tēmai atbilstošas zinātniskās literatūras studēšana. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppāraudījumi:  1. praktisko/ laboratorijas darbu izstrāde - 80%    Noslēguma pārbaudījums:  2. Eksāmens (mutisks) - 20%  Studiju kursa gala vērtējumu veido laboratorijas darbu un eksāmena vērtējums. Studenti laboratorijas darbus izstrādā nodarbību laikā. Eksāmenu studenti kārto tikai tad, ja ir izstrādāti un aizstāvēti visi laboratorijas darbi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veids | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. starppārbaudījums: laboratorijas darbs |  |  | + | + | + | + |  |  | | 2. starppārbaudījums: laboratorijas darbs |  | + | + | + | + | + |  |  | | 3. Eksāmens (mutisks) | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Dunlap, R. A. Experimental Physics : Modern Methods. Oxford University Press, 1988. 2. Flegler, L.S. Scanning and Transmission Electron Microscopy : An Introduction. Oxford University Press, 1995. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Davies, P. (Ed.). The New Physics. London: Cambridge University Press, 1993, | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Okabe, S. (Editor-in-Chief) Microscopy. | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Elektronu mikroskopijas principi, elektronu viļņu daba;   Elektronu viļņu dabas atklāšana, DeBroljī teorija, Davisona - Germera eksperiments, elektronu difrakcija, tā viļņa garums un enerģija.   1. Elektronu mikroskopu uzbūve, elektronu avots, to veidi. Elektronu kūļa vadīšanas principi. Transmisijas elektronu mikroskopa darbības princips, izmantoto detektoru veidi. 2. Skanējošie elektronu mikroskopi, izmantotie detektori – atstaroto elektronu detektors,  sekundāro elektronu detektors, darbības īpatnības. 3. Laboratorijas darbi: SEM – ieslēgšana, sagatavošana darbam, izsķirtspējas tests;  Paraugu sagatavošana, nevadoši paraugi, bioloģiski paraugi; Pamatdarbi: palielināšana, darba distance, kūļa diametra regulēšana; Kūļa centrēšana; Astigmatisma novēršana 4. Materiālu mikroanalīzes pamati, cietā rentgenstarojuma rašanās principi, rentgenspektrometrijas principi. Enerģijas dispersīvā rentgenspektrometrijas pamati, EDS detektors, darbības principi.   Elektronu izkliedes difrakcijas pamatprincipi,  prasības paraugu sagatavošanā, datu apstrādes pamati.   1. Elektronu mikroskopijas paraugu sagatavošanas pamati, bioloģisku paraugu sagatavošana.   Laboratorijas darbi: ESD un EDX – darbības princips; Mikroanalīze, kalibrēšana; Mikroanalīze, datu apstrāde;  SEM – EBSD, datu apstrāde un analīze; SEM – filamenta nomaiņa, stara ieregulēšana pēc filamenta maiņas; SEM – apkope. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Ievads sensoru tehnoloģijās** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | *4* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | *64* |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 32 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** |  |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 09.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. phys. Irēna Mihailova,  Dr. phys. Marina Krasovska |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir attīstīt sistematizētas zināšanas un izpratni par dažāda veida sensoriem  un ierīcēm, kas dod iespēju iegūt objektīvu informāciju par apkārtējo pasauli un to, uz kādu fizikālu procesu pamata šī informācija tiek iegūta.  Studiju kursa uzdevumi:   1. izzināt sensoru un viedo sistēmu tehnoloģiju apskatā biežāk lietotos jēdzienus, vienkāršo un inteliģento sensoru funkcionālās shēmas un to klasifikāciju; 2. iepazīt un pētīt dažādus mehānisko, akustisko, elektrisko, elektromagnētisko, elektroķīmisko un optisko, vienkāršo un viedo sensoru veidus,  gūst izpratni par to darbības fizikāliem principiem; 3. analizēt pieejas viedo sensoru izstrādē, sniegt praktiskus ieteikumus to programmatūras izstrādei; 4. izzināt to galveno mezglu uzbūves principus un svarīgākos tehniskos parametrus, signālu izvēles metodes; 5. novērtēt viedo sensoru tālākās attīstības virzienus; 6. gūt praktiskas iemaņas eksperimenta plānošanā, elektroķīmiska sensora izveidē un elektroķīmisku mērījumu veikšanā; 7. pilnveidot analīzes prasmes, kritisko domāšanu un zinātnisko kompetenci.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo sensoru un viedo sistēmu veidus un to pielietošanas jomas; 2. Izprot sensoru un viedo sistēmu "sensors - aktuators" darbības fizikālos principus;   Prasmes:   1. Analizē un izskaidro sensoru un viedo sistēmu darbības principus, lietojot atbilstošus jēdzienus, modeļus un teorijas; 2. Izveido elektroķīmiska sensora prototipu un testē tā darbību; 3. Iegūst, analizē un kritiski vērtē dažādos avotos atrodamo informāciju par dažādiem sensoru veidiem un to pielietojumu;   Kompetence:   1. Spēj patstāvīgi analizēt informāciju par jaunākiem pētījumiem sensoru un viedo sistēmu izpētē; 2. Novērtē viedo sistēmu pielietošanu automatizācijā un ražošanas sfērā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads: no vienkāršiem sensoriem līdz viedām sistēmām. Sensoru materiāli un signālu apstrādes tehnoloģijas. L2 2. Mehānisko sensoru veidi. L4 S2 P2 3. Akustiskie sensori. L2 S2 P2 4. Elektrisko sensoru darbības fizikālie pamati, to klasifikācija. L4 S2 P2 5. Elektromagnētiskie sensori. SQUID sensori. Induktīvie sensori.L4 S2 P2 6. Elektroķīmisko sensoru veidi un to darbības principi. Viedie elektroķīmiskie sensori. L6 S2 P8 7. Optiskie sensori. L6 S2 8. Viedo sensoru dizains un programmēšana. Uz nanotehnoloģijām balstīti sensori: iespējas, realitāte un pielietojumi. Viedo sensoru attīstības perspektīvas. L2 S2 9. Multisensoru sistēmas: viedais deguns, viedā mēle, lab-on-chip. L2 S2   L – lekcija, S – seiminārs, P – praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas, lai pilnīgāk izprastu nodarbībā iepazīto tematu un sagatavotos semināru nodarbībām un starppārbaudījumiem.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Lasīt un analizēt zinātniskus avotus un veidot pārskatu par sensoru un signālu apstrādes tehnoloģiju attīstības pirmsākumiem un mūsdienu izaicinājumiem.  2. Iegūt, analizēt un apkopot informāciju par noteikta sensora veida/ viedās sistēmas uzbūvi un darbības principu:  a) par akselerometriem un žiroskopiem, vibrācijas un hromatogrāfiskiem sensoriem,  b) par aktīvajiem akustiskajiem sensoriem,  c) par digitālās fotokameras un videokameras, termisko attēlu ieguves un daktiloskopiskiem sensoriem,  d) par radiosensoriem, radiolokatoriem un radio-televīzijas sensoriem,  e) par biosensoriem,  f) par viedajiem elektroķīmiskiem sensoriem,  g) par uz spektrofotometriju atpakļ izkliedētā gaismā balstītiem sensoriem,  h) par VPR imūnsensoriem un optiskās šķiedras sensoriem,  i) par multisensoru sistēmām.  3. Analizēt zinātniskus avotus un sagatavot prezentāciju par jaunākajiem pētījumiem viedo sistēmu attīstībā. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Aktīva dalība lekcijās, semināros un praktiskajos darbos.  Sistemātiska, patstāvīga norādītās metodiskās un mācību literatūras analīze, kas atspoguļota patstāvīgos darbos.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. starppārbaudījums. Elektroķīmiskā sensora izveide – 20 %  2. starppārbaudījums. Tests par sensoru veidiem, viedo sistēmu darbības principiem - 20%  3. starppārbaudījums. Prezentācija par jaunākajiem pētījumiem viedo sistēmu izpētē/ attīstībā - 20 %  Noslēguma pārbaudījums:  4. Eksāmens - viena studiju kursa jautājuma izklāstu, diskusiju un argumentāciju par kādu no sensoru veidiem, darbības skaidrojumu - 40%  Studiju kursa gala vērtējumu veido starppārbaudījumu (patstāvīgo darbu) un eksāmena vērtējums. Studenti patstāvīgos darbus iesniedz līdz nodarbību plānā norādītajiem datumiem. Eksāmenu studenti kārto tikai tad, ja ir nokārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1.starppārbaudījums “Elektroķīmiskā sensora izveide” | + | + | + | + |  |  | + | | 2. starppārbaudījums. Tests | + | + | + |  |  |  |  | | 3.starppārbaudījums  Prezentācija par jaunākajiem pētījumiem viedo sistēmu izpētē/ attīstībā | + | + |  | + | + | + | + | | 4.Eksāmens | + | + | + |  | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Cornelius, T. MEMS/NEMS: Vol. 4. Sensors and actuators. Leondes. Springer, 2006 - Microelectromechanical systems 2. Fraden, J.(3rd ed.) Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications / Springer, 2004 3. Nyce, D.S. Linear position sensors: theory and application. Wiley Interscience, 2004. E-grāmata pieejama: <http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/si/pdf/LinearPositionSensors.pdf> 4. Zribi, A., Fortin, J. (ed.) Functional thin films and nanostructures for senors : synthesis, physics and applications / [Springer](https://biblio.du.lv/Alise/lv/advancedsearch.aspx?crit0=publ&op0=%25LIKE%25&val0=Springer&bop1=AND&crit1=auth&op1=%3D&val1=) 2008 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Science Direct, <https://www.sciencedirect.com/> | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Sensor Solutions Magazine, <https://sensorsolutions.net/home> 2. Sensor Technology Magazine Articles, <https://www.sensors.co.uk/media-centre/magazine-articles/> 3. Sensor Technology Magazine, <https://www.techbriefsmediagroup.com/magazines/sensor-technology> | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Ievads. No vienkāršiem sensoriem līdz viedām sistēmām. Sensoru materiāli un signālu apstrādes tehnoloģijas. Fizikālo lielumu mērīšanas metodes un principi. 2. Mehānisko sensoru veidi. Mikrosistēmu tehnoloģijas. Deformācijas sensori. Mehāniskie kustības sensori. Globālās navigācijas sistēmas darbības principi un GPS sensori. 3. Seminārs. Akselerometri un žiroskopi. Vibrācijas un hromatogrāfiskie sensori. 4. Praktiskais darbs. Kustības sensors. Bezvadu spēka sensors. Akselerometrs. Rotācijas sensors. 5. Akustisko sensoru darbības fizikālie pamati. Akustisko signālu uztvērēji. Viedie akustiskie sensori. 6. Seminārs. Aktīvie akustiskie sensori: tonometri, eholokatori un hidrolokatori. Sensori seismiskai izpētei. 7. Praktiskais darbs. Skaņas sensors. 8. Elektrisko sensoru darbības fizikālie pamati, to klasifikācija. Rezistīvie, kapacitatīvie un impedances sensori. 9. Voltamperometriskie sensori. Sensori uz diožu un bipolāro tranzistoru bāzes. Sensori uz lauka tranzistoru un ierīču ar negatīvu VAR bāzes. Gāzizlādes sensori. 10. Seminārs. Digitālās fotokameras un videokameras, termiskie attēli, daktiloskopiskie sensori. 11. Praktiskais darbs. Spiediena sensors. Temperatūras sensors. Siltuma sensors. 12. Elektromagnētiskie sensori. SQUID sensori. Induktīvie sensori, to darbības princips un pielietojums. 13. Praktiskais darbs. Magnētiskā lauka sensors. 14. Seminārs. Radiosensori un radiolokatori. Radio-televīzijas sensori. 15. Elektroķīmisko sensoru darbības principi. Potenciometriskie sensori. Konduktometriskie un amperometriskie sensori. Voltametriskie un hronoamperometriskie sensori. 16. Seminārs. Biosensori. Viedie elektroķīmiskie sensori. 17. Praktiskais darbs. Elektroķīmiska sensora izgatavošana smago metālu jonu vai glikozes noteikšanai ūdens šķīdumos. Elektroķīmisko mērījumu veikšana. 18. Optiskie sensori. Spektrofotometriskie sensori. Fotopletizmogrāfi. Oksimetri un medicīniskā pulsa oksimetri. Spektrofotometrija atpakļ izkliedētā gaismā. 19. Luminiscences sensoru darbības pamatprincipi. Hronofluorometri. Sensori ar luminiscējošiem marķieriem. Bioluminiscējošie un scintilācijas sensori. Virsmas plazmonu rezonanses sensoru darbības principi. Industriālie VPR sensori. 20. Seminārs. Uz spektrofotometriju atpakļ izkliedētā gaismā balstītiem sensori. Hemoglobinomēri un asins pildījuma sensori. Neinvazīvie glikometri. Spektrofotometriskais hlorofila sensors. 21. Seminārs. VPR imūnsensori un optiskās šķiedras sensori. Noņemamas receptoru mikroshēmas. 22. Viedo sensoru dizains un programmēšana. Noderīgu signālu izvēle. Uz nanotehnoloģijām balstīti sensori: iespējas, realitāte un pielietojumi. 23. Seminārs. Viedo sensoru attīstības perspektīvas. 24. .Multisensoru sistēmas: viedais deguns, viedā mēle, lab-on-chip. 25. Seminārs. Multisensoru sistēmu attīstības perspektīvas. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Nanomateriālu iegūšanas tehnoloģijas** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | *4* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | *64* |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 32 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 09.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. phys. Marina Krasovska,  Dr. phys. Edmunds Tamanis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studentu - maģistrantu zināšanu un kompetenču attīstību pētniecisko darbu veikšanai nanotehnoloģiju jomā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīstināt studentus ar nanomateriālu iegūšanas tehnoloģijām (fizikālām un ķīmiskām), nanostruktūru veidiem, nanomateriālu īpašībām un to analīzes metodēm; 2. veidot izpratni par dažādu nanostruktūru augšanas procesu, fizikālām un ķīmiskām iegūšanas metodēm, nanostruktūru veidiem un īpašībām, struktūranalīzes, mikroskopijas un spektroskopijas metožu pielietošanu nanotehnoloģiju jomā; 3. sekmēt nepieciešamo zināšanu, prasmju un kompetenču iegūšanu praktisko darbu veikšanai DU  Inovatīvās Mikroskopijas centra (IMC) laboratorijās un patstāvīgā pētnieciskā darba organizēšanai maģistra darba izstrādes ietvaros.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Raksturo nanostrukturētu materiālu īpašības, to atšķirības no makro-izmēra materiāliem un to pielietošanas iespējas dažādās jomās; 2. Pārzina nanostruktūru veidus, iegūšanas fizikālās un ķīmiskās tehnoloģijas, nanostruktūru īpašību analīzes metodes; 3. Izprot nanostruktūru īpašību atkarību no iegūšanas veida un sintēzes parametriem. 4. Apzinās nanotehnoloģiju lomu zinātnē un sabiedrībā, to attīstības perspektīvas, priekšrocības un riskus;   Prasmes:   1. Patstāvīgi atrod, apkopo un analizē informāciju un prezentēt savas zināšanas un izpratni par studiju kursa tematiku; 2. Analizē un plāno eksperimentus, kas virzīti uz noteikta veida nanomateriāla iegūšanu un īpašību noteikšanu;   Kompetence:   1. izvēlas atbilstošas metodes nanostruktūru iegūšanai, kā arī analīzes metodes struktūras un ķīmiskā sastāva noteikšanai atkarībā no nanostrukturētā parauga pielietojuma mērķa; 2. pamato metožu izvēli un plānot eksperimenta gaitu saistībā ar mērķi un plānoto rezultātu; 3. pieņem atbildīgus un faktos balstītus lēmumus par savu pētniecisku prasmju pilnveidi. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Nanostruktūras, nanomateriāli, nanotehnoloģijas L6 S2  2. Nanostruktūru un nanomateriālu iegūšanas tehnoloģijas L2  3. Nanostruktūru ķīmiskās iegūšanas metodes L4 S4 P4  4. Nanoklāsteru iegūšana un klasifikācija L8 S2 P4  5. Nanostruktūru iegūšanas fizikālās tehnoloģijas L6 S4 P4  6. Nanomateriālu īpašību analīzes tehnoloģijas. L6 S4 P4  L – lekcija, S – seminārs, P – praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas, pilnveidojot izpratni par apskatīto tematu/ fizikālo problēmu un sagatavojoties semināriem, praktiskajiem darbiem, un starppārbaudījumiem. Patstāvīgais darbs ietver: literatūras avotu, zinātnisku rakstu analīzi, atbilstoši studiju kursa saturam, prezentācijas sagatavošanu, gatavošanos praktiskajiem darbiem un darba rezultātu apkopošanu.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Prezentācijas sagatavošana atbilstoši semināra tematikai.  2. Sagatavošanās praktiskajam darbam. Praktiskā darba rezultātu apkopošana un izvērtēšana.  3. Literatūras avotu studijas atbilstoši semināru tematikai un izpētes problēmām. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Aktīva dalība lekcijās, semināros, praktisko darbu izstrāde.  Sistemātiska, patstāvīga norādītās literatūras analīze, sagatavojoties semināriem un izpildot patstāvīgos darbos.  Starppārbaudījumi:   1. Prezentācijas sagatavošana par 1-4 semināra tematiku (pēc izvēles) un uzstāšanās - 10% 2. Prezentācijas sagatavošana par 5-8 semināra tematikai (pēc izvēles) un uzstāšanās - 10% 3. Zinātniskā raksta analīze par kādu inovatīvu nanostruktūru iegūšanas metodi vai pielietojuma jomu (pēc izvēles) - 10% 4. 1. starppārbaudījums: Praktiskā darba №1 vai №2 atskaites sagatavošana – 20% 5. 2. starppārbaudījums: Praktiskā darba №3 vai № 4 atskaites sagatavošana – 20%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens - mutiskas pārrunas par kādu no kursa satura jautājumiem – 30%   Studiju kursa gala vērtējumu veido patstāvīgo darbu, starppārbaudījumu un eksāmena vērtējums.  Eksāmenu studenti kārto tikai tad, ja ir nokārtoti visi starppārbaudījumi.  Eksāmenu students var kārtot tikai tad, ja ir ieskaitīti patstāvīgie darbi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veids | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | | 1.starppārbaudījums. |  | + |  |  | + | + | + | + |  | | 2.starppārbaudījums. |  | + | + |  | + |  | + | + | + | | 1. Prezentācijas | + | + | + |  | + |  |  |  | + | | 1. Raksta analīze | + | + | + |  | + |  |  |  | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Kelsall, R.W., Hamley, I., Geoghegan, M. C. Nanoscale science and technology, England; Hoboken, NJ: John Wiley, c 2005. xv, 456 p. 2. Koch, C.C. (ed.) Nanostructured materials: processing, properties, and applications. 2nd ed. Norwich, NY William Andrew Pub.2007 3. Vollath, D. Nanomaterials. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, [2013]. x, 375 pages. 4. William, A. Nanostructured materials. Pub., 2007. xxiv, 760 p. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Birkholz, M. Film Analysis by X-Ray Scattering.Wiley VCH,2005 2. Krasovska, M. Dažādu morfoloģiju ZnO nanostruktūru iegūšana un to pielietošana elektroķīmiskā sensora izstrādē. Promocijas darbs. Daugavpils : Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds "Saule", 2018. 91 lpp 3. Mihailova, I. Telpā orientētu cinka oksīda nanostruktūru sintēze. Promocijas darbs. Daugavpils : Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds "Saule", 2017. 107 lpp. 4. Ogurcovs, A. Promocijas darbs. Study of ZnO, CuO, CuInSe2 Compounds and Their Composites for Sensing Applications. Daugavpils, Latvia : Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds "Saule", 2017. 94 lpp 5. Oura, K., Lifshits, V.G. Surface science. An introduction. Springer, 2003 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Beilstein journal of nanotechnology, <https://www.beilstein-journals.org/bjnano/home> 2. CrystEngComm, Royal society of chemistry, <https://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/crystengcomm/> 3. Nanoscale Horizons, Royal society of chemistry, <https://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/nanoscale-horizons/> 4. Nanotoday, Elsevier, <http://www.journals.elsevier.com/nano-today/> | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| Lekciju tēmas (32h): | |

1. Ievads. Nanostruktūras, nanomateriāli, nanotehnoloģijas. Nanoobjektu un nanostruktūru klasifikācija. Nanostrukturēto materiālu pielietošanas jomas un attīstības perspektīvas.
2. Submikrokristālisku materiālu struktūras īpatnības. Nanomēroga izsauktās materiālu fizikālo īpašību izmaiņas. Nanokristālu mehāniskās, optiskās, elektriskās, magnētiskās īpašības.
3. Nanostruktūru un nanomateriālu iegūšanas tehnoloģijas. Tehnoloģiju klasifikācija, priekšrocības un trūkumi. Ķīmiskās un fizikālās iegūšanas metodes. Hibrīdmetodes. Metodes ar „top-down” un „bottom-up” pieeju. Nanomateriālu mehāniskās iegūšanas metodes. Jēdziens parnanostruktūru pašorganizēšanos un pašmontāžu.
4. Nanostruktūru ķīmiskās iegūšanas metodes. Klasiskās neorganiskās sintēzes paņēmieni. Nanodaļiņu veidošanās un augšana. Homogēnā un heterogenā nukleācija. Nanodaļiņu uzbriešana, aglomerācija un stabilizācija. Jēdziens par kristālu augšanas ātrumu.
5. Nanostruktūru hidrotermālā sintēze. Nanostruktūru morfoloģijas. Hidrotermālās sintēzes apstākļu un iedīgļa slāņa ietekme uz nanostruktūru veidošanās procesu un parametriem.
6. Nanostruktūru iegūšana ar lāzeru. Lāzera inducētā hidrotermālā sintēze. Virsmas selektīvā pārklāšana. Lāzera ablācija šķīdumā, gaisā un vakuumā. Lāzera pirolīze.
7. Nanoklāsteru iegūšana un klasifikācija. Klāsteru nanosistēmas. Matricas klāsteri un supramolekulārās nanostruktūras. Klāsteru modeļi. Klāsteru reakcijas. Klāsteru fizikālās īpašības.
8. Nanomateriālu sintēze mikro- un nanoreaktorā. Koloidālie nanoreaktori. Micēlas. Inverso micēlu metode. Nanostruktūru sintēze mikroemulsijās. Poraino materiālu izmantošana kā mikro- un nanoreaktorus.
9. Nanomateriālu iegūšana ar sola-gēla metodi. Oksīdu nanomateriālu iegūšana izmantojot metāla-polimēra gēlu. Neoksīdu nanodaļiņu un nanomateriālu sintēze.
10. Nanomateriālu iegūšanas elektroķīmiskās metodes.
11. Nanostruktūru iegūšanas fizikālās tehnoloģijas. Fizikālās uzputināšanas metodes (PVD). Termiskā uzputināšana. Magnetrona uzputināšana. Iztvaicēšanas metode ar konsolidāciju.
12. Plāno kārtiņu iegūšana. Plāno kārtiņu augšanas kinētika. Homoepitaksija un heteroepitaksija. Plāno kārtiņu fizikālās īpašības.
13. Nanomanipulācija un nanolitogrāfija. Elektronu stara inducētā nanostruktūru augšana. Nanomanipulācija ar zondes mikroskopu palīdzību.
14. Nanomateriālu īpašību analīzes tehnoloģijas I. Struktūranalīzes metodes. Rentgenstruktūranalīze. EBSD. EDS.
15. Nanomateriālu īpašību analīzes tehnoloģijas II. Spektroskopiskās metodes. Optiskā spektrometrija. Luminiscence. Ramana spektroskopija. Rentgenstarojuma absorbcijas spektroskopijas metodes (XAS). EXAFS, XANES
16. Nanomateriālu īpašību analīzes tehnoloģijas III. Mikroskopija. Elektronu mikroskopija. Zondu mikroskopija (atomspēka mikroskopija, tuneļmikroskopija, tuvā optiskā lauka mikroskopija).

Semināru tēmas (16h):

1. Literatūras avotos gūtās informācijas analīze un kritisks izvērtējums par nanostruktūru iegūšanas biomimētisko pieeju. Nanostruktūras dabā. Bioloģiskās sintēzes metodes.
2. Literatūras avotos gūtās informācijas analīze un kritisks izvērtējums par nanomateriālu iegūšanas “Mīkstās ķīmijas” tehnoloģijām. Fotoķīmiskā sintēze. .Nanomateriālu krioķīmiskā sintēze.Nanomateriālu sonoķīmiskā un mikroviļņu sintēze.
3. Literatūras avotos gūtās informācijas analīze un kritisks izvērtējums par ķīmiskās uzputināšanas un izsmidzināšanas tehnikām. Ķīmiskā uzputināšana no tvaika CVD. Plazmoķīmiskā nogulsnēšanās.Spray dry, freeze dry, plasma spray and hot spray.
4. Literatūras avotos gūtās informācijas analīze un kritisks izvērtējums par nanofāzes un nanokompozītu materiālu iegūšanu. Nanokompozītu veidi. Molekulāro slāņu metode (molecular layering). Citas nanofāzes un nanokompozītu iegūšanas metodes
5. Jonu stara tehnoloģijas. Jonu implantācija. Molekulārā stara epitaksija (MBE).
6. Literatūras avotos gūtās informācijas analīze un kritisks izvērtējums par nanostruktūru modelēšanu un masveida ražošanu. Litogrāfija. “Mīkstā litogrāfija’’. Nanodruka. Inženiermodelēšana. Vizuālā un skaitliskā modelēšana.
7. Literatūras avotos gūtās informācijas analīze un kritisks izvērtējums par nanošķiedru un porainu nanodaļiņu iegūšanas tehnoloģijām.
8. Nanotehnoloģijas un sabiedrība. Nanotehnoloģiju attīstības perspektīvas. Nanodrošība.

Praktisko darbu tēmas (16h):

1. ZnO un CuO nanostruktūru hidrotermālā sintēze. Aprīkojums. Darba drošība. Eksperimenta plāna sastādīšana un sintēzes parametru izvēle. Pamatnes sagatavošana. Darba šķīdumas agatavošana un sintēzes parametru izvēle atkarībā no iegūstamās morfoloģijas. Sintēzes process. Gatavu paraugu pēcapstrāde un sagatavošana uzglabāšanai.
2. NiO Elektroķīmiskā iegūšanas metode. Darba drošība. Nanostruktūru iegūšana ar elektroķīmiskas stacijas Zanher palīdzību. Šķīduma koncentrācijas un elektrisku parametru izvēle.
3. Uzputināšana. Uzputināšana ar Quorum iekārtu. Metāliskās plānās kārtiņas magnetrona un termiskā uzputināšana. Oglekļa plānās kārtiņas iegūšana. Magnetronā uzputināšana ar K.Lesker iekārtu.
4. Nanostrukturētā parauga analīze. Pulverveidīgu un epitaksiālu paraugu sagatavošana mērījumiem. Nanostruktūru morfoloģijas un izmēru noteikšana ar SEM.Skenēšanas režīmu un parametru izvēle. Ķīmiskā sastāva noteikšana ar EDS metodi.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Nelineārā optika un optiskie materiāli** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 32 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 13.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. phys. E. Tamanis, Dr. phys. V. Paškevičs, Dr. phys. A. Salītis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir veicināt studējošo sistemātisku zināšanu apguvi par optiskajiem materiāliem un nelineārajiem optiskajiem efektiem - harmoniku ģenerāciju, parametrisko ģenerāciju, daudzu viļņu mijiedarbību, dinamisko hologrāfiju, optisko orientāciju, optisko frekvenču sintezatora, otrās optiskās harmonikas ģenerācijas efekta izmantošanu kvantu elektronikā un sakaru tehnikā.  Studiju kursa uzdevumi:   1. veidot izpratni par nelineāriem optiskiem (NLO) materiāliem (organiskiem un neorganiskiem), to veidiem, struktūru, to pētījuma metodēm; 2. analizēt nelineāros optiskos(NLO) materiālos (organiskos un neorganiskos) notiekošos efektus un pielietojuma iespējas mūsdienu tehnoloģijās.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot nelineāri optisko efektu būtību, prot skaidrot parādības jēgu; 2. Raksturo mūsdienu moderno materiālu veidus, īpašības un pielietojuma iespējas optiskajās tehnoloģijās;   Prasmes:   1. skaidro nelineāros efektus izmantojot fizikālās teorijas; 2. izvērtē zinātnisko literatūru par nelineārās optikas un materiālfizikas satura jautājumiem;   Kompetence:   1. patstāvīgi apgūst jaunākās moderno optisko materiālu izpētes metodes un lieto tās pētnieciskajā darbā; 2. pieņem atbildīgus un faktos balstītus lēmumus par savu pētniecisku prasmju pilnveidi. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Vielas nelineārās polarizācijas fenomenoloģiskais termodinamiskais (TD) apraksts L4 2. Nelineārā elektrodinamika un Maksvela vienādojumi – galveno NLO efektu vienādojumi. Kvantu mehāniskais vielas nelinearitātes apraksts L4 S2 3. Nelinearitātes izmantošana lāzeros un optisko sakaru ierīču elementos. L4 S4 4. Optiskā bistabilitāte. Gaismas pašmijiedarbība vielā. Pašfokusēšanās L4 S4 5. Nelineārie optiskie materiāli. Kvadrātiskie un kubiskie nelineārie optiskie materiāli (NLO), to klasifikācija, struktūra. Organiskie un neorganiskie NLO materiāli, šķidrie, gāzes un tvaiku NLO. L6 S6 6. Otrās un augstāku kārtu nelineārie efekti. Nelineāro optisko materiālu teorija un to modelēšana. Optisko materiālu pielietojumi mūsdienu tehnoloģijās. L6 S6 7. Nelineārie optiskie procesi organiskajās molekulās L4 S6 8. Caurspīdīgu vielu optiskie parametri un to noteikšanas metodes S4   L – lekcija S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas, pilnveidojot izpratni par apskatīto fizikālo problēmu loku un sagatavojoties semināriem, praktiskajiem darbiem, un starp-pārbaudījumiem. Patstāvīgais darbs ietver: literatūras avotu, zinātnisku rakstu analīzi, atbilstoši studiju kursa saturam, gatavojoties semināriem un prezentācijas sagatavošanu.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Regulāri lasīt un analizēt zinātniskus avotus un veidot pārskatus par plānotām semināru tēmām;  2. Sagatavot prezentāciju par noteiktu tēmu (pēc izvēles, studējot atbilstošu zinātnisko literatūru. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Starppārbaudījumi:  1. starppārbaudījums: prezentācijas sagatavošana un prezentēšana seminārā – 30%  2. starppārbaudījums: prezentācijas sagatavošana par jaunākajiem pētījumiem kādas problēmas izpētē un prezentēšana seminārā – 30%  Noslēguma pārbaudījuma veids:  3. Eksāmens – 40%:  1) vienu kursa jautājuma prezentāciju,  2) diskusiju un argumentāciju par kādu no kursa satura jautājumiem.  Studiju kursa vērtējums veidojas, summējot semināru darbu rezultātus visa studiju kursa apguves laikā un noslēguma pārbaudījuma rezultātu.  Eksāmenu studenti kārto tikai tad, ja ir nokārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veids | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1.starppārbaudījums. | + | + | + | + |  |  | | 2.starppārbaudījums. |  | + | + | + | + |  | | 3. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Bloembergen, N. Nonlinear optics, W.A. Benjamin, Inc N.Y., Amsterdam, 1965, p.424. 2. Butcher, P.N., Cotter, D. The elements of Nonlinear Optics, Cambridge University Press, 1990, 344 lpp. 3. Karna, S.P., Yeates, A.T. (ed.) Nonlinear Optical Materials:Theory and Modeling, Amarican chemical society, Washington DC, 1996, 249p 4. Schaefer, B. Lerbuch der Experimentalphysik- Optik. Walter de Gryter, Berlin – New York, 1997 , 630 p. 5. Šens, Y.R. Nelineārās optikas principi. Maskava Nauka, Galvenā fiz.-mat. Literatūras red., 1989, 560 lpp. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Advances in Lasers and Applications, Proc. Of the 52 Scottish Universities Summer School in Physics, September, 1998, IoP Publishing, 346 lpp. 2. Kelihs, S. Molekulārā nelineārā optika. Maskava Nauka, Galvenā fiz.-mat. lit.red., 671 lpp. 3. Kliško, D.N. Fotoni un nelineārā optika. Maskava Nauka. Galvenā fiz.-mat. Literatūras red., 1980, 256 lpp. 4. Rogers, A. Essentials of Optoelectronics, Chapman & Hall, London, 468 p. 5. Švarcs, K. Optiskā ieraksta fizika dielektriķos un pusvadītājos. Rīga, Zinātne, 1986, 232 lpp. 6. Zeldovičs, B.J., Pilipeckis, N.F, Škunovs, V.V. Viļņu frontes apgriešana. Maskava, Nauka, Galvenā fiz.-mat literatūras red., 1985, 240 lpp. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Žurnāls “Europhoponics”, www.europhoponics.com 2. Žurnāls “Materialstoday”, www.materialstoday.com 3. Žurnāls “Laser Focus World”, www.laserfocusworld.com 4. Žurnāls “Photonics spectra”, www.Photonics.com | |
| ***Kursa saturs*** |  |
|  | |

1. Ievads. Vielas nelineārās polarizācijas fenomenoloģiskais TD apraksts. Vienkāršots NLO polarizācijas anharmoniskā oscilatora modelis. Nelineārā elektrodinamika un Maksvela vienādojumi – galveno NLO efektu vienādojumi. Interferences īpatnības NLO un fāžu sinhronisms.
2. Nelineārā elektrodinamika un Maksvela vienādojumi – galveno NLO efektu vienādojumi. Kvantu mehāniskais vielas nelinearitātes apraksts. Impulsa un enerģijas saglabāšanās likumi NLO. Einšteina-Podoļska-Rozena avots un kvantu teleportācijas eksperimenti, kvantu datora NLO variants. Kvantu teleportācija, Kvantu datori.
3. Kristāliskā režģa simetrijas saistība ar nelineārās uzņēmības tenzoru komponentēm. Daudzviļņu mijiedarbības optikā, NLO signālu sintēzes telplaiciskie aspekti, dinamiskā hologrāfija un hologrāfiskā ieraksta vides. Optiskā molekulu orientācija. Fotonu aizliegtās zonas materiāli.
4. Nelinearitātes izmantošana lāzeros un optisko sakaru ierīču elementos, NLO īpatnības superīso lāzerimpulsu gadījumā. NLO spektroskopijas principi. Otrā, trešā, ceturtā utt.optiskās harmonikas un to pielietojumi. Optiskā bistabilitāte. Femtosekunžu lāzersistēma. Lāzera stara iedarbības uz materiālu pētīšanas metodes.
5. Gaismas pašmijiedarbība vielā. Pašfokusēšanās. Optisko solitonu rašanās nosacījumi.
6. Nelineārie optiskie materiāli. Elektrooptiskie un magnetooptiskie efekti. Nelineārais magnētoptiskais efekts. Otrās kārtas dielektriskās uzņēmības aprēķināšana. Augstāku kārtu dielektriskās uzņēmības noteikšana.
7. Saistīto polimēru nelineārās īpašības. Kvaziperiodisko polimēru nelineārās optiskās īpašības. Saistīto polimēru trešās kārtas nelineārie efekti.
8. Nelineārie optiskie procesi organiskajās molekulās. Molekulu lineāro un nelineāro raksturīgo īpašību noteikšana ar Hartri – Foka metodi. Nelineārie optiskie materiāli komunikāciju sistēmās. Nelineāro optisko materiālu iegūšanas paņēmieni. Optisko šķiedru raksturlielumu noteikšanas metodes. Otrās kārtas harmonikas aprēķināšana dažādiem lāzerstarojumiem. Augstāko kārtu harmoniku noteikšanas metodes. Gaismas izplatīšanās organiskajās molekulās. Gaismas mijiedarbības uz polimēriem pētīšana. Gaismas pašfokusēšanās pētīšana. Elektrooptiskā un magnetooptiskā efekta pētīšana. Daudzfotonu fotoefekta pētīšana.
9. Caurspīdīgu vielu optiskie parametri un to noteikšanas metodes: sakarību starp ārējo elektriskā lauka intensitāti un optiskā materiāla polarizāciju pētīšana; elektriskā lauka indukcijas un polarizācijas noteikšanas metodes dažādos optiskos materiālos; gaismas laušanas koeficienta pie dažādiem gaismas vilņa garumiem noteikšana; dažādu materiālu pilnīgas iekšējās atstarošanās leņķa noteikšana.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Praktiskās hologrāfiskās sistēmas** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 8 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 8 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Andrejs Bulanovs |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studējošo zināšanu un kompetenču attīstību par hologrāfiskā ieraksta tehnoloģijām.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. apgūt optiskās hologrāfijas teorētiskos pamatus; 2. izzināt gaismas jūtīgos materiālus hologrāfiskam ierakstam; 3. iepazīt  hologrammu pamatveidus (analogās un digitālās) un to optiskā ieraksta metodes; 4. iepazīt optiskās litogrāfijas tehnoloģiju un tās izmantošanu aizsarghologrammu un difrakcijas elementu izgatavošanai; 5. nostiprināt zināšanas, veicot praktiskos un  laboratorijas darbus ar atbilstošām iekārtām.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** | |
| Zināšanas:   1. Skaidro hologrāfiskā ieraksta veidus un tehnoloģiju pamatprincipus;   Prasmes:   1. Pielieto gaismas jūtīgo hologrāfisko materiālu apstrādes ķīmiskās metodes; 2. Ar datora palīdzību veic hologrammas aprēķinu un sagatavo datus litogrāfiskajam ierakstam;   Kompetence:   1. Veic vienkāršu lāzera optisko sistēmu konstruēšanu, to iestatīšanu un piemērošanu hologrāfiskajam ierakstam; 2. Praktiski izmanto optiskās litogrāfijas iekārtu aizsardzības hologrammu un difrakcijas optisko elementu ierakstam; 3. Analizē un izvērtē zinātnisko literatūru par pētījumiem atbilstoši studiju kursa saturam. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Hologrāfiskā ieraksta teorētiskie pamati. Ieraksta princips un optiskās shēmas hologrammu pamatveidu izgatavošanai. L2 S2 2. Ciparu un analogā hologrāfija. Hologrāfiskās stereogrammas. L2 S4 Ld4 3. Optiskās litogrāfijas metodes aizsardzības hologrammu un difrakcijas elementu izgatavošanai. L2 S4 Ld4 4. Ciparu hologrammu aprēķina teorētiskie pamati. L2 S6 Ld4   L – lekcija, S – seminārs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras nodarbības, lai pilnveidotu izpratni par nodarbībā iepazīto tematu. Patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un grupās, patstāvīgi sagatavojoties semināriem un laboratorijas darbiem.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. literatūras avotu studijas atbilstoši semināru un laboratorijas darbu tematikai; 2. Laboratorijas darba sagatavošana. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījums:   1. Laboratorijas darbu izstrāde un aizstāvēšana - 40%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens - 60%   Eksāmens ietver prezentāciju par kādu no kursa satura jautājumiem, prasmi izklāstīt, argumentēt  viedokli.  Studiju kursa gala vērtējumu veido laboratorijas darbu un eksāmena vērtējums. Studenti studē  zinātnisko literatūru, gatavojas semināriem un laboratorijas darbiem. Eksāmenu studenti kārto  tikai tad, ja ir izstrādāti un aizstāvēti visi laboratorijas darbi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Starppārbaudījums: Laboratorijas darbs | + | + |  | + | + | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Hariharan, P. Basics of Holography, Cambrige University Press, ISBN 0521002001, 2002 2. Saxsby, G., Zaharova, S. Practical Holography (fourth edition) CRC Press. ISBN 9781482251579, 2015 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Holograms-Recording materials and applications, IntechOpen, ISBN 978-953-307-981-3, 2011 2. Holography. IntechOpen, ISBN 978-953-51-1117-7, 2013 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Bulanovs, A., Gerbreders, S. Advanced concept for creation of security holograms, LJPT 50(6), 2013, DOI: 10.2478/lpts-2013-0041 2. Bulanovs, A., Bakanas, R. Use of Computer-Generated Holograms in Security Hologram Applications, LJPT 53(5) 2016, DOI: 10.1515/lpts-2016-0036 | |
| ***Kursa saturs*** | |
| 1. Hologrāfiskā ieraksta teorētiskie pamati. Ieraksta princips un optiskās shēmas hologrammu pamatveidu izgatavošanai. L2 S2   1.1. Ievads. Hologrāfijas pamati. Galvenie hologrammu veidi.  1.2. Literatūras avotos gūtās informācijas par lāzeriem un optomehāniskiem elementiem, ko izmanto hologrāfijā, analīze. Lāzera pārraides hologrammas.   1. Ciparu un analogā hologrāfija. Hologrāfiskās stereogrammas. L2 S4 Ld4   2.1.Analogā un ciparu hologrāfija.\  2.2. Literatūras avotos gūtās informācijas par baltas gaismas atstarošanas hologrammu ieguvi un par Denisjuka metodi analīze.  2.3. Literatūras avotos gūtās informācijas par varavīksnes hologrammām analīze. Hologrāfisko stereogrammu tehnoloģija.  2.4. Digitālās hologrāfijas pamati. Optiskie difrakcijas elementi un to pielietojums.   1. Optiskās litogrāfijas metodes aizsardzības hologrammu un difrakcijas elementu izgatavošanai. L2 S4 Ld4   3.1. Hologrāfiskās stereogrammas. Aizsardzības hologrammas.  3.2. Literatūras avotos gūtās informācijas par optisko litogrāfiju analīze. Aizsardzības hologrammas ierakstīšanas tehnoloģija.  3.4. Lāzera starojuma optiskās filtrēšanas metodes un to pielietošana hologrāfijā.  3.5. Digitālo hologrammu ierakstīšanas iekārtas konstrukcija un darba pamati.   1. Ciparu hologrammu aprēķina teorētiskie pamati. L2 S6 Ld4   4.1. Ciparu hologrammas un difrakcijas optiskie elementi  4.2. Materiāli hologrāfiskai ierakstīšanai. Pārklājošās plāksnes ar fotorezista ‘Spin coating’ metodēm hologrāfiskai ierakstīšanai.  4.3. Optiskie komponenti hologrāfijai. Optisko shēmu veidošana hologrammas ierakstam.  4.4. Hologrāfiskā dizaina pamati. Hologrammu ierakstīšana uz fotorezista un reljefa-fāžu hologrammas veidošana.  4.5. Digitālo hologrammu struktūru izveidošana un ierakstīšana uz fotorezista.  4.6. Galvanizācijas pamati un tās pielietošana reljefa-fāžu hologrammas kopēšanā. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Rūpnieciskās robotikas pamati** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 32 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 19.02.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. Paed. Pāvels Drozdovs, Dr. phys. Pāvels Narica, Mg.sc.ing. Sergejs Ločs, Mg.sc.ing. Guntis Spriņģis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt  studējošo zināšanu un kompetenču attīstību par rūpniecībā izmantojamo robotu konstrukcijām, pielietojumu, programmēšanas metodēm un kiberfizikālajām sistēmām.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. apgūt zināšanas un prasmes, lai izveidotu apstrādes procesu simulāciju robotam *Robotmaster* un *RobotStudio* programmatūrā; 2. analizēt kiberfizikālo sistēmu darbības principus un apgūt prasmi organizēt sistēmas aizsardzības pasākumus ekspluatācijas laikā; 3. vingrināties veikt KUKA robota aktivizēšanu un kalibrēšanu, izveidot un izmainīt programmējamās kustības, izmantojot KUKA robota vadības pogas; 4. sastādīt detaļas apstrādes programmu un pārbaudīt šīs programmas darboties spēju, izmantojot *OrangeEdit*; 5. apgūt nepieciešamās kompetences darbam *Mastercam* lietojumprogrammatūrā.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Identificē dažādu robotu, robotizēto sistēmu un kiberfizikālo sistēmu veidus un pielietojuma jomas; 2. Izprot robotu, to izpildmehānismu un papildaprīkojuma uzbūvi un darbības principu. 3. Izprot RobotStudio, Mastercam un Robotmaster lietojumprogrammatūru un programmēšanas pamatus; 4. Skaidro apkopes un drošības tehnikas prasības darbojoties ar robotiem un kiberfizikālajām sistēmām;   Prasmes:   1. Iegūst informāciju un analizē dažādu robotu tehniskos raksturlielumus, vadības un informācijas sistēmas; 2. Lieto KRL (Kuka Robot Language) programmēšanas valodu KUKA robota darbības programmēšanai; 3. Novērtē kiberfizikālo sistēmu pielietošanu automatizācijā un ražošanas uzņēmumos. 4. Izskaidro autonomu rūpniecisku robotu apvienošanu datorizētās sistēmās un robotu mijiedarbību savā starpā;   Kompetence:   1. Programmē KUKA robota kustības, pielietojot KRL; 2. Izveido apstrādes programmas KRL valodā; 3. Programmē ieejas/izejas, pielietojot KRL; 4. Veido apstrādes procesa simulāciju; 5. Pamato kiberfizikālo sistēmu lietderīgumu, to ieviešanas nepieciešamību automatizācijā un ražošanā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| * + - 1. Ievads robotikā. Robotu un robotizēto sistēmu galvenie pamatjēdzieni. Robotu klasifikācija. L2 S2       2. Rūpniecisko robotu un robotizēto sistēmu struktūra. Robotu konstruēšanas un izveides pamatnostādnes. L2 S2       3. Rūpniecisko robotu galvenie tehniskie raksturlielumi un kinemātiskās shēmas. L2       4. Robotu aprīkojums, tā pielietojums dažādu uzdevumu izpildei. Rūpniecisko robotu pielietošanas sfēras. L2 S2       5. Robotu piedziņas veidi. Robotu vadības un informācijas sistēmas. L2 S2       6. Dažāda programmnodrošinājuma specifika apstrādes programmu izveidošanā materiālu apstrādei ar robota palīdzību. L2 S4       7. KUKA robots. L2 P6       8. Tiešsaistes (On-line) programmēšana. L2 P6       9. Autonomā (Off-line) programmēšana. L2       10. Ievads Robotmaster lietojumprogrammatūrā. L2       11. Robotu tehniskā apkope un drošības tehnikas prasības. L2       12. Kiberfizikālās sistēmas ( KFS). L2 S4       13. KFS automatizācijā un ražošanā. L4 P2  1. Autonomu rūpniecisku robotu apvienošana datorizētās sistēmās. L2 P2 2. Kiberfizikālu sistēmu drošība un privātums. L2   L – lekcija, S – seminārs, P – praktiskie darbi | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas, lai pilnīgāk izprastu nodarbībā apskatīto tematu un lai sagatavotos semināriem, praktiskajiem darbiem un starppārbaudījumiem.  Patstāvīgais darbs ietver: literatūras avotu, zinātnisku rakstu analīzi, atbilstoši studiju kursa saturam, prezentācijas sagatavošanu.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Atlasīt un izanalizēt zinātniskus avotus un izveidot pārskatu par robotu, kas tiek pielietots kādā rūpniecības vai ražošanas sfērā, tā pielietošanas iespējām, tehniskiem raksturlielumiem un priekšrocībām.  2. Iegūt un apkopot tehnisko informāciju par robotu klasifikāciju.  3. Analizēt ABB un KUKA robotu pielietošanas iespējas rūpniecības un ražošanas sfērās.  4. Analizēt informāciju par robotu tehniskās novērošanas sistēmām.  5. Iegūt un analizēt jaunāko informāciju par kiberfizikālo sistēmu( KFS) pielietojumu ražošanas procesu plānošanai, produktu izstrādei un kontrolei.  6. Iepazīt robotu tehniskās apkopes un drošības tehnikas prasības.  7. Apkopot informāciju par Mastercam lietojumprogrammatūras izmantošanas iespējām, izveidojot detaļas apstrādes programmu KUKA robotam. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Aktīva dalība lekcijās un semināros.  Sistemātiska, patstāvīga norādītās literatūras analīze, kas atspoguļota patstāvīgos darbos, ko iesniedz vai prezentē semināru nodarbībās.  Starppārbaudījumu (patstāvīgo un praktisko darbu) nokārtošana. Patstāvīgos darbus iesniedz vai prezentē semināru nodarbībās.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. starppārbaudījums. Detaļas plakanas virsmas apstrādes trajektorijas izveidošana *Mastercam* lietojumprogrammatūrā – 30%  2. starppārbaudījums. Pēc izvēles sameklēt, izanalizēt, apkopot un seminārnodarbībā prezentēt informāciju par divām kursa satura tēmām, argumentēt savu viedokli un atbildēt uz jautājumiem - 30%  Noslēguma pārbaudījums:  3. Eksāmens (mutisks) - 40%  Gala vērtējums par studiju kursa apguvi veidojas, summējot starppārbaudījumu rezultātus un noslēguma pārbaudījuma rezultātus. Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot, ja ir pozitīvi vērtējumi visos starppārbaudījumos. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | | 1.starppārbaudījums “Detaļas plakanas virsmas apstrādes trajektorijas izveidošana” |  |  | + |  |  | + |  |  | + | + | + | + |  | | 2.starppārbaudījums  Prezentācija par kursa satur jautājumu | + | + |  |  | + | + | + | + |  |  |  |  | + | | 3. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. ACATECH – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: Autonome Systeme – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Zwischenbericht, Berlin (2016). 2. Druml, N., Genser, A., Krieg A., Menghin M., Hoeller Andr., Solutions for Cyber-Physical Systems Ubiquity, ISBN13:9781522528456, 2017. 3. Lambert, M. Surhone, Mariam T. Tennoe, Susan F. Henssonow, Cyber-Physical System, ISBN: 978-6-1345-2434-6, 2011. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Broy M., Cyber-Physical Systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010. 2. Gasparetto, L. Scalera. A Brief History of Industrial Robotics in the 20th Century. Advances in Historical Studies, 2019, 8, 24-35. DOI: 10.4236/ahs.2019.81002 Feb. 15, 2019. 3. N. Muro, N., Lewis. F. L., Abdallah, C. T. Robot Manipulator Control. Theory and Practice- Second Edition. Marcel Dekker inc. 2004; 5. Adaptive Control of Robot Manipulators, An-Chyan Huang and Ming-Chih Chien. ISBN: 978981-4307-41-3, 226. lpp, 2010. 4. Richard L. Shell, Ernest L. Hall. Handbook of Industrial Automation. 2000 Marced Dekker Inc. http://www.fuzzytech.com/. 5. Robot History. https://ifr.org/robot-history. 6. Robotics and Automation Part 1:6 common types of industrial robots and their functions within the manufacturing field. Skatīt: http://marii.my/robotics-and-automation-part-1-5-common-types-of-industrial-robots-and-their-functions-within-the-manufacturing-field/ | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |

1. Ievads robotikā. Ieskats rūpnieciskās robotikas attīstības vēsturē. Roboti darba procesu automatizācijā. Robotu un robotizēto sistēmu galvenie pamatjēdzieni - robots, rūpnieciskais robots, manipulators, manipulācijas objekts, autooperators, utt. Robotu klasifikācija pēc:

veicamo operāciju rakstura; specializācijas; kustības, ņemot vērā koordinātu sistēmu; piedziņas veida; programmas apstrādes iespējām; pēc ātruma un diskrēto pārvietojumu programmēšanas iespējām.

Seminārs. Robotu pamatveidi un tehniskie raksturlielumi.

1. Rūpniecisko robotu un robotizēto sistēmu struktūra. Vadības sistēma. Informācijas sistēma. Mehāniskā sistēma. Robotu konstruēšanas un izveides pamatnostādnes. Rūpniecisko robotu konstruēšanas moduļpieeja.

Seminārs. Adaptīvie roboti.

1. Rūpniecisko robotu galvenie tehniskie raksturlielumi (iespējamo kustību skaits, ātrdarbība, kalpošanas laiks, pozicionēšanas precizitāte, utt.) un kinemātiskās shēmas.
2. Robotu aprīkojums, tā pielietojums dažādu uzdevumu izpildei. Satvērēju klasifikācija. Robotu aprīkojums ar griezējinstrumentiem un metināšanas papildaprīkojumu. Rūpniecisko robotu pielietošanas sfēras.

Seminārs. ABB robots, pielietojums, iespējas.

1. Robotu piedziņas veidi (pneimopiedziņa, hidropiedziņa, elektropiedziņa, kombinētā piedziņa). Robotu vadības un informācijas sistēmas. Iekšējās informācijas devēji.

Seminārs. Tehniskās novērošanas sistēmas.

1. Dažāda programmnodrošinājuma specifika apstrādes programmu izveidošanā materiālu apstrādei ar robota palīdzību. Nepieciešamās lietojumprogrammatūras izvēles kritēriji.

Seminārs. Robota programmēšana, izmantojot RobotStudio lietojumprogrammatūru.

1. KUKA robots, tā galvenās sastāvdaļas. KR C4 kontrolieris.

Praktiskais darbs. KUKA robota struktūra un funkcijas. KUKA robota mehānisko daļu apskats. KR C4 kontroliera darbība. KUKA Smartpad. Robota vadība. Robota aktivizēšana, kalibrēšana.

Praktiskais darbs. Programmējamo kustību izveidošana un izmainīšana, izmantojot KUKA robota vadības komandas.

1. Tiešsaistes (On-line) programmēšana. KUKA sistēmas programmnodrošinājums. KRL programmēšanas valoda.

Praktiskais darbs. Vadības programmas izmantošana funkciju kontrolei.

Praktiskais darbs. Mainīgie un dati.

Praktiskais darbs. Nosacītās pārejas, pārslēdzēja, ciklu, gaidīšanas funkcijas, laika un signāla gaidīšanas funkciju programmēšana.

Praktiskais darbs. Programmas darboties spējas pārbaude, izmantojot OrangeEdit.

1. Autonomā (Off-line) programmēšana. Darbs Mastercam lietojumprogrammatūrā. Modeļa un apstrādes trajektorijas izveide. L2
2. Ievads Robotmaster lietojumprogrammatūrā, iestatījumi un simulācijas iespējas.
3. Robotu tehniskā apkope un drošības tehnikas prasības.
4. Kiberfizikālās sistēmas ( KFS) – ražošanas procesa pamats saskaņā ar Industrie 4.0 koncepciju un kiberfizikālu sistēmu rašanās tehniskie priekšnoteikumi.

Seminārs. KFS ražošanas procesu plānošanai, produktu izstrādei un kontrolei.

1. KFS automatizācijā un ražošanā, savienojums ar mehatroniskajām sistēmām, sensori, izpildmehānismi, viedās sistēmas un to tīklošana, sakaru un komunikāciju sistēmas.

Praktiskais darbs. Sensori un devēji informācijas iegūšanai par robotizētās sistēmas aktuālo stāvokli.

1. Autonomu rūpniecisku robotu apvienošana datorizētās sistēmās, robotu mijiedarbība savā starpā un automātiska darbības pielāgošana.

Praktiskais darbs. Robotizētas sistēmas izpildmehānismi un piedziņa.

1. Kiberfizikālu sistēmu drošība un privātums, projektēšanas un aizsardzības pasākumi ekspluatācijas laikā.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Spektroskopiskās metodes** | |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija | |
| ***Kredītpunkti*** | 2 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Mg.phys. Inga Pudža | |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studējošo zināšanu un kompetenču attīstību par spektroskopijas metodēm un to pielietojumu atomu, molekulu un cietvielu uzbūves un fizikālo īpašību pētīšanai materiālzinātnē un jaunākajiem pētījumiem šajā jomā.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. gūt izpratni par dažāda viļņa garuma elektromagnētiskā starojuma mijiedarbību ar vielu; 2. aplūkot svarīgākās eksperimentālās spektroskopiskās metodes materiālu optisko, strukturālo, elektronisko un dinamisko īpašību pētījumiem; 3. iepazīt to fizikālo būtību un realizācijas principus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. Izprot spektroskopijas metožu veidus un pielietošanas iespējas materiālu īpašību pētīšanā; 2. Raksturo spektroskopijas metožu fizikālos principus un teorētiskos modeļus; 3. Izprot spektroskopijas tehnisko realizāciju;   Prasmes:   1. Iegūst un analizē informāciju par dažādu spektroskopisko metožu pielietošanas iespējām materiālu pētīšanā; 2. Analizē spektroskopisko mērījumu datus;   Kompetence:   1. Izvēlas spektroskopijas metodi atbilstoši mērķim un izvērtēt tās priekšrocības un ierobežojumus; 2. Analizē un interpretē spektrālanalīzē iegūtos datus. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Spektrālaparāti un spektrālie mērījumi L2 S2 2. Luminiscences teorija un veidi L2 S2 3. Infrasarkanā Furjē spektroskopija L2 S2 4. Ramana spektroskopija L2 S2 5. Rentgenabsorbcijas spektroskopija L2 S2 6. Fotoelektronu spektroskopija (XPS, UPS) L2 S2 7. Magnētisko rezonanšu spektroskopija (EPR, KMR) L2 S2 8. Citas spektroskopiskās metodes (Rentgenstaru fluorescence, Masspektrometrija, Hromotogrāfija, Mesbauera spektroskopija u.c) L2 S2.   L – lekcija, S - seminārs | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas un ir saistīts ar nodarbībā iepazīto spektroskopisko metodi. Studējot lekciju materiālus, studējošie pilda testu. Patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli sagatavojoties semināriem un starppārbaudījumiem.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Lasīt un analizēt zinātniskus avotus un izveidot pārskatu vai prezentāciju par spektroskopisko metožu pielietojumu izvēlētajā pētījumu jomā.  2. Testu izpilde. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:  1. starppārbaudījums. Testu izpilde - 40 %  2. starppārbaudījums. Prezentācijas sagatavošana, prezentēšana - 20 %  Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens - 40%   Eksāmens ietver:  1) vienas spektroskopiskās metodes izklāstu.  2) rakstisku testu par kursa saturu.  Gala vērtējums par studiju kursa apguvi veidojas, summējot starppārbaudījumu rezultātus visa studiju kursa apguves laikā. Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot, ja ir pozitīvi vērtējumi visos starppārbaudījumos | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1.starppārbaudījums. Testi. | + | + | + | + |  |  |  | | 2.starppārbaudījums. Prezentācija | + | + | + | + | + | + |  | | 3. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Demtröder, W. Laser spectroscopy: basic concepts and instrumentation, Springer, 2003. 2. Demtröder, W. Atoms, Molecules and Photons. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006. 3. Sparkman, O. David. Gas chromatography and mass spectrometry: a practical guide / O. David Sparkman, Zelda E. Penton, Fulton G. Kitson. - 2nd edition. - Boston: Elsevier, 2011. - xix, 611 lpp.: il.; 23 cm. - ISBN 9780123736284 4. Svanberg, S. Atomic and Molecular Spectroscopy, Springer, 2006. | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Eiduss, J., Zirnītis, U. Atomfizika, Rīga „Zvaigzne” 1978, 328lpp. 2. Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. Fundamentals of Physics, 6th edition, New York, etc., John Wiley & Sons, Inc.”, 2001, 1139 pages. 3. Smith, F.G., King, T.A. Wilkins D. Optics and Photonics: An Introduction. John Wiley and Sons. 2007, 499 p. | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
| 1. Physical Mesurement Laboratory: Atomic Spectroscopy - A Compendium of Basic Ideas, Notation, Data, and Formulas, <http://www.nist.gov/pml/pubs/atspec/index.cfm> 2. Physical Mesurement Laboratory: X-Ray Form Factor, Attenuation, and Scattering Tables, <https://www.nist.gov/pml/x-ray-form-factor-attenuation-and-scattering-tables> 3. Wiley Analytical Science: Latest Spectroscopy Articles, <http://www.spectroscopynow.com> | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
|  | | |

1. Spektrālaparāti un spektrālie mērījumi L2 S2

Elektromagnētiskais spektrs. Spektru veidi. Starojuma avoti (nepārtraukta spektra lampas, gāzizlādes lampas, lāzeri). Spektrālaparātu iedalījums. Spektrāllīniju īpašības, to paplašināšanās, izšķirtspēja, Releja kritērijs. Detektori (fotoplates, electronu daudzkāršotāji, fotodiode, CCD kamera, scintilātori, jonizācijas kameras).

Seminārs: Spektrālaparāti un spektrālie mērījumi.

1. Luminiscences teorija un veidi L2 S2

Fotoluminiscence. Fotostimulēta luminescence. Termostimulētā luminiscence. Augšup-pārveidotā luminiscence. Luminiscences pielietojumi.

Seminārs: Luminiscences teorija un veidi.

1. Infrasarkanā Furjē spektroskopija L2 S2

IS absorbcijas mehānismi. Furjē spektroskopija, tās pielietojumi.

Seminārs: Infrasarkanā Furjē spektroskopija.

1. Ramana spektroskopija L2 S2

Gaismas kombinatīvās izkliedes būtība.

Seminārs: Ramana spektroskopija.

1. Rentgenabsorbcijas spektroskopija L2 S2

Rentgenlampas. Sinhrotroni. Rentgenabsorbcijas spektrs (EXAFS, XANES)

Seminārs: Rentgenabsorbcijas spektroskopija.

1. Fotoelektronu spektroskopija (XPS, UPS) L2 S2

XPS (rentgenstaru fototlektronu spektroskopija). UPS (ultravioletā fotoelektronu spektroskopija).

Seminārs: Fotoelektronu spektroskopija.

1. Magnētisko rezonanšu spektroskopija (EPR, KMR) L2 S2

EPR (elektronu paramagnētiskā rezonanse).

Seminārs: Magnētisko rezonanšu spektroskopija.

1. Citas spektroskopiskās metodes (Rentgenstaru fluorescence, Masspektrometrija, Hromotogrāfija, Mesbauera spektroskopija u.c) L2 S2.

Seminārs: Studentu sagatavoto prezentāciju par aktuālu, ar kursu saistītu tēmu prezentēšana.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Tehnoloģisko procesu modelēšana** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 0 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 32 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** |  |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Mg. Sc. Comp. A. Vagalis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studentu - maģistrantu zināšanu un kompetenču attīstību mūsdienu tehnoloģisko procesu vadīšanā un modelēšanā, lietojot CNC programmatūru.  Studiju kursa uzdevumi:   1. iepazīt ražošanas procesa organizācijas aspektus; 2. apgūt pamatiemaņas darbā ar tehnoloģisko procesu automatizētās izveides un modelēšanas programmatūru.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** | |
| Zināšanas:   1. Raksturo programmatūru ar kuras palīdzību var izstrādāt un modelēt ražošanas tehnoloģiskos procesus;   Prasmes:   1. Sagatavo CAM programmatūru; 2. Izveido, modelē un pārbauda ražošanas tehnoloģiskos procesus;   Kompetence:   1. Izvēlas piemērotākos rīkus un risinājumus tehnoloģisko procesu modelēšanai, kā arī prasmīgi pielieto tos praksē; 2. Pieņem atbildīgus un faktos balstītus lēmumus par savu prasmju pilnveidi. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ražošanas tehnoloģisko procesu modelēšanas rīki un programmatūra. S2 2. Frēzēšanas programmas un procesu programmēšana. P4 3. 3D CAM sistēmu izmantošana tehnoloģisko procesu izveidei un modelēšanai. P8 4. Tīrapstrādes procesa izveide. P6 5. Detaļas izveides tehnoloģiskā procesa modelēšana, pārbaude, optimizēšana. P6 6. Izveidotās apstrādes programmas skaņošana, pielāgošana un pārbaude konkrētam darbgaldam. P6   S – seminārs, P – praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras nodarbības, pilnveidojot izpratni par apskatīto CAM programmatūras daļu un tehnoloģisko procesu.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Patstāvīgi izvēlēties detaļu ar rasējumiem un izveidot šīs detaļas izgatavošanas programmu izmantojot frēzēšanu (urbšana, vītņurbšana, lineāras un apļveida kustības) (Pd8) 2. Patstāvīgi izvēlēties detaļu ar rasējumiem un izveidot šīs detaļas izgatavošanas programmu izmantojot frēzēšanu (iebūvētie frēzēšanas cikli, absolūtās, relatīvās un polārās koordinātes) (Pd8) 3. Detaļas 3D modeļa izveide izmantojot 3D CAD programmatūru (Pd6) 4. Izveidotās detaļas imports CAM sistēmā. Izgatavošanas tehnoloģiskā procesa izveide, pārbaude un modelēšana (Pd16) 5. Detaļas 3D modeļa izveide, izgatavošanas tehnoloģiskā procesa izveide, pārbaude un modelēšana veicot virpošanas apstrādi. (Pd10) | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Praktisko darbu un uzdevumu izpilde kursa apguves procesā - 40% 2. Patstāvīga frēzēšanas uzdevumu izveide, programmas izveide izmantojot G un M-kodus un prezentēšana - 20%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens, kas ietver detaļas izgatavošanas tehnoloģiskā procesa izveide un modelēšana - 40 %.   Studiju kursa gala vērtējumu veido patstāvīgo darbu un eksāmena vērtējums. Eksāmenu studenti kārto tikai tad, ja ir nokārtoti visi patstāvīgie darbi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 1.Praktisko uzdevumu izpilde | + | + | + | + | + | | 1. Patstāvīgais darbs: Frēzēšanas uzdevuma izveide un prezentēšana | + | + | + |  | + | | 2. Eksāmens | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Manton, M., Weidinger, D. Mastercam X9 Training Guide Mill 3D. 2015. CamInstructor Inc., 350p. ISBN-13: 978-1927359730 2. SINUMERIK 840D sl/840Di sl/840D/840Di/810D Fundamentals. Programming Manual. Copyright © Siemens AG 2006. 560p. 3. Smid, P. CNC Programming Handbook, 3rd edition. 2007. Industrial Press, Inc.; 600p. ISBN-13: 978-0831133474 4. Smid, P.CNC Programming Techniques. 1st edition. 2005. Industrial Press, Inc.; 360p. ISBN-13: 978-0831131852 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Baskutis, S., Dubinskas, E. u.c. Industrijas 4.0 izaicinājums. Metālapstrādes nozares darbinieku sagatavošana darbam ar viedām tehnoloģijām. 2019. Zemgales reģiona kompetenču attīstības centrs, ISBN 978-9934-19-978-3 https://www.masoc.lv/data/4change/Gramata\_4change\_LV.pdf 2. Vagalis, A., Radionovs, A., Skačkovas, V. Ievads CNC darbgaldos. 2017. Daugavpils, Šiauliai. <https://estudijas.du.lv/course/view.php?id=4234> | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** | |
| 1. Ražošanas tehnoloģisko procesu modelēšanas rīki un programmatūra. S2 2. Frēzēšanas programmas un procesu programmēšana. P4   2.1. Frēzēšanas apstrādes procesa izveide izmantojot G un M kodus. Frēzēšanas programmas struktūra.  2.2. Vienkāršu darbību (lineāra kustība un urbšana) programmēšana.  2.3. Apļveida kustību izmantošana frēzēšanas procesā.  2.4. Polārās un relatīvās koordinātes frēzēšanas procesā.   1. 3D CAM sistēmu izmantošana tehnoloģisko procesu izveidei un modelēšanai. P8   3.1. Virtuālā 3D modeļa izveide un sagatavošana tehnoloģiskā procesa izveidei un modelēšanai  3.2. Mašīngrupas izvēle un detaļas 3D modeļa ielāde tajā.  3.3. Sagataves parametru definēšana un virtuālo instrumentu izveide.  3.4. Vienkāršu apstrādes darbību trajektoriju izveide.  3.5. Urbšanas, vītņgriešanas un frēzēšanas trajektoriju izveide.   1. Tīrapstrādes procesa izveide. P6 2. Detaļas izveides tehnoloģiskā procesa modelēšana, pārbaude, optimizēšana. P6   5.1. Detaļas izveides tehnoloģiskā procesa apstrādes programmas izveide un eksports.   1. Izveidotās apstrādes programmas skaņošana, pielāgošana un pārbaude konkrētam darbgaldam. P6 | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Vakuuma iegūšanas tehnoloģijas** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 16 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 17.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr. phys. Edmunds Tamanis |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir izprast vakuumiekārtu uzbūves un darbības principus un apgūt  prasmes darbā ar vakuumiekārtām.  Studiju kursa uzdevumi:   1. gūt izpratni par vakuuma iegūšanas principiem, 2. analizēt populārākās  vakuuma iegūšanas metodes un iekārtu uzbūves un darbības principus, vakuuma mērīšanas metodes un iekārtas; 3. iegūt praktiskās iemaņas darbā ar vakuumiekārtām.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Izprot vakuuma iegūšanas fizikālos principus un tehniskos paņēmienus; 2. Izprot vakuumiekārtu un manometru uzbūvi;   Prasmes:   1. patstāvīgi strādā ar DU pieejamo vakuuma iegūšanas aprīkojumu; 2. veic elementāru vakuumiekārtas apkopi;   Kompetence:   1. patstāvīgi izvērtē un izvēlēties darbam atbilstošās vakuuma iegūšanas metodes; 2. patstāvīgi apgūst jaunākās vakuuma iegūšanas metodes un lietot tās pētnieciskajā vai rūpnieciskajā darbā. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Vakuuma iegūšanas vēsture. Vakuuma iegūšanas teorētiskie principi, vakuumsistēmu parametru aprēķins. L4 2. Vakuumsūkņu veidi: priekšvakuuma mehāniskie sūkņi, difūzijsūkņi. Priekšvakuums. Vidēja vakuuma vakuumsistēma. L2 Ld6 3. Vakuumsūkņu veidi: turbomolekulārie sūkņi, kriogēnie sūkņi, jonizācijas sūkņi, magnetroni. Augsta vakuuma vakuumsistēma. L2 Ld2 4. Bezeļļas vakuuma iegūšana. SEM un XRD vakuumsistēma; L2 Ld2 5. Vakuuma mērīšanas teorija, vakuumetri. Vakuumsistēmas izmantošana – pārklājuma iegūšana. Manometri, darbības principi, izmantošana. L2 Ld4 6. Ultraaugsts vakuums – iegūšanas un mērīšanas principi.Vakuumsistēmu apkopes principi, sūces meklēšana. Vakuumsistēmas un sūkņu apkope. L4 Ld2   L – lekcija, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas un ir saistīts ar nodarbībā iepazīto tematu tās dziļākai izpratnei. Patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un grupās, patstāvīgi sagatavojoties laboratorijas darbiem.  Patstāvīgie uzdevumi:  1. Patstāvīga iepazīšanās ar teoriju, kas atbilst konkrētam laboratorijas darbam;  2. Tēmai atbilstošas zinātniskās literatūras studēšana. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starpparbaudījumi:   1. Regulārs nodarbību apmeklējums un aktīvs darbs tajās, iesaistoties diskusijās  - 10% 2. 2. Laboratorijas darbs Nr.1 - 10% 3. 3. Laboratorijas darbs Nr.2 - 10% 4. 4. Laboratorijas darbs Nr.3 - 10% 5. 5. Laboratorijas darbs Nr.4 - 10% 6. 6. Laboratorijas darbs Nr.5 - 10% 7. 7. Laboratorijas darbs Nr.6 - 10% 8. 8. Laboratorijas darbs Nr.7 - 10%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 20%   Studiju kursa vērtējums veidojas, summējot laboratorijas darbu rezultātus un patstāvīgo darbu izpildi kursa apguves laikā. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | 1. Darbs nodarbībās | + | + | + | + | + | + | | 1. 1. - 4. Laboratorijas darbs | + | + |  |  |  | + | | 1. 5. - 6. Laboratorijas darbs |  | + | + |  | + | + | | 1. 7. Laboratorijas darbs | + | + | + | + | + | + | | 1. Eksāmens | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Roth, A. Vacuum Technology. North-Holland Publishing Company. 1976 2. Wutz, M., Adam, H., W. Walcher, W. Theorie und Praxis der Vakuumtechnik. Friedr. Vieweg& Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, 1983 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Weston, G.F. Ultrahigh vacuum practice. Butterworth & Co. 1985 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Aydil, E. (ed.) Journal of Vacuum Science & Technology. 2. Hultman, L.G. (ed.) Vacuum; | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Vakuuma iegūšanas vēsture: Herona šļirce, Ketezbija ūdens sūknis; Leidenes Reneri, Gasparo Berti, Vinčenco Viviani, Evandželisto Toričelliun Otto fon Gerikes loma vakuuma jēdziena attīstībā. Vakuuma iegūšanas teorētiskie principi: vakuuma jēdziens, vakuuma pakāpju definēšana, izmantotās molekulāri-kinētiskās teorijas hipotēzes. Atsūknēšanas procesa teorija, vakuumsistēmu aprēķins.  2. Vakuumsūkņu veidi: vakuumsūkņu iedalījums pēc gāzes pārvietojuma veida. Tilpuma sūkņi: priekšvakuuma mehāniskie sūkņi, difūzijsūkņi.  1. Laboratorijas darbs: Priekšvakuums.  2. Laboratorijas darbs: Vidēja vakuuma vakuumsistēma.  3. Vakuumsūkņu veidi: molekulārie sūkņi, turbomolekulārie sūkņi. Sorbcijas sūkņi: kriogēnie sūkņi, jonizācijas sūkņi, magnetroni.  3. Laboratorijas darbs: Augsta vakuuma vakuumsistēmas izpēte.  4. Bezeļļas vakuuma iegūšana: eļļas piesārņojuma veidošanās negatīvās sekas uz procesiem, piesārņojuma mazināšanas paņēmieni, sūkņu izvēle.  4. Laboratorijas darbs: SEM un XRD vakuumsistēma.  5. Vakuuma mērīšanas teorija. Vakuumetri, to iedalījums pēc darbības principa. Spiediena manometri, viskozitātes manometri, impulsa pārneses manometri, siltumvadītspējas manometri, jonizācijas manometri, to darbības principi.  5. Laboratorijas darbs: Vakuumsistēmas izmantošana – pārklājuma iegūšana.  6. Laboratorijas darbs: Manometri, darbības principi, izmantošana.  6. Ultraaugsts vakuums: ultraaugsta vakuuma jēdziens, tā iegūšanas un mērīšanas paņēmieni. Vakuumsistēmu apkope: blīvējums, tā izvēle, gaisa kabatu novēršana, kameras tīrība, uzkarsēšanas nepieciešamība. Vakuumsistēmu datorizēta vadība.  7. Laboratorijas darbs: Vakuumsistēmas un sūkņu apkope | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | **Lāzertehnoloģiju industriālā izmatošana** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | *4* |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | *64* |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Edmunds Tamanis,  Dr.phys. Pāvels Narica |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sekmēt studentu teorētisku un praktisku sagatavošanu  drošam darbam ar lāzeriekārtām industrijā un pētnieciskās institūcijās.  Studiju kursa uzdevumi:   1. dot iespēju apgūt lāzertehnoloģiju industriālās izmantošanas specifiku, lāzersistēmu konstruktīvās īpašības; 2. analizēt materiālu lāzerapstrādes metožu daudzveidību,  lāzera stara izmantošanu diagnostiskām un metroloģiskām vajadzībām; 3. veicināt praktisko iemaņu apguvi  darbā ar iekārtām un sistēmām, kurās tiek izmantots lāzera stars kā darba instruments.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** | |
| Zināšanas:   1. Izprot normatīvos dokumentus lāzeru lietojuma drošības jomā; 2. Apzinās riska faktorus strādājot ar lāzeru sistēmām un izprot aizsardzības līdzekļu izvēles principus; 3. Izprot lāzera stara īpašības, lāzera starojuma kvalitātes diagnosticēšanas metodes; 4. Izprot lāzersistēmu konstrukciju;   Prasmes:   1. Izvēlas aizsardzības līdzekļus strādājot ar lāzeriekārtām; 2. Veic lāzerstarojuma diagnostiku un praktiski izmanto lāzersistēmas dažādu materiālu apstrādei; 3. Analizē lāzerapstrādes procesa rezultātus;   Kompetence:   1. Novērtē riska faktorus strādājot ar lāzersistēmām; 2. Izvēlas atbilstošas parametru vērtības lāzerapstrādes procesiem; 3. Plāno un analizē lāzerapstrādes procesu; 4. Pieņem atbildīgus un uz faktiem balstītus lēmumus par savas profesionālās kompetences pilnveidi. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Darba drošība strādājot ar lāzersistēmām. Drošības līdzekļu izvēles pamatojums un aprēķināšana. Riska faktoru samazināšana lāzersistēmas darba zonā, aspirācijas sistēmu izvēles nosacījumi un principi. L3 S4 2. Lāzera stara īpašības, parametri. Lāzera starojuma diagnostika. L3 S2 Ld2 3. Lāzera stara mijiedarbība ar metāliem un nemetāliem - atstarošana, absorbcija, pārvade un siltumprocesi – karsēšana, kausēšana, ablācija. L8 S2 Ld4 4. Optimālie apstākļi dažādiem lāzerapstrādes procesiem (metināšana, griešana, gravēšana, mikrotehnoloģijas un citi). ­­­Lāzeru sistēmas parametru vērtību ietekme uz apstrādes procesa rezultātiem. L8 S2 Ld4 5. Lāzeru sistēmu pamatkomponentu funkcijas un darbības fizikālie pamati: optiskie gaismas slēdži (elektrooptiskie un akustooptiskie), nelineārās optikas elementi. L4 S2 6. Funkcionālie mezgli lāzerapstrādes procesa nodrošināšanai (lāzerskeneri, koordinātu sistēmas). L4 S2 Ld2 7. Lāzeru izmantošana metroloģijā. Diagnostiskās un mērīšanas iekārtas, kuru darbības pamatā ir lāzera stara izmantošana. L2 S2 Ld4   L – lekcija, S – seminārs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs ir paredzēts pēc katras lekcijas un ir saistīts ar nodarbībā iepazīto tematu. Patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un grupās, patstāvīgi sagatavojoties semināriem un laboratorijas darbiem, starppārbaudījumiem.  Patstāvīgā darba uzdevumi:  1. Studējot normatīvos dokumentus un zinātnisko literatūru, apkopot darba aizsardzības prasības strādājot ar lāzeriem.  2. Studējot literatūru apkopot lāzera stara parametru mērīšanas metodes;  3. Studējot literatūru, izveidot pārskatu vai prezentāciju par lāzera stara mijiedarbība ar metāliem un nemetāliem  4. Studējot literatūru izveidot pārskatu par kādu lāzerapstrādes procesu.  5. Sagatavot pārskatu par kādas lāzersistēmas konstrukcijas komponentu darbību. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Sistemātiska, patstāvīga norādītās literatūras analīze sagatavojoties semināriem un praktiskajiem darbiem – 10% 2. Pētnieciskā projekta izstrāde un aizstāvēšana - 25%. 3. Laboratorijas darbu izstrāde un aizstāvēšana - 30%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - pārrunas par kādu no kursa satura jautājumiem - 35 %   Studiju kursa gala vērtējumu veido patstāvīgo darbu, laboratorijas darbu un eksāmena vērtējums. Eksāmenu studenti kārto tikai tad, ja ir izstrādāti visi laboratorijas darbi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | | 1. Sagatavošanās semināriem un praktiskajiem darbiem | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | 2. Laboratorijas darbu aizstāvēšana |  |  |  | x | x | x | x |  |  |  | x | | 3. Pētnieciskais projekta aizstāvēšana |  |  |  |  |  | x | x | x | x | x | x | | 4. Eksāmens | x | x | x | x |  |  |  | x |  |  | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Bauer H., Lasertechnik, Grundlagen und Anwendungen; Würzburg, Kamprath-Reihe Vogel, 1991 2. Bliedtner, Je., Muller, H., Barz, A., Lasermaterialbearbeitung, Leipzig, Fachbuchverlag, 2013 3. Eichhorn, M. Laser physics: from principles to practical work in the lab: Eichhorn Marc, 1st edition. - New York: Springer - 171 p. ISBN 9783319051277, 2014 4. Jakubczak ,Krz.; Laser Systems for Applications; 10.5772/903; ISBN :978-953-307-429-0; eBook (PDF) ISBN: 978-953-51-4914; <https://www.intechopen.com/books/laser-systems-for-applications>: 2011. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Chryssolouris G.; Laser Machining: Theory and Practice; Springer Science & Business Media; ISBN 9781475740844; 2013 2. Csele M., Fundamental of Light Sources and Lasers; <https://www.wiley.com/en-us/Fundamentals+of+Light+Sources+and+Lasers-p-9780471476603> ; 2004 3. Darba aizsardzības prasības strādājot ar optisko starojumu. <http://stradavesels.lv/Uploads/2016/08/11/157_2013_Brosura_Optiskais_starojums.pdf> 4. Naumann H., Schröder G., Bauelemente der Optik: Taschenbuch der technischen Optik, Fachbuchverlag Leipzig, ISBN: 3446170367; 1992 5. Pedrotti F., Pedrotti L., Bausch W, Schmidt H., Optik für Ingenieure: Grundlagen; Springer Verlag, 4. bearb., 2008 6. William T. Silfvast, Laser Fundamentals, Second Edition; ISBN-10: 0521541050, ISBN-13: 978-0521541053; 2008 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Ministry of Education and Science website: www.izm.gov.lv 2. Laseroptik Online Portal, www.laseroptik.de/loop 3. The world of 3D laser processing at TRUMPF, www.trumpf.com/s/do-anything 4. The publication for integrators and users of laser systems from the team behind Electro Optics magazine, [www.lasersystemseurope.com](http://www.lasersystemseurope.com) 5. Photonik, www.photonik.de | |
| ***Kursa saturs*** | |
| 1. Darba drošība strādājot ar lāzersistēmām. L3 S4   Drošības līdzekļu izvēles pamatojums un aprēķināšana.  Riska faktoru samazināšana lāzersistēmas darba zonā, aspirācijas sistēmu izvēles nosacījumi un principi.  Dažādu lāzera tipu drošības sistēmas projektēšana. Aizsargbriļļu no lāzera starojuma izvēle.  Lāzera stara parametru vērtību ietekme uz apstrādes rezultātiem.   1. Lāzera stara īpašības, parametri. L3 S2 Ld2   Lāzera starojuma diagnostika.  Lāzersistēmas parametru nepieciešamība dažādiem lāzerapstrādes procesiem.  Lāzera stara fizikālo īpašību izpēte.   1. Lāzera stara mijiedarbība ar metāliem un nemetāliem - atstarošana, absorbcija, pārvade un siltumprocesi – karsēšana, kausēšana, ablācija. L8 S2 Ld4   Literatūras avotos gūtās informācijas par lāzerapstrādes procesiem analīze un kritisks izvērtējums.  Drošības sistēmas sensoru darbība.  Lāzera stara jaudas mērīšana.   1. Optimālie apstākļi dažādiem lāzerapstrādes procesiem (metināšana, griešana, gravēšana, mikrotehnoloģijas un citi). ­­ L8 S2 Ld4   Lāzeru sistēmas parametru vērtību ietekme uz apstrādes procesa rezultātiem.  Lāzersistēmu pamatkomponentu diagnostikas iespējas.  Lāzersistēmas programmēšana, lāzera stara trajektorija un parametri.  Lāzergriešana, sistēmas parametru vērtību ietekmes analīze.   1. Lāzeru sistēmu pamatkomponentu funkcijas un darbības fizikālie pamati: optiskie gaismas slēdži (elektrooptiskie un akustooptiskie), nelineārās optikas elementi. L4 S2   Lazersistēmu komponentu tehniskā apkope.   1. Funkcionālie mezgli lāzerapstrādes procesa nodrošināšanai (lāzerskeneri, koordinātu sistēmas). L4 S2 Ld2   Informācijas par distances un leņķu mērīšanas iekārtām analīze.  Lāzermetināšana, sistēmas parametru vērtību ietekmes analīze.   1. Lāzeru izmantošana metroloģijā. L2 S2 Ld4   Diagnostiskās un mērīšanas iekārtas, kuru darbības pamatā ir lāzera stara izmantošana. Lāzerskenēšanas sistēmas un to izmantošanas iespējas reversa inženierijā.  Lāzeruzkausēšana, sistēmas parametru vērtību ietekmes analīze.  Lāzerinstrumenta distances mērīšanas kļūdas analīze. | |
|  | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Aktualitātes fizikā un astronomijā II*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 18 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 14 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 18.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Tija Sīle  Dr.phys. Guntars Kitenbergs |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi5132, Aktualitātes fizikā un astronomijā I |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir stimulēt studentu zināšanas un izpratni par jaunākajiem zinātniskajiem pētījumiem, vienlaikus attīstītot studentu vispārīgās prasmes ("soft skills"), jo īpaši zinātnes komunikācijas prasmes.  Šis ir izvēles kurss, kas seko Fizi5132 Aktualitātes fizikā un astronomijā I, un domāts studentiem, kas vēlas turpināt arī tālāk attīstīt vispārīgās prasmes un apmeklēt seminārus.  Studiju kursa uzdevumi ir:  1. apgūt dažādus zinātniskas informācijas izpētes un komunikācijas veidus;  2. iepazīt modernu fizikas mācību metožu principus;  3. uzzināt par pētījumu aktualitātēm studentu interesējošā fizikas vai astronomijas tematikā, apmeklējot seminārus.  Studiju kurss tiek docēts latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:  1. pārzina atsevišķus aktuālos tematus dažādās fizikas un astronomijas jomās, to pielietojumus starpdisciplinārās jomās un kvalitatīvi izprot šo tematu attīstību;  2. pārvalda ar atsevišķu fizikas un astronomijas jomu aktualitātēm saistīto terminoloģiju angļu un latviešu valodā;  Prasmes:  3. atrod, lasa, analizē un izmanto zinātnisko literatūru;  4. prezentē zinātniskus rezultātus un diskutē par tiem angļu un latviešu valodā;  5. plāno laiku, veic individuālu darbu un konstruktīvi sadarbojas ar kolēģiem ar dažādu akadēmisko pieredzi, lai sasniegtu daudzveidīgus studiju rezultātus;  6. sagatavo nodarbības fragmentu vai prezentāciju, izmantojot modernās fizikas didaktikas metodes;  Kompetence:  7. strukturēti izskaidro zinātniskajā literatūrā atrodamās idejas un konceptus;  8. izvēlas un izmanto piemērotu prezentācijas formu zinātniskas informācijas nodošanai, atkarībā no publikas, satura un citiem faktoriem. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Kursa struktūra, mērķis un motivācija. Darbs grupā. L2 2. Vispārīgo prasmju ("soft-skills") loma un nozīme pētnieka karjerā. L2 3. Populārzinātniskas aktivitātes. L2 4. Kā mācīties un mācīt? Aktualitātes fizikas didaktikā. L2 5. Tēzes un to sagatavošana. L4 6. Literatūras pārskats. L2 7. Prezentācijas un to sagatavošana. L4 8. Fizikas un astronomijas aktualitātes. S14   L – lekcija, S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa ietvaros studentiem patstāvīgi būs jāizstrādā starppārbaudījumiem nepieciešamie nodevumi (skatīt Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriju sadaļu). Kursa ievadā tiks izrunāti principi starppārbaudījumu nodevumu sagatavošanai. Par neskaidrībām studenti varēs vaicāt neklātienes un klātienes konsultācijās. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Starppārbaudījumi:  1. Populārzinātnisks darbs – 20 %  2. Pedagoģiskais darbs – 20 %  3. Tēzes – 20 %  4. Referāts (Wikipedia šķirklis) – 20 %  Noslēguma pārbaudījums:  5. Eksāmens (prezentācija) – 20% Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja kārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1. Populārzinātniskais darbs | x | x |  |  | x |  |  | x | | 1. Pedagoģiskais darbs | x |  |  |  | x | x |  |  | | 1. Tēzes | x | x | x |  | x |  | x | x | | 1. Referāts (Wikipedia šķirklis) | x | x | x |  | x |  | x | x | | 1. Eksāmens (prezentācija) | x | x | x | x | x |  | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Doumont, J., ed. English Communication for Scientists. Cambridge, MA: NPG Education, 2010 (https://www.nature.com/scitable/ebooks/english-communication-for-scientists-14053993) 2. Gabrys, B. J., Langdale, J.A. How to succeed as a scientist : from postdoc to professor. Cambridge University Press, 2012 (e-book) 3. Knight, R., Randall D. “Five easy lessons ;strategies for successful physics teaching”, ISBN 0805387021 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Bobroff, J. “Reimagining physics” Nature Nanotechnology 12, 496 (2017) 2. Bobroff, J., “Popularize Science. Why? How?“, Rīgā, 26.10.2018. https://www.facebook.com/zinatkongress/videos/201936060706749/ 3. Mazur, E. "Peer instruction : a user's manual" Prentice Hall, 1997 4. Pain, E. “How to (seriously) read a scientific paper”, Science https://www.sciencemag.org/careers/2016/03/how-seriously-read-scientific-paper 5. Taylor, L., A. “Twenty things I wish I’d known when I started my PhD”, Nature Carrer Column https://www.nature.com/articles/d41586-018-07332-x | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. arXiv: free distribution service, open-access archive, arXiv.org 2. Google Scholar - https://scholar.google.com/ 3. Physical Review journals - https://journals.aps.org/ 4. SCOPUS - https://www.scopus.com/ 5. Web of Science – https://www.webofknowledge.com/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |

1. Ievads. Kursa struktūra, mērķis un motivācija. Darbs grupā.

Ievads par kursu un tā struktūru. Diskusija par kursa mērķi un motivāciju. Vispārīgo prasmju lietojumu piemēri. Rīki efektīvai darba organizācijai grupā. Tuckman modelis.

2. Vispārīgo prasmju ("soft-skills") loma un nozīme pētnieka karjerā.

Dažādi piemēri par vispārīgo prasmju vajadzību veiksmīgai pētniecības karjerai.

3. Populārzinātniskas aktivitātes.

Sabiedrības informēšanas un populārzinātniskās aktivitātes (outreach), nozīme, piemēri. Aktivitātes sekmības novērtēšana. Praktisks treniņuzdevums.

4. Kā mācīties un mācīt. Aktualitātes fizikas didaktikā.

Ievads modernās mācību metodēs fizikas un tehnoloģiju nozarēs. Būtiskākie nodarbību plānošanas elementi. Fizikas didaktikas pētniecība. Rezultāti.

5. Tēzes un to sagatavošana.

Tēžu nozīme, izveides pamatprincipi. Praktiskie uzdevumi ar tēžu piemēriem un tēžu sagatavošanu.

6. Literatūras pārskats.

Ievads par zinātniskās literatūras veidiem, tās meklēšanu, piekļuvi. Zinātniskās literatūras datubāzes (Web of Science, SCOPUS, Google Scholar). Zinātnisko rakstu tipiska struktūra un efektīvi lasīšanas paņēmieni, analīze un izmantošana savā darbā (atsauču glabāšana, sistematizēšana – Mendeley). Zinātnes metrikas veidi (IF, SNIP, h-index), lietošanu, nozīmi zinātnes vidē. Autortiesību jautājums zinātniskajā literatūrā. Atvērtās piekļuves un atvērtās zinātnes koncepti, piemēri un iespējas. Praktiskais uzdevums ar literatūras pārskata piemēriem.

7. Prezentācijas un to sagatavošana.

Zinātniskās informācijas prezentēšanas formas un veidi, to piemērotība situācijai, laika plānošana. Izveides pamatprincipi. Praktiski uzdevumi ar slaidu piemēriem, slaida izveidi un īsu prezentāciju (Elevator pitch)

8. Fizikas un astronomijas aktualitātes

Studentu izvēlēti sev interesējoši semināri fizikas, astronomijas un saistītās nozarēs.

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Pētnieciski laboratorijas darbi II*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 50 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 2 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 48 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 110 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Guntars Kitenbergs |
| ***Priekšzināšanas*** | Fizi5134, Pētnieciski laboratorijas darbi I |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir veicināt daudzveidīgu pētnieciskā darba pieredzi, veicot nelielus, zinātnisko darbu raksturojošus darbus, kas sniedz zināšanas un priekšstatus par daudzveidīgo fizikas pētniecību laboratorijās un inovatīvajos uzņēmumos, turpinot kursā Fizi5134 Pētnieciski laboratorijas darbi I iesākto.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Izvēlēties un izstrādāt pētniecības institūciju un inovatīvu uzņēmumu piedāvātos laboratorijas darbus viņu darbībai atbilstošās tematikās; 2. Iepazīt un izmantot dažādas pētniecības metodes, iegūt rezultātus, tos apstrādāt un interpretēt; 3. Par katru laboratorijas darbu sagatavot īsu protokolu, kas jāaizstāv pie zinātnieka, kas atbildīgs par konkrēto laboratorijas darbu; 4. Sagatavot īsu padziļinātu prezentāciju par viena no izstrādāto laboratorijas laboratoriju tematikām.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. skaidro atsevišķus tematus dažādās fizikas un astronomijas jomās, to pielietojumus starpdisciplinārās jomās un kvalitatīvi izprot šo tematu attīstību;   Prasmes:   1. veic atsevišķus pētījuma soļus individuāli un grupā; 2. lasa ar fiziku un astronomiju saistītu zinātnisko literatūru, to pārspriež savstarpējā komunikācijā ar kolēģiem; 3. analītiski pieiet sarežģītu parādību izpētei un izmanto dažādas IT iemaņas datu ieguvē, apstrādē un interpretācijā; 4. ievēro darba drošību un pētnieciskā darba ētikas principus;   Kompetence:   1. risina fizikālas problēmas, izmantojot nepieciešamos tuvinājumus; 2. veic eksperimentus, izvēloties piemērotu datu analīzes metodiku, kļūdu novērtējumu un salīdzinājumu ar modeļiem. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Ievads. Laboratorijas darbu piedāvājums un izvēle. Kursa prasības. Drošības noteikumi L2 2. Laboratorijas darbi Ld48     L – lekcija, Ld - laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Kursa ietvaros studentiem patstāvīgi, pāros vai nelielās grupās būs jāturpina klātienē veikto laboratorijas darbu apstrāde, analīze un apkopošana īsā laboratorijas darba protokolā. Kursa ievadā tiks izrunāti principi laboratorijas darbu veikšanai. Par neskaidrībām studenti varēs vaicāt neklātienes un klātienes konsultācijās par kursu atbildīgajam pasniedzējam un katra laboratorijas darba atbildīgajiem zinātniekiem. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Laboratorijas darbu izstrāde, protokolu sagatavošana un mutiska ieskaite (kopskaits atkarīgs no izvēlētajiem darbiem) – 90 %   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutiska prezentācija par izvēlētu laboratorijas darbu) – 10 %     Noslēguma pārbaudījumu studenti drīkst kārtot tikai tad, ja kārtoti visi starppārbaudījumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. Starppārbaudījums | + | + | + | + | + | + | + | | 1. Eksāmens (prezentācija) | + | + | + | + | + | + | + | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Alfredo, K., Hart, H. The University and the Responsible Conduct of Research: Who is Responsible for What?, Science and Engineering Ethics, 17 (3), 447 (2011) - doi.org/10.1007/s11948-010-9217-3 2. Reviews of Modern Physics, https://journals.aps.org/rmp/ | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Reports on Progress in Physics - http://iopscience.iop.org/journal/0034-4885 2. Whitbeck, C. Trust and the Future of Research, Physics Today, 57 (11), 48 (2017) - https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.1839377 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. arXiv: free distribution service, open-access archive, arXiv.org 2. Physical Review journals, https://journals.aps.org/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **Ievads.**   **Laboratorijas darbu piedāvājums un izvēle. Kursa prasības. Drošības noteikumi.**  Ievads par kursu, piedāvātajiem darbiem, kursa organizāciju un pārbaudījumiem. Ar darbiem saistītie drošības noteikumi.  **2. Laboratorijas darbi.**  Studenti izvēlas laboratorijas darbus no piedāvātā saraksta. Katram darbam ir e-studiju vidē pieejams darba apraksts, norādīts atbildīgais zinātnieks, darba izstrādei, klātienes konsultācijām un ieskaitei paredzētais laiks un cita būtiska informācija. Par darbu izstrādi studenti vienojas ar atbildīgo zinātnieku, ņemot vērā laboratoriju iespējas un noslodzi. Pirms izstrādes studenti sagatavojas darbam, izmantojot darba aprakstu un tajā norādītos literatūru. Darbu izstrāde notiek pāros vai lielākās grupās, ja to pieprasa darba specifika. Par katru darbu studenti sagatavo laboratorijas darba protokolu, kura izveidei atvēlēts ievērojams studenta patstāvīgā darba laiks. Gatavu laboratorijas darba protokolu studenti ieskaita pie atbildīgā zinātnieka.  **3. Noslēguma pārbaudījums. Izvēlēto laboratorijas darbu prezentācija**  Katrs students izvēlas vienu no izstrādātajiem laboratorijas darbiem un sagatavo īsu prezentāciju par darba būtību, izmantotajām metodēm, rezultātiem, turpmākiem pētniecības izaicinājumiem. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Inovācijas fizikā un tehnoloģijās*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 68 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 22 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 46 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 92 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 18.03.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.Phys. Toms Beinerts |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir studentiem gūt ieskatu un prasmes inovāciju procesā, īpaši zinātnisku atklājumu metodiskai tālākai attīstībai praktiskai pielietošanai un komercializācijai.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. Iepazīsties ar zinātnes inovāciju sistēmām un aktuālāko tehnoloģiju jaunuzņēmumu veidošanas metodikas pamatiem; 2. Apgūt vairākas ideju ģenerēšanas, formulēšanas un ieviešanas un realizēšanas metodes un stratēģijas; 3. Gūt ieskatu uzņēmējdarbībā un finansēs, t.sk. finansējuma piesaistei zinātnei un komercdarbībai. Projektu plānošanā un vadībā; 4. Formulē savu biznesa ideja vai pētniecības projektu un izstrādāt tā komercializācijas stratēģiju; 5. Sagatavot projektu plānošanas un vadības procesa katram posmam atbilstošu dokumentāciju: idejas/inovācijas apraksts, biznesa modelis, pārdošanas un mārketinga stratēģija, finanšu modelis u.c.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. skaidro galvenos inovatīvas vadības jēdzienus, principus un organizācijas inovatīvas vadīšanas mehānismu; 2. izprot galvenās ievirzes sociālās uzvedības, personības mācīšanas, dzīves stila un inovatīvas uzvedības teorijās, kas veicina radošas vides izveidošanos organizācijā; 3. izprot biznesa modeļa veidošanas metodiku, procesu, izvērtēšanu, atbilstoša finanšu modeļa sastādīšanu un galvenos elementus tā realizācijā;   Prasmes:   1. vizualizē ar zinātni saistītu projektu realizāciju, sākot ar individuālu zinātniski pētniecisku projektiem, beidzot ar zinātnē balstītu jaun-uzņēmumu veidošanu un tehnoloģiju komercializāciju, ietverot idejas/problēmas formulēšanu, realizācijas plāna sastādīšanu un realizēšanu; 2. izmanto kreativitātes tehnikas risinājuma meklēšanā individuāli un komandā, padziļinot savas zināšanas, prasmes un spējas šajā prakses jomā;   Kompetence:   1. identificē kāda pētījuma vai zināšanu, vai idejas biznesa potenciālu un izstrādā rīcības plānu tā iegūšanai. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Zinātnieku un studentu loma zinātnes komercializācijā, inovāciju menedžmentā un sabiedrībā kopumā. Analoģijas starp zinātnisko darbību un jaunuzņēmumu veidošanas procesu. L2 S2 2. Inovatīvais process. Tehnoloģiju un produktu izstrādes process, TRL. Inovatīvais process vadības procesā: zināšanu menedžments. L4 S2 P2 3. Radošās domāšanas metodes ideju ģenerēšanai un fokusētiem uzdevumiem. Dizaina domāšanas pieeja produktu izstrādē L3 S4 P3 4. Ideju novērtēšanas tehnikas. Kvalitatīvās un kvantitatīvās ideju novērtēšanas tehnikas. L2 S2 5. Ideju konceptualizēšana. Ideju konceptualizēšana ar biznesa kanvas palīdzību un darbības karti. Koncepti biznesa modeļa attīstībai. *Lean startup* pieeja jauna produkta izstrādē. L3 S3 P4 6. Pārdošana un mārketings. Mārketinga stratēģijas izstrāde jaunam produktam. L2 S2 P2 7. Finanšu plānošana, Projekta finanšu rādītāju aprēķini. L2 P2 S2 8. Finanšu piesaiste, Publiskie finanšu projekti, Investīcijas, Investīciju piesaiste, *Investment readiness level*, Finanšu riski zinātnes projektos. L2 P2 S2 9. Grupas/indivīda projekta izstrāde un prezentācija. L2 P2 S10   L – lekcija, S – seminārs, P - praktiskais darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| 1. Vērtības ķēdes konkrētam studenta pētniecības virzienam formulēšana. 2. Klasiskas *push* inovāciju pieejas procesa formulēšana dotās vai izvēlētās zinātniskās tematikas projektam. 3. Dotās vai identificētās problēmas iespējamā risinājuma meklēšana izmantojot individuālās un grupu radošās domāšanas metodes. 4. Radīto ideju izvērtēšana, izmantojot piedāvātās metodes; optimālā risinājuma izvēlēšanās. 5. Biznesa kanvas, biznesa modeļa u.c. modeļu izveidošana projekta darbam. 6. Pārdošanas treniņu “spēles”, īsās mārketinga stratēģijas izstrādes projekta darbam. 7. Finanšu plāna sastādīšana. 8. piemērotāko finanšu instrumentu identificēšana un finanšu plāna sastādīšana projekta darbam. 9. Grupas/indivīda projekta izstrāde un prezentācija. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi, darba prezentācijas:   1. Ideju ģenerēšana - 15% 2. Biznesa modelis - 15% 3. Ieviešanas plāns - 10% 4. Finanšu modelis - 10%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens: Studiju darbs/projekts - 50% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | | | 1. Ideju ģenerēšana | + | + |  |  | + | + | | | 1. Biznesa modelis |  |  | + |  |  | + | | | 1. Ieviešanas plāns |  |  | + | + |  | + | | | 1. Finanšu modelis |  |  | + | + |  |  | | | 1. Eksāmens – Studiju darbs / projekts |  |  | + | + | + | + | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Kelley, T. The Ten Faces of Innovation. 2006 2. Osterwalder, A. Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challenger. 2010 3. Ries, E. The Lean Startup. How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. 2011 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Boden, M. A. The Creative Mind: Myths And Mechanisms. Routledge 2004. 2. Chan Kim, W. Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make Competition Irrelevan. 2006 3. Harvard Business Review. Harvard Business Essentials: Managing creativity and innovation: practical strategies to encourage creativity, Harvard Business School Press, Boston. 2003 4. Kelley, T. The Art of Innovation: Lessons in Creativity from IDEO, America's Leading Design Firm. 2016 5. Levitt, T. Creativity is not Enough. Harvard Business Review, Harvard Business School Publishing Corporation, Boston. 2002 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. Zinātnieku un studentu loma zinātnes komercializācijā, inovāciju menedžmentā un sabiedrībā kopumā. Pasaules dažādās prakses tehnoloģiju pārnesē un inovācijās. Analoģijas starp zinātnisko darbību un jaunuzņēmumu veidošanas procesu. Patstāvīgais darbs: vērtības ķēdes konkrētam studenta pētniecības virzienam formulēšana. 2. Inovatīvais process. Tehnoloģiju un produktu izstrādes process. Tehnoloģijas gatavības stadijas (TRL). Inovatīvais process vadības procesā: zināšanu menedžments. Pastāvīgais un grupu darbs: klasiskas “push” inovāciju pieejas procesa formulēšana dotās vai izvēlētās zinātniskās tematikas projektam. 3. Radoša problēmu risināšana organizācijā. Radošās domāšanas metodes ideju ģenerēšanai un fokusētiem uzdevumiem. Dizaina domāšanas pieeja produktu izstrādē. Radošums organizācijā. Indivīda un komandas loma inovācijas procesā. Pastāvīgais un grupu darbs: Dotās vai identificētās problēmas iespējamā risinājuma meklēšana izmantojot individuālās un grupu radošās domāšanas metodes. 4. Ideju novērtēšanas tehnikas. Kvalitatīvās un kvantitatīvās ideju novērtēšanas tehnikas. Pastāvīgais un grupu darbs: Radīto ideju izvērtēšana, izmantojot piedāvātās metodes; optimālā risinājuma izvēlēšanās. 5. Ideju konceptualizēšana. Ideju konceptualizēšana ar biznesa kanvas palīdzību un darbības karti. Koncepti biznesa modeļa attīstībai. “Lean startup” pieeja jauna produkta izstrādē Pastāvīgais un grupu darbs: biznesa kanvas, biznesa modeļa u.c. modeļu izveidošana projekta darbam. 6. Pārdošana un mārketings. Kas ir pārdošana? Pārdošanas tehnikas. Mārketinga stratēģijas izstrāde jaunam produktam. Pastāvīgais un grupu darbs: pārdošanas treniņu “spēleš”, īsās mārketinga stratēģijas izstrādes projekta darbam. 7. Finanšu plānošana. Projektu un uzņēmumu galvenie finanšu rādītāji. Projekta finanšu rādītāju aprēķini. Budžeta un naudas plūsmu sastādīšana. Finanšu plāna sastādīšana. 8. Finanšu piesaiste, Publiskie finanšu projekti, Investīcijas, Investīciju piesaiste, Investment readiness level, Finanšu riski zinātnes projektos. Prakse finanšu piesaiste inovāciju projektiem Latvijā. Pastāvīgais un grupu darbs: piemērotāko finanšu instrumentu identificēšana un finanšu plāna sastādīšana projekta darbam. 9. Grupas/indivīda projekta izstrāde un prezentācija. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Fizika interešu izglītībā*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Fizika un astronomija |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 6 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 26 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 20.04.2021 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.phys. Inese Dudareva |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir attīstīt studentu prasmes uzstāties skolēnu auditorijas priekšā, izstrādāt materiālus populārzinātniskām, zinātniskām un praktiskām nodarbībām fizikā, kā arī vadīt šādas nodarbības skolēniem.  Studiju kursa uzdevumi:   1. attīstīt prasmes uzstāties skolēnu auditorijas priekšā; 2. iepazīties ar populārzinātnisku nodarbību materiālu saturiskās, metodiskās un tehniskās izstrādes pamatprincipiem; 3. pilnveidot prasmes veidot nodarbības materiālus (prezentācijas, demonstrējumu un praktisko darbu aprakstus fizikā, teorijas jautājumu izklāstu) un populārzinātniski paskaidrot fiziku pielāgojoties skolēnu vecumam un zināšanu līmenim; 4. pilnveidot prasmes sagatavot un rādīt demonstrējumus fizikā; 5. pilnveidot prasmes sagatavot fizikas olimpiāžu uzdevumus.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. atpazīst un formulē fizikas populārzinātnisko nodarbību, demonstrējumu un praktisko darbu veidošanas un realizēšanas pamatnosacījumus;   Prasmes:   1. veido populārzinātnisku, zinātniskus un praktisku nodarbību materiālus skolēniem par dažādiem fizikas jautājumiem; 2. analizē un rada fizikas olimpiādes uzdevumu idejas;   Kompetence:   1. sekmīgi vada populārzinātniskas, praktiskas un teorētiskas nodarbības skolēniem par fizikas jautājumiem dažādās tēmās. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Interešu izglītība. Jauno fiziķu skolas organizācija. Nodarbību materiālu veidošanas pamatprincipi. L2 2. Nodarbību organizēšanas un vadīšanas pamatprincipi. L2 3. Nodarbību plānošana dažādos fizikas tematos. P2 S2 4. Nodarbību vadītāja prasmes. L2 P2 5. Nodarbību modelēšana dažādos fizikas tematos. S6 6. Demonstrējumu un praktisko darbu veidošana un realizēšana P4 S4 7. Testu veidošana un materiālu organizēšana e-vidē. P2 8. Fizikas olimpiādes uzdevumu veidošana un labošana. P4   L – lekcija, P – praktiskais darbs, S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. studēt ar studiju kursa tēmām saistīto literatūru; 2. izveidot populārzinātniskas nodarbības materiālu (teorētiskai vai praktiskai nodarbībai) skolēniem par izvēlētu fizikas satura tematu; 3. izveidot vai pilnveidot fizikas olimpiādes uzdevuma ideju. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Kredītpunktu iegūšanai ir praktiski jāizveido nodarbības materiāli par izvēlētu fizikas satura tematu, kā arī praktiski jānovada/jākonsultē nodarbības skolēniem jauno fiziķu skolā vai jāpiedalās fizikas olimpiādes uzdevumu veidošanā un labošanā.  Gala vērtējumu veido:  Strappārbaudījumi:   1. teorētisko nodarbību materiāla izveide– 30 % 2. praktisko nodarbību materiāla izveide – 30 % 3. nodarbību vadīšana skolēniem vai fizikas olimpiādes darbu vērtēšana – 30%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (mutisks) - 10 % | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | | 1. 1. starppārbaudījums | x | x |  | x | | 2. 2. starppārbaudījums | x |  | x |  | | 3. 3. starppārbaudījums | x | x |  | x | | 4. Eksāmens | x | x | x |  | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Cunningham, J., B., Herr, N. Hands-On Physics Activities with Real-Life Applications: Easy-to-Use Labs and Demonstrations for grades 8 - 12 2. Giancoli, D.C. Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics. Pearson, 2014. 3. Knight, R.D. Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching. Addison - Wesley, 2004 4. Sprott, J.C. Physics Demonstrations: A Sourcebook for Teachers of Physics. University of Wisconsin Press, 2006 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Fļorovs, V., Cēbers, A., Šmits, L. Latvijas atklātā fizikas olimpiāde 1976 – 1994. Mācību grāmata, Rīga, 1995 2. Viennot., L. Thinking in Physics: the pleasure of reasoning and understanding. Springer, 2014. 3. Горшковский, В. Польские физические олимпиады. Мир. Москва, 1982 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Jauno Fiziķu skola , http://jfs.lu.lv/ 2. Latvijas fizikas olimpiāžu materiāli, https://edu.lu.lv/course/index.php?categoryid=21 3. Čehijas fizikas olimpiāžu materiāli, http://fyzikalniolympiada.cz/ 4. Krievijas interneta olimpiādes, http://distolymp2.spbu.ru/olymp/ 5. Prāgas Kārļa Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes vietne interneta fizikas olimpiādei, http://fykos.org/ 6. Lielbritānijas fizikas olimpiādes, https://www.bpho.org.uk/ 7. Honkongas fizikas olimpiādes, https://www.hkage.org.hk/en/competitions/detail/774 8. Šveices fizikas olimpiādes, https://physics.olympiad.ch/en/ | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **1. Interešu izglītība.  Jauno fiziķu skolas organizācija. Nodarbību materiālu veidošanas pamatprincipi.** (L2)  Interešu izglītība. Jauno fiziķu skolas organizācija (mērķis, nodarbību struktūra, resursi, materiāli e-vidē, realizācija). Nodarbību materiālu veidošanas pamatprincipi (Kādas jāveido populārzinātniskās lekcijas? Kādas ir praktiskās daļas nodarbības? Kādas ir teorētiskās nodarbības? Kā tas saistās ar vidusskolas fizikas priekšmeta saturu?)  **2. Nodarbību organizēšanas un vadīšanas pamatprincipi**.(L2)  Mācīšanās filozofija - Kā cilvēki vispār mācās? Kāpēc mainās paradigmas un kā tas attiecas uz katru no mums?  Kā skolēns/students mācās – uztvere, domāšana (izziņas darbības raksturs), stili, vecumposmi, to atšķirības, mācīšanās „mehānisms”... utt. Kā izpratne par to mainās laikam ejot? Kā skolotājs/nodarbību vadītājs strādā – kā saturs nonāk pie skolēna? Ko ar ko mācās? (Zināšanu raksturs.) Kad izvēlēties (lekciju, patstāvīgo darbu ...) un kad nē? (Kad izvēlēties stāstīt un kad skolēnam/studentam vairāk darīt pašam) Induktīvais un deduktīvais ceļš. Atgriezeniskās saites sniegšana.  **3. Nodarbību plānošana dažādos fizikas tematos.** (P2, S2)  Nodarbības sasniedzamais rezultāts un struktūra (Ierosināšana, apjēgšana, refleksija). Prāta vētras metodes realizēšanas pamatprincipi (kā ģenerēt idejas). Prezentācijas veidošanas principi (kāda ir laba prezentācija?). Praktiska nodarbību plānošana – populārzinātniskā lekcija dažādos fizikas tematos (nelielās grupās).  **4. Nodarbību vadītāja prasmes.** (L2, P2)  Kāda ir laba un kāda slikta nodarbība? Kā saprast, kas izdevās, kas nē un ko darīt nākošajā reizē? Kādi rīki var palīdzēt to padarīt nodarbību atbilstošu laikam – modeļi, uzskates materiāli, IT iespējas utt.? Kādas jābūt labam uzskates materiālam un kādam tam nevajadzētu būt? Kāpēc izmantojam modeļus un kā to jēgpilni darīt? Kādam jābūt uzdevumam, kuru saņem skolēns/students? Kāds ir labs, kāds slikts mācību uzdevums un kā sliktu pārveidot par labu?  Kā vadīt nodarbību? Stāstījums (lekcija...) Saruna (jautājumi un atbildes, dialogs; kā uzdot un kā sagaidīt atbildi, ko uzdot...) Diskusija, debates u.c. kad/vai izvēlēties. Darbs grupās (mērķis, jēga, uzdevuma raksturs). Grupu darba/ Patstāvīgā darba prezentācija. Seminārs/darbnīca, kas balstās studentu/skolēnu patstāvīgajā darbā. Projekts.  **5. Nodarbību modelēšana dažādos fizikas tematos.** (S6)  Sagatavoto nodarbību - minilekciju modelēšana. Nodarbību analīze, atgriezeniskās saites sniegšana un nodarbību materiālu pilnveide.  **6. Demonstrējumu un praktisko darbu veidošana un realizēšana.** (P4, S4)  Kā dabaszinātņu mācīšanā varam izmantot eksperimentu? LD, PLD, Demonstrējumu? Demonstrējumu sagatavošanas un demonstrēšanas pamatprincipi (demonstrējuma mērķis, uzskatāmība, IT priekšrocības un trūkumi demonstrējumos). Praktisko darbu sagatavošanas pamatprincipi (praktiskā darba mērķis, praktiskie darbi, kas realizējami ar vienkāršiem resursiem). Praktisko darbu un demonstrējumu sagatavošana noteiktās tēmās. Sagatavoto demonstrējumu un praktisko darbu modelēšana. Darbu analīze, atgriezeniskās saites sniegšana un materiālu pilnveide.  **7. Testu veidošana un materiālu organizēšana e-vidē.** (P2)  Moodle vides iespējas testu veidošanā. Fizikas novadu olimpiāde Moodle vidē. Jauno fiziķu skolas materiāli Moodle vidē.  **8. Fizikas olimpiādes uzdevumu veidošana un labošana**. (P4)  Fizikas olimpiādes uzdevumu veidošanas pamatprincipi dažāda līmeņa fizikas olimpiādēs (novadu posms, Valsts posms, atklātā fizikas olimpiāde). | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Mikroskopijas metodes*** | |
| ***Zinātnes nozare*** | Ķīmija | |
| ***Kredītpunkti*** | 2 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 8 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 4 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 20 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 10.10.2016 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.chem. Donāts Erts | |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Studiju kursa mērķis ir sniegt studentiem izpratni un praktisko pieredzi darbā ar skenējošo un transmisijas elektronu mikroskopiju, enerģijas dispersīvo rentgenstaru spektroskopiju un skenējošo atomspēku mikroskopiju.  Studiju kursa uzdevumi:   1. Apgūt zināšanas par iekārtu uzbūvi, darbības principiem un pielietojumiem; 2. Praktiskajos darbos iemācīsies strādāt ar iekārtām līmenī, kas dotu tiesības tās lietot patstāvīgi.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. Izprot skenējošās un transmisijas elektronu mikroskopijas darbības principus, uzbūvi un pielietojumus; 2. Skaidro enerģijas dispersīvās rentgenstaru spektroskopijas darbības principus un pielietojumus; 3. Skaidro skenējošās tuneļ un atomspēku mikroskopijas darbības principus, uzbūvi un pielietojumus;   Prasmes:   1. Strādā ar informācijas plūsmu par mikroskopija metodēm; 2. Prezentē iegūtos rezultātus, diskutēt par iekārtu darbības principiem, uzbūvi un praktiskiem pielietojumiem; 3. Darbojas ar iekārtām to lietotāja līmenī;   Kompetence:   1. Pielieto iekārtu praktiskiem mērījumiem; 2. Izskaidro iegūtos rezultātu;   sniedz konsultāciju un izskaidro interesentiem skenējošo un transmisijas elektronu mikroskopiju, enerģijas dispersīvo rentgenstaru spektroskopiju un skenējošo atomspēku mikroskopiju. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Skenējošā un transmisijas elektronu mikroskopija L3 Ld6 S2    1. Skenējošā elektronu mikroskopijas darbības princips, uzbūve un pielietojumi    2. Transmisijas elektronu mikroskopija 2. Enerģijas dispersīvā rentgenstaru spektroskopija (EDS) L1 Ld6 S1 3. Skenējošā zondes mikroskopija. L4 Ld8 S1    1. Skenējošā tuneļmikroskopija un spektroskopija    2. Skenējošā atomspēku mikroskopija un spektroskopija    3. Skenējošā tuvā lauka optiskā mikroskopija    4. Skenējošā elektroķīmiskiskā mikroskopija   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studentu patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un/vai grupās sekojošu uzdevumu veikšanai: laboratorijas darbu rezultātu apstrādei un analīzei, prezentāciju par laboratorijas darbiem sagatavošanai, gatavošanās semināriem, starppārbaudījumiem un eksāmenam. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Semināru un laboratorijas darbu apmeklējums ir obligāts.  Gala vērtējumu veido: Starppārbaudījumi:   1. Starppārbaudījums/LD1 – 10% 2. Starppārbaudījums/LD2 – 10% 3. Starppārbaudījums/LD3 – 10% 4. Praktiskais darbs un tā aizstāvēšana PD1 – 15% 5. Praktiskais darbs un tā aizstāvēšana PD2 – 15% 6. Praktiskais darbs un tā aizstāvēšana PD3 – 15 %   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) – 25% | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | | 1. Starppārbaudījums Ld1 | x |  |  | x | x | x |  | x | X | | 1. Starppārbaudījums Ld2 |  | x |  | x | x | x |  | x | X | | 1. Starppārbaudījums Ld3 |  |  | x | x | x | x |  | x | x | | 1. Starppārbaudījums Pd1 | x |  |  | x |  | x | X |  |  | | 1. Starppārbaudījums Pd2 |  | x |  | x |  | x | X |  |  | | 1. Starppārbaudījums Pd3 |  |  | x | x |  | x | X |  |  | | 1. Eksāmens | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Bell, D.C. Energy Dispersive X-ray Analysis in the Electron Microscope. Routledge; 1 edition, 2003 2. Goldstein, J., Newbury, D E., Joy, D C., Lyman, C.E., Echlin, P., LIfshin, E., Sawyer, L., Michael, J.R. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis, 3rd ed. 2003, 586p. 3. Lecture materials (e-course, 2015) 4. Wiesendanger, R. (ed.) Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy. Cambridge, University Press (1994). 5. Williams, D.B., Carter, C.B.Transmission Electron Microscopy. Springer, 2nd edition, 2009 | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Sheppard, C.J.R., Shotton, D.M. Microscopy and Analysis Probe Microscopes: Applications in Science and Technology. Published by: CRC Press. 2002. 2. Wiesendanger, R. (ed.) Scanning Probe Microscopy: Analytical Methods Springer Series Nanoscience and Technology, Springer. 1998 | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
| 1. Science Direct, <https://www.sciencedirect.com> 2. Springer, https://www.springer.com/ 3. Wiley Analytical Science: Latest Spectroscopy Articles, www.spectroscopynow.com | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
| **1.temats. Skenējošā elektronu mikroskopija SEM.**  (lekcijas – 2 stundas, laboratorijas darbi – 6 stundas, seminārs – 2 stundas)  Elektronu mikroskopija un elektronu mikroskopa darbības principi. Elektronu mikroskopa palielinājuma un izšķirtspējas regulācija. Elektronu mikroskopos izmantojamie detektori, to izšķirtspējas regulācija. Elektronu mikroskopa attēli un to aberācijas. Programmnodrošinājums elektronu mikroskopijai un tā izmantošana attēlu rediģēšanai un mērījumu iegūšanai. Paraugu sagatavošana SEM pētījumiem. Elektronu mikroskops savietojams ar fokusētā jonu kūļa iekārtu, darbības princips, uzbūve un pielietojumi.  Laboratorijas darbs un tā aizstāvēšana seminārā  1.2.Transmisijas elektronu mikroskopijas darbības principi, uzbūve, pielietojumi. Skenējošā transmisijas elektronu mikroskopija. Elektronu enerģijas zudumu spektroskopija (EELS). Paraugu sagatavošana TEM pētījumiem. Lekcija 1 stunda  **2.temats. Enerģijas dispersīvā rentgenstaru spektroskopija (EDS)** (lekcijas – 1 stunda, laboratorijas darbi – 6 stundas, seminārs – 1 stunda)  EDS darbības principi, EDS regulācija, EDS programmu nodrošinājums, rezultātu iegūšana, apstrāde un interpretācija.  Laboratorijas darbs un tā aizstāvēšana seminārā   **3.temats. Skenējošās zondes mikroskopijas metodes.**  (lekcijas – 4 stundas, laboratorijas darbi – 8 stundas, seminārs – 1 stunda)  Skenējošā tuneļmikroskopa, atomspēku mikroskopa, skenējošā tuvā lauka optiskā mikroskopa un skenējošā elektroķīmiskā mikroskopa darbības principi, uzbūve. Mikroskopu izmantošana virsmu topogrāfijas raksturošanai, elektronu struktūras, elektrovadāmības, spēku mijiedarbības noteikšanai, optisko un citu īpašību noteikšanai Atomspēku mikroskopa sagatavošana darbam, adatu nomaiņa, to raksturojošo parametru iegūšana. Topogrāfijas, spēka mijiedarbības un citu mērījumi. Programmu nodrošinājums atomspēku mikroskopijai, tā izmantošana rezultātu iegūšanai un apstrādei. Iegūto rezultātu interpretācija. Laboratorijas darbs un tā aizstāvēšana seminārā. | | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Modernas metodes virsmas un koloīdķīmija*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Ķīmija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 12 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 12 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 40 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 25.01.2019 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.chem. Guntars Vaivars |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt iespēju studentiem iegūt teorētiskās zināšanas un praktiskās iemaņas virsmas un koloīdu ķīmijā. Lekcijās tiek izklāstīta teorija par koloīdu sistēmu iegūšanu un fizikāli ķīmiskajām īpašībām, kā arī par virsmas procesiem. Laboratorijas darbos studenti apgūst eksperimentālās metodes koloīdu un virsmas sistēmu iegūšanai un pētīšanā, kā arī padziļina teorētiskās zināšanas.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. apgūt pamatzināšanas, prasmes un kompetences, kas veido priekšstatus par ķīmiskajiem un fizikālajiem procesiem uz virsmas; 2. apgūt pamatzināšanas, prasmes un kompetences, kas veido priekšstatus par ķīmiskajiem un fizikālajiem procesiem koloīdajās sistēmās.   Studiju kurss tiek docēts latviešu un angļu valodā | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. Skaidro koloīdo sistēmu ķīmijas vispārīgās teorijas, likumsakarības un tehnoloģijas; 2. Raksturo virsmas parādības un to saistību ar koloīdo sistēmu īpašībām; 3. Izprot micellu un citu koloīdo sistēmu izmantošanu farmācijā;   Prasmes:   1. Izvēlas un pielieto atbilstošas mērījumu metodikas koloīdo sistēmu raksturlielumu noteikšanai; 2. Izmanto Excel Solver adsorbcijas izotermu aprēķināšanai; 3. Izmanto micellu ģeometrisko parametru mērījumus micellu struktūras raksturošanai;   Kompetence:   1. Pārzina moderno koloīdu pētniecības metožu izmantošanu Latvijas zinātniskajās institūcijās un risināt problēmas saistībā ar koloīdu sistēmu praktisko izmantošanu farmācijā un citās saimniecības nozarēs. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Koloīdķīmijas priekšmets un nozīme. Disperso sistēmu īpatnības un klasifikācija. L2 2. Disperso sistēmu molekulāri kinētiskās īpašības. Ld4 3. Disperso sistēmu optiskās un elektriskās īpašības. L4 Ld8 4. Virsmas parādības. L4 Ld8 S4 5. Disperso sistēmu iegūšana un stabilitāte. Ld8 6. Modernas koloīdo sistēmu pētīšanas metodes. L2 Ld12 S8   L - lekcija, S - seminārs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un/vai mazākās darba grupās, uzdodot šādus uzdevumus:   1. patstāvīgi gatavoties semināru nodarbībām un starppārbaudījumiem; 2. studēt ar kursa tēmām saistīto literatūru un veikt tās analīzi; 3. risināt uzdevumus; 4. sagatavot laboratorijas darbu protokolus. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Laboratorijas darbu un lekciju apmeklējums ir obligāts.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Laboratorijas darbi - 45% 2. Kontroldarbs Nr.1- 10% 3. Kontroldarbs Nr.2 – 10%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) - 35% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | 1. Laboratorijas darbs | x | x | x | x | x | x | x | | 1. Kontroldarbs Nr. 1 | x | x |  |  |  |  | x | | 1. Kontroldarbs Nr. 2 |  |  | x | x |  |  | x | | 1. Eksāmens | x | x | x | x | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Cosgrove, T. Colloid science: principles, methods and applications, 2nd Edn., Wiley, 2010, 375 p. (LUB pieejama e-grāmata). 2. Pashley, R. Applied colloid and surface chemistry. England, Wiley, 2004., 188 lpp. (LUB 4 eks.) 3. Ross, S., Morrison, I.D. Colloidal systems and interfaces. New York, Wiley, 1988. (LUB 1 eks.) | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Atkins, P., de Paula, J. Atkins’ Physical Chemistry. 8th Ed., Oxford, University-Press, 2006, 1064 lpp. (LUB 27 eks. + 30 ekJs. 7th Edn.). 2. Birdi, K.S., Surface and colloid chemistry : principles and applications. CRC Press, 2010, 244 p. 3. Engel, T., Reid, P. Physical Chemistry, 3rd Edn., Pearson Education, 2014, 1040 p. 4. Garland, C.W., Nibler, J.W., Shoemaker, D.P. Experiments in Physical Chemistry, 7th Edn., McGraw-Hill, 790 p. 5. Halpern, A.M., McBane, G.C. Experimental physical chemistry: a laboratory textbook. New York: Freeman, 2006, 3rd ed. Part 5. (LUB 1 eks) 6. Schwenz, R.W., Moore, R.J. Physical Chemistry.-Washington: American Chemical Soc., 1993. (LUB 11 eks.) 7. Singh, J.K., Verma, N. Aqueous Phase Adsorption: Theory, Simulations and Experiments. 1st ed. 2018. CRC Press. ISBN 9781138575219. 8. West, A. Basic solid state chemistry. 2nd ed. Wiley & Sons, 2008. p.261-292. (LUB 1 eks.) | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Journal of Colloid and Interface Science 2. The Journal of Physical Chemistry | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **tēma.**   **Koloīdķīmijas priekšmets un nozīme. Koloīdo sistēmu izmantošana.**  Lekcija – 2 stundas  1. lekcija. Koloīdķīmija kā fizikālas ķīmijas apakšnozare un kā mācību priekšmets. Disperso sistēmu klasifikācija pēc fāzi un vidi veidojošām fāzēm, pēc dispersitātes. Virsmas enerģijas nozīme. Koloīdo sistēmu izmantošanu modernu materiālu iegūšanā.  Daļiņu siltumkustība (osmoze un difūzija) un Brauna kustība. Daļiņu formas ietekme. Einšteina-Smoluhovska Brauna kustības teorija. Daļiņas pārbīdes projekcijas vidējais kvadrātiskais lielums un difūzijas koeficients. Stoksa-Einšteina vienādojums. Perrēna, Svedberga un Sodija eksperimenti. Avogadro skaitļa noteikšana. Sedimentācija, tās ātrumu noteicošie faktori. Stoksa vienādojums. Vides viskozitāte. Sedimentācijas analīze. Koloīdu sistēmu osmotiskais spiediens. Einšteina vienādojums un tā izvedums. Molmasas noteikšana. Ultracentrifūgu lietošana dispersijas analīzē.   1. **tēma.**   **Disperso sistēmu molekulāri kinētiskās īpašības.**  Laboratorijas darbs – 4 stundas.  1. laboratorijas darbs. Sedimentācijas analīze.   1. **tēma.**   **Disperso sistēmu optiskās un elektriskās īpašības.**  Lekcija – 4 stundas, laboratorijas darbs – 8 stundas.  2. lekcija. Disperso sistēmu optiskās īpašības. Gaismas izkliede un absorbcija, tās atkarība no daļiņu izmēriem un gaismas viļņa garuma. Izkliede gaisā (atmosfērā). Turbidimetrijas pamati.  3. lekcija. Disperso sistēmu elektriskās īpašības. Elektriskā dubultslāņa veidošanās uz fāžu robežvirsmām. Potenciāla sadalījums. Disperso sistēmu elektrokinētiskās īpašības. Elektroforēze, elektroosmoze, plūsmas potenciāls. Elektroforēzes pētīšanas metodes. Elektroforēzes ātruma noteikšana. Zonālā elektroforēze. Helmholca-Smoluhovska vienādojums. Dzeta potenciāla noteikšanai izmantojamās metodes un iekārtas. Dzeta potenciāla mērījumu praktiskā nozīme.  2. laboratorijas darbs. Elektroosmoze – 4 stundas.  3. laboratorijas darbs. Elektroforēze – 4 stundas.   1. **tēma.**   **Virsmas parādības.**  Lekcija – 4 stundas, laboratorijas darbs – 8 stundas, seminārs – 4 stundas.  4. lekcija. Īpatnējā virsma un tās saistība ar daļiņu izmēriem. Virsmas spraigums un tā mērīšanas metodes. Adsorbcija. Virsmas aktīvās vielas. Diklo-Traubes likumība. Virsmas aktīvās vielas micellas. Kritiskā koncentrācija. Dažādu parametru ietekme uz micellu veidošanos. Mazgāšanas līdzekļi. Adsorbcija. Gibsa adsorbcijas vienādojums. Virsmas aktivitāte.  5.lekcija. Lengmīra, Freindliha, BET adsorbcijas izotermas. Kapilārā kondensācija. Koloīdo šķīdumu novecošana. Ostvalda nobriešana.  1.seminārs. Adsorbcijas izotermu aprēķināšana (Excel Solver).  4. laboratorijas darbs. Adsorbcija uz ogles – 4 stundas.  5. laboratorijas darbs. Virsmas spraiguma izoterma – 4 stundas.   1. **tēma.**   **Disperso sistēmu iegūšana un stabilitāte.**  Laboratorijas darbs – 8 stundas.  Disperso sistēmu iegūšanas paņēmieni. Kondensācijas un disperģēšanas metodes. Rebindera efekts. Kinētiskā un agregatīvā stabilitāte. Stabilitāte kā vēlama un nevēlama īpašība, regulēšanas iespējas. Koagulācija. Koagulācijas teorijas. Šulces-Hārdija likums.  6. laboratorijas darbs. Disperso sistēmu iegūšana un stabilitāte.  7. laboratorijas darbs. Koagulācijas kinētika.   1. **tēma.**   **Modernas koloīdo sistēmu pētīšanas metodes.**  Lekcija – 2 stundas, seminārs – 8 stundas, laboratorijas darbi – 12 stundas.  6. lekcija. Modernas koloīdo sistēmu pētīšanas metodes. Virsmas plazmonu spektroskopija. Izotermālās titrēšanas kalorimetrija.  2. Seminārs. Micellu daļiņu izmēra sadalījuma analīze.  3.seminārs. Lengmīra metodes datu apstrāde un analīze.  8. laboratorijas darbs. Farmācijā izmantojamu micellu iegūšana.  9. laboratorijas darbs. Micellu daļiņu izmēra sadalījuma noteikšana.  10. laboratorijas darbs. Lengmīra metode micellu diametra noteikšanai. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Kvantu datori*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Datorzinātne |
| ***Kredītpunkti*** | 2 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 32 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 32 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 48 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 01.03.2018. |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.habil.math., Rūsiņš Mārtiņš Freivalds |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir iepazīstināt studentus ar kvantu skaitļošanas pamatiem.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iemācīt kvantu skaitļošanas formālismu: kubitus un operācijas un tām; 2. aprakstīt populārākus kvantu algoritmus: Šora algoritmu diskrētajam logaritmam un skaitļu sadalīšanai reizinātajos, un Grovera algoritmu kvantu meklēšanai.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot kvantu skaitļošanas formālismu un pamatelementus; 2. izprot galvenos algoritmus kvantu skaitļošanā;   Prasmes:   1. analizē kvantu algoritmu darbību; 2. veido kvantu algoritmus, kas ir balstīti uz meklēšanu un kvantu Furjē transformāciju;   Kompetence:   1. kritiski analizē un izvērtē problēmu klāstu, ko var efektīvi risināt ar kvantu datoriem. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Kvantu biti. L2 2. Operācijas uz kvantu bitiem. L2 3. Kvantu shēmas. L2 4. Ievads kvantu kriptogrāfijā. L2 5. Sapītums. L2 6. Kvantu nelokālitāte. L2 7. Kvantu algoritmu formālisms. L2 8. Vienkāršie kvantu algoritmi. L2 9. Kvantu meklēšana. L4 10. Kvantu amplitūdu amplifikācija. L2 11. Kvantu Furjē transformācija. L2 12. Šora algoritms. L4 13. Blīvuma matricas. L4   L – lekcija | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Lekcijās tiek pasniegtas teorētiskais materiāls, kas tiek ilustrēts ar piemēriem. Mājas darbos studentiem ir jāatrisina uzdevumi, kas ir līdzīgi lekcijās aplūkotajiem piemēriem. Daži uzdevumi būs ar papildus sarežģītību, kuru atrisināšanai būs vajadzīga dziļākā pasniegta materiāla izpratne. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Pārbaudes darbs - 20% 2. Mājas darbu pārbaude - 20% 3. Mājas darbu pārbaude - 20%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (kombinēts) - 40%   Eksāmenā paredzēti gan teorētiski jautājumi, gan uzdevumi.  Katrā no 2 pārbaudes darbiem ir jāiegūst vismaz atzīme 4. Regulāri, katru nedēļu, jāizpilda uzdotie mājas darbi. Izpilde tiek pārbaudīta divreiz – katra pārbaudes darba laikā.  Gala atzīme tiek aprēķināta pēc formulas (M1+M2+P1+2\*P2)/5, kur P1, P2 – pārbaudes darbu atzīmes; M1, M2 – mājas darbu izpildes vērtējumi pārbaudes darbu laikā. Jāiegūst vismaz gala atzīme 4. Atzīmes 10 iegūšanai paredzēti individuāli uzdevumi. | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  Gan mājas darbu, gan eksāmena pārbaudē tiks vērtēta iedoto uzdevumu risinājuma pareizība.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 1. Mājas darbi | x | x | x | x | x | | 2. Pārbaudes darbs | x | x | x | x | x | | 3. Eksāmens | x | x | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Kitaev, A.Y., Shen, A.H., Vyalyi, M.N. Classical and Quantum Computation. American Mathematical Society, 2002 2. Nielsen, M.A., Chuang, I.L. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2000 3. Parthasarthy, K. R. Lectures on Quantum Computation, Quantum Error Correcting Codes And Information Theory. American Mathematical Society, 2005 | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Bracewell, R.N. The Fourier Transform & Its Applications. McGraw-Hill, 1999 2. Burda, I. Introduction to Quantum Computation. Universal Publishers, 2005 3. James, J. F. A Student's Guide to Fourier Transforms. 2nd edition. Cambridge University Press, 2002 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Prof. Umesh V. Vazirani: Selected Courses, http://www.cs.berkeley.edu/~vazirani/#courses | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| Kvantu biti  Determinētais, varbūtiskais un kvantu skaitļošanas režīmi. Determinētais, varbūtiskais un kvantu bits.  2. Operācijas uz kvantu bitiem  Unitāras transformācijas, sekvenciālā operāciju kompozīcija, mērījums.  3. Kvantu shēmas  Kuditi, operācijas uz vairākiem kubitiem, paralēla operāciju kompozīcija, parciālais mērijums.  4. Ievads kvantu kriptogrāfijā  BB84 kvantu kriptogrāfijas protokols un tā analīze.  5. Sapītums  Sapītums, tā fiziska nozīme, EPR pāris. Kvantu teleportācija.  6. Kvantu nelokālitāte  CHSH spēle un tās fizikālas sekas.  7. Kvantu algoritmu formālisms  Kā kvantu algoritmi izskaitļo funkcijas, kvantu ieejas orākuli. Varbūtiskā algoritma translēšana par kvantu algoritmu.  8. Vienkāršie kvantu algoritmi  Algoritmi, kas izmanto mazo kubitu skaitu. Kvantu meklēšana 4 elementiem.  9. Kvantu meklēšana  Grovera algoritms un tā analīze. Grovera algoritma netriviālie pielietojumi, minimuma meklēšana.  10. Kvantu amplitūdu amplifikācija  Kvantu amplitūdu amplifikācija kā Grovera algoritma vispārinājums. Tās pielietojumi, elementu dažādības problēma.  11. Kvantu Furjē transformācija  Kvantu Furjē transformācijas definīcija. Tās efektīva implementācija ar kvantu datoru.  12. Šora algoritms  Šora algoritms perioda atrašanai: speciāls gadījums un vispārīgs gadījums. Tā pielietojumi: diskrētā algoritma atrašana, skaitļu sadalīšana reizinātājos.  13. Blīvuma matricas  Kvantu stāvokļu ansambli, blīvuma matricas. Operācijas uz blīvuma matricām: unitāras transformācija un mērījumi. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Spektrometriskās analīzes metodes*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Ķīmija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 28 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 20 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 29.03.2019 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.chem. Andris Actiņš  Dr.chem. Vadims Bartkevičs  Dr.chem. Anda Prikšāne  Mg.chem. Zenta Balcerbule |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir radīt priekšstatu un attīstīt studentu izpratni par mūsdienu spektometriskajām analīzes metodēm  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar atšķirībām starp dažādām spektometriskajām analīzes metodēm; 2. iegūt ieskatu par atbilstošas metodes izvēli konkrēta objekta raksturošanai; 3. iemācīties risināt problēmsituācijas saistībā ar spektrometisko mērījumu veikšanu; 4. analizēt apgūto metožu piemērotību pētījumu vajadzībām; 5. iegūt pieredzi praktiski īstenot spektrometriskās metodes eksperimentāla rakstura uzdevumu atrisināšanai.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. skaidro mūsdienu spektrometrisko metožu teorētiskos principus un pielietošanas iespējas; 2. raksturo spektrometrisko metožu attīstības tendences;   Prasmes:   1. izvēlas piemērotas spektrometriskās analīzes metodes dažādu laboratorijas jautājumu risināšanai; 2. pielieto, optimizē un validē spektrometriskās metodes apkārtējas vides objektu, pārtikas produktu un farmācijas paraugu analīzēm; 3. salīdzina dažādu spektrometrisko metožu (UV, fluorimetrijas, Ramana uc) pielietojamību; 4. izmanto zinātniskās publikācijas un uzziņu literatūru spektrometrisko metožu izvēlei un parametru optimizācijai; 5. veido prezentācijas un referātus par spektrometrisko metožu izvēli un pielietojamību;   Kompetence:   1. analizē literatūras datus un kompleksi pielietot atbilstošas spektrometriskās metodes ķīmisko vielu noteikšanai dažādos objektos. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Moderno spektrometrisko metožu vispārīgs apskats L4 2. Ultraviolētās un redzamās spektra daļas (UV/VIS) spektrometrijas teorētiskie pamati un pielietojums L4 S4 3. Mūsdienu iekārtas molekulārās spektrometrijas mērījumu veikšanai L4 S4 4. Ramana spektrometrija L4 5. Divu vai vairāku gaismu absorbējošu vielu noteikšana Ld8 6. Ķīmisko savienojumu spektrometriskās noteikšanas metodes S4 Ld6 7. Atomabsorbciometrija. Liesmas atomizācija L2 8. Atomabsorbciometrija. Elektrotermālā atomizācija L4 9. Fonu ietekmējošie faktori atomabsorbciometrijā L2 10. Problēmsituācijas atomabsorbciometrijā S4 11. Molekulārās luminiscences teorētiskie pamati L2 12. Molekurālās luminiscences pielietojumi L2 13. Problēmsituācijas fluorimetrijā, rezultātu analīze S4 Ld2   L – lekcija, S – seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studenti patstāvīgi veic uzdevumus par izvēlēto tēmu, patstāvīgi lasa literatūru par lekcijās pārrunātajām tēmām, sagatavo laboratorijas darbu prezentācijas. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Semināru un laboratorijas darbu apmeklējums obligāts.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Laboratorijas darbi - 20% 2. 3 kontroldarbi (molekulārā spektrometrija, absorbciometrija, fluorimetrija) - 30% 3. Referāts un tā prezentācija – 10%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) - 40% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | | 1.kontroldarbs | x | x | x |  | x | x |  | x | | 2.kontroldarbs | x | x | x |  | x | x |  | x | | 3.kontroldarbs | x | x | x |  | x | x |  | x | | 4. Laboratorijas darbs | x |  | x | x |  | x | x | x | | 5. Referāts | x | x | x | x | x | x | x | x | | 6. Eksāmens | x | x | x | x | x | x | x |  | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Broakaert, J.A. Analytical Atomic Spectrometry with Flames and Plasma. 2nd edition, Wiley-VCH, Weinheim, 2005 2. Haries, D.C. Quantitative chemical Analysis, 9th edition. 2015 3. Skoog, A.D. (ed.) Fundamentals of analytical chemistry, 9th edition. 2013 4. Skoog, D.A., Holler, F.J., Crouch, S.R. Principles of instrumental analysis. 7th edition, 2017, Cengage Learning | |
| ***Papildu informācijas av oti*** | |
| 1. Actiņš, A., Balcerbule, Z..E-kurss Spektrometriskās analīzes metodes. 2006 2. Camman, K. Instrumentelle Analytische Chemie. Spektrum Akademischer Verlag, GmbH, Heidelberg-Berlin, 2001 3. Cullen, M. (ed.) Atomic Spectroscopy in Elemental Analysis. Blackwell Publishing Ltd, USA-Canada, 2004 4. Dean, J.R. Atomic Absorption and Plasma Spectrosopy. John Wiley & Sons, Chichester, 1997 5. Helmut, G., Wiliams, A. Handbook of Analytical Techniques. 2002 6. IR and Raman Spectroscopy, Siegfried Wartewig, 2003 7. Keller, R. Analytical Chemistry. Wiley-VCH Verlag, 2nd edition, 2004 8. Meyers, R. (ed.) Encyclopedia of Analytical Chemistry, 2000 9. Potts, P.J., West, M. (ed.) Portable X-ray Fluorescence Spectrometry.Capabilities for In Sity Analysis, 2008 10. Smith, E., Dent, G. Modern Raman Spectroscopy, A Practical Approach. 2nd edition, Wiley, 2018 | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Žurnāli: Spectochimica Acta, TrAC-Trends in Analytical Chemistry, Analytical Chemistry 2. Wiley Analytical Science: Latest Spectroscopy Articles, www.spectroscopynow.com | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| **Moderno spektrometrisko metožu vispārīgs apskats**(Lekcija – 4 st.)  Moderno spektrometrisko metožu iedalījums atkarībā no elektromagnētiskā spektra. Vienādojumi, kas apraksta elektromagnētiskā starojuma īpašības. Starojuma iedarbība ar ķīmiskajiem savienojumiem – gaismas absorbcija, izkliede, atstarošana. Elektronu enerģētiskie pamatlīmeņi un apakšlīmeņi, iespējamās (atļautās) elektronu pārejas un to varbūtības. Elektronu pāreju diagrammas. Absorbcijas atkarība no lietotā starojuma jaudas. Ierosināto elektronu deaktivācijas un relaksācijas procesi molekulās. Gaismas emisija. Bēra likuma lietošanas iespējas, novirzes no likuma.  **Ultraviolētās un redzamās spektra daļas (UV/VIS) spektrometrijas teorētiskie pamati un pielietojums** (Lekcija – 4 st.)  Enerģijas nesēju izvēle ultraviolētās un redzamās spektra daļas (UV/VIS) spektrometrijā, to iedarbības īpatnības. UV/VIS spektrometri, to darbības principi, priekšrocības un trūkumi. UV/VIS spektra kvalitatīvā interpretācij un to lietošanas iespējas analītiskajā ķīmijā. Molekulāro absorbciju ietekmējošie faktori. Spektrometra kalibrēšana, UV/VIS spektru katalogs. Kalibrēšanas konstanšu aprēķināšana. UV/VIS metodes pielietošanas iespējas ķīmisko savienojumu noteikšanai. Speciālās UV/VIS metodes – plūsmas fotometrija, ELISA. Gaismas izkliede, nefelometrijas un turbidimetrijas pielietošanas iespējas.  **Mūsdienu iekārtas molekulārās spektrometrijas mērījumu veikšanai** (Lekcija – 4 st.)  Mūsdienu spektrometrisko iekārtu apskats. Pēdējās tendences gaismas avotu, monohromatisko sistēmu uzbūvē, to raksturlielumi. Spektrometru ražotāji un to iekārtu raksturojums. Spektrālā izšķiršana. Izšķiršanas spēju raksturojums ar atomu un molekulu spektriem. Izšķiršanas spējas ietekme uz smailes formu. Viļņa garuma stabilitāte. Izkliedētās gaismas ietekme. Dreifa ietekme. Fotonu detektori, to raksturojums. Daudzkanālu detektori. Molekulārās spektrometrijas izmantošana signāla detektēšanai šķidruma hromatogrāfijas metodēs.  **Ramana spektrometrija** (Lekcija – 4 st.)  Ramana spektrometrijas teorētiskie pamati. Elektromagnētiskā starojuma izkliede. Ramana spektru iegūšana un interpretācija, stoksa un antistoksa joslas, to veidošanās. Lāzers kā starojuma avots. Ramana spektrometrijas salīdzinājums ar infrasarkano spektroskopiju.  **Atomabsorbciometrija. Liesmas atomizācija** (Lekcija – 2 st.)  Absorbcijas un emisijas pārejas liesmā. Fizikālķīmiskie procesi liesmā. Atomizācijas un ierosināšanas dažādie paņēmieni. Starojuma avoti. Gāzu maisījuma sastāvs. Noteikšanu ietekmējošie faktori. Liesmas atomabsorbciometrijas pielietojumi analītiskajā ķīmijā.  **Atomabsorbciometrija. Elektrotermālā atomizācija**(Lekcija – 4 st.)  Elektrotermiskie atomizatori. Grafīta krāsniņas. Parauga ievadīšana. Cieto paraugu analīze. Analīzes rezultātu iespaidojošie faktori, atomizācijas temperatūras izvēle. Grafīta krāsniņas programmas optimizācija. Elektrotermālās atomabsorbciometrijas lietošanas iespējās analītiskajā ķīmijā. Liesmas un elektrotermālās atomizācijas salīdzinājums.  **Fonu ietekmējošie faktori atomabsorbciometrijā**(Lekcija – 2 st.)  Traucējošie faktori atomabsorbciometrijā, to novēršanas iespējas. Fona līmeņa korekcijas atomabsorbciometrijā - deitērija, Zēmana korekcija. Dažādu fona korekcijas metožu salīdzinājums. Dažādu fona korekcijas veidu izmantošana pārtikas produktu un apkārtējās vides atomabsorciometrijas analīžu jomā.  **Molekulārās luminiscences teorētiskie pamati**(Lekcija – 2 st.)  Molekulārās luminiscences attīstība, to teorētiskie pamati. Fluorescences parādība, vienādojumi, kas apraksta šo analīzes veidu. Stoksa nobīde, fluorescences spektru saistība ar enerģijas līmeņiem. Fosforescence. Hemiluminescence. Kvantitatīvā fluorimetrija. Metodes priekšrocības. Fluorescences intensitāti ietekmējošie faktori.  **Molekurālās luminiscences pielietojumi**(Lekcija – 2 st.)  Fluorimetrijas metodes pielietojumi bioķīmijā, pārtikas produktu analīze, pētījumos par apkārtējās vides piesārņojumu. Vitamīnu, aflatoksīnu un policiklisko aromatisko ogļūdeņražu noteikšana ar fluorimetrijas metodi. Iekārtu kalibrēšana, traucējošie faktori fluorimetrijā. Fosforescences pielietojumi. “Time-domain” un “frequency-domain” fluorimetrijas izmantošana bioķīmijā.  **Ultraviolētās un redzamās spektra daļas (UV/VIS) spektrometrijas teorētiskie pamati un pielietojums** (Seminārs – 4 st.)  Seminārs ir paredzēts diskusijām par UV/VIS spektrometrijas pielietojumu ķīmisko savienojumu noteikšanai. Katram studentam ir jāsagatavo informācija par UV/VIS spektrometrisko metožu izmantošanu kādas vielas kvantitatīvā satura noteikšanai, jāpamato metodes parametri, jāziņo par analīzes priekšrocībām un trūkumiem.  **Mūsdienu iekārtas molekulārās spektrometrijas mērījumu veikšanai** (Seminārs – 4 st.)  Semināra tēmas: Vienlaicīga divu vai vairāku gaismu absorbējošu vielu noteikšana šķīdumā. Fotometriska protolītiskā pāra pKa noteikšana indikatoriem. Optisko iekārtu principiālā uzbūve, īpatnības, spektru uzņemšana ar spektrofotometru *PerkinElmer Lambda25*. Liesmas fotometrija. Fotometriskā titrēšana. Uzdevumi .  **Ķīmisko savienojumu spektrometriskās noteikšanas metodes**(Seminārs – 4 st.)  Semināra tēmas: diferenciālā fotometrija, ekstrakcijas fotometrija, nosakāmās vielas koncentrēšana. Standartu un standartpiedevu metode. Kalibrēšanas taisne Fotometrisko metožu jutība, atkārtojamība un precizitāte. Mērījumu kvalitātes raksturojums. Detektēšanas līmeņa un mazākās nosakāmās koncentrācijas izskaitļošana. Uzdevumi. Kontroldarbs.  **Problēmsituācijas atomabsorbciometrijā**(Seminārs – 4 st.)  Smago metālisko elementu noteikšanas iespējas ar liesmas atomabsorbciometru Analyst 200 (ražotājfirma Perkin Elmer). Uzdevumi. Kontroldarbs.  **Problēmsituācijas fluorimetrijā**(Seminārs – 4 st.)  Seminārs ir paredzēts diskusijām par molekulārās luminiescences spektrometrijas pielietojumu ķīmisko savienojumu noteikšanai. Katram studentam ir jāsagatavo informācija par fluorimetrijas vai fosforescences metožu izmantošanu kādas ķīmiskās vielas noteikšanai, jāpamato metodes parametri, jāziņo par analīzes priekšrocībām un trūkumiem.  **Laboratorijas darbu izvēles iespējas:**  *1.darbs.* Fotometriska divkrāsu indikatora protolīzes konstantes noteikšana (4 st)  *2.darbs.* Hroma(III) un mangāna(II) jonu fotometriska noteikšana vienā šķīdumā. (4 st)  *3.darbs*. Kausējumu analīze. Niķeļa jonu diferenciāli fotometriska noteikšana (4 st)  *4.darbs.* Standartpiedevu metode Fe(III)jonu noteikšanā (2 st)  *5.darbs.* Fluorimetriska organisko vai neorganisko vielu noteikšana (2 stundas)  *7.darbs*. Vara (II) jonu ekstrakcijas fotometriska noteikšana (4 st)  *8.darbs*. Benzo(a)pirēna un krizēna fluorimetriskā noteikšana vienā šķīdumā (2 st) | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Fizikālā ķīmija*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Ķīmija |
| ***Kredītpunkti*** | 4 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 64 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 22 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 26 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 16 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 96 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 27.01.2019 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.ķīm. Agris Bērziņš |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir nodrošināt studentiem iespēju gūt priekšstatu par ķīmisko sistēmu un reakciju aprakstīšanu, izmantojot aprēķinu ķīmijas pieeju.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīties ar statistiskās termodinamikas pamtprincipiem; 2. padziļināt prasmes termodinamikas metožu izmantošanā ķīmisku sistēmu un reakciju aprakstam; 3. iepazīties ar aprēķinu ķīmijas metodēm un to izmantošanu; 4. iemācīties izvēlēties piemērotāko aprēķinu ķīmijas metodi un veikt modelēšanu, lai aprēķinātu interesējošos fizikālķīmiskos raksturlielumus; 5. iemācīties analizēt un interpretēt modelēšanā iegūtos rezultātus saistībā ar molekulu un reakciju fizikālķīmiskajiem raksturlielumiem.   Kurss tiek īstenots latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot statistiskās termodinamikas pamatkonceptus un saistību starp vielas uzbūvi un makroskopiskajiem termodinamiskajiem raksturlielumiem; 2. raksturo dažādas aprēķinu ķīmijas metodes, to pamatkonceptus, iespējas un ierobežojumus; 3. saprot lielumus un īpašības, ko iespējams aprēķināt un simulēt, izmantojot aprēķinu ķīmijas metodes, un to izmantošanas iespējas;   Prasmes:   1. viec dažādu termodinamisko parametru aprēķināšanu un izvērtēt aprēķināto lielumu pareizību un izmantojamību; 2. izvēlas, kādi aprēķini nepieciešami, lai noskaidrotu vēlamo fizikālo parametru vai atrastu nepieciešamo ķīmiskās sistēmas raksturlielumu; 3. izvēlas pētāmajai problēmai piemērotāko kvantu ķīmisko aprēķinu metodi;   Kompetence:   1. izvēlas racionālāko un piemērotāko termodinamisko lielumu aprēķināšanas metodi; 2. sastāda un praktiski viec kvantu ķīmiskos aprēķinus dažādos aprēķinu līmeņos, iegūstot vēlamos rezultātus, kā arī izvērtē un interpretēt iegūtos aprēķinu rezultātus; 3. analizē gan sevis iegūtos, gan zinātniskajā literatūrā publicētos aprēķinu rezultātu. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Statistiskā termodinamika un uz tās konceptiem balstīta ķīmiskā termodinamika un kinētika. L8 S8 2. Aprēķinu ķīmijas koncepti un to saistība ar ķīmiskajām pārvērtībām. L2 S4 3. Aprēķinu ķīmijas metodes. L8 S4 4. Aprēķinu ķīmijas iespēju izmantošana ķīmisku problēmu risināšanā. L4 S10 Ld16   L - lekcija, S - seminārs, P - praktiskais darbs, Ld – laboratorijas darbs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un/vai mazākās darba grupās, uzdodot šādus uzdevumus: patstāvīgi gatavoties semināru nodarbībām un starppārbaudījumiem; studēt ar kursa tēmām saistīto literatūru un veikt tās analīzi; risināt uzdevumus, sagatavot laboratorijas darbu protokolus. | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. 3 praktiskie darbi termodinamikā un 4 praktiskie darbi aprēķinu ķīmijā - 30% 2. Seminārs: literatūras analīzes uzdevums - 5% 3. Laboratorijas darbi - 30%   Noslēguma pārbaudījums:   1. Eksāmens (rakstisks) - 35% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | | 1. Praktiskie darbi | x | x | x | x | x | x | x | x |  | | 1. Laboratorijas darbi |  | x | x | x | x | x |  | x | X | | 1. Seminārs |  | x |  |  | x | x |  | x | X | | 1. Eksāmens | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Atkins, P., de Paula, J. ATKINS’ Physical chemistry, 11th edition, Oxford, University Press, 2018 2. Cooksy, A. Physical Chemistry. Thermodynamics, Statistical mechanics, & Kinetics, Boston, Pearson, 2013 3. Foresman, J.B., Frisch, A. Exploring Chemistry With Electronic Structure Methods, 3rd edition, CT, Gaussian, Inc., 2015, 302 p. 4. Lewars, E.G. Computational Chemistry. Introduction to the Theory and Applications of Molecular and Quantum Mechanics, second Edition, London, Springer, 2011, 664 p. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Bachrach, S.M. Computational Organic Chemistry, New Jersey, John Wiley & Sons, 2007, 478 p. 2. Hehre, W.J. A Guide to Molecular Mechanics and Quantum Chemical Calculations, Irvine, CA, Wavefunction, Inc., 2003, 796 p. 3. Hinchliffe, A. Molecular modelling for beginners, 2nd edition, Wiltshire, Wiley, 2008, 411 p. 4. Jensen, F. Intoduction to Computational Chemistry, 2nd edition, London, John Wiley & Sons, 2007, 600 p. 5. Levine, I.N. Quantum chemistry, 7th edition, Boston, Pearson, 2014, 700 p. 6. McQuarrie, D.A. Quantum chemistry, 2nd edition, Sausalito, CL, University Science Books, 2008, 690 p. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
| 1. Computational and Theoretical Chemistry 2. Journal of Chemical Theory and Computation 3. Journal of Computational Chemistry 4. The Journal of Physical Chemistry | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1. **temats.**   **Statistiskā termodinamika un uz tās konceptiem balstīta ķīmiskā termodinamika un kinētika**  Lekcijas 8 st., praktiskie darbi 8 st.   1. lekcija un 1. praktiskais darbs. Termodinamikas un kvantu mehānikas pamatkonceptu atkārtojums. Ievads statistiskajā termodinamikā. Entropijas aprēķināšana pēc Bolcmaņa un Gibsa vienādojumiem. Kanoniskais sadalījums un sadalījuma funkcija.   2. lekcija un 2. praktiskais darbs. Brīvības pakāpes. Vienādsadalījuma princips. Vibrācijas un rotācijas sadalījuma funkcijas. Translācijas sadalījuma funkcija. Entropija un iekšējā enerģija. Siltumkapacitāte.  3. lekcija un 3. praktiskais darbs. Reakcijas virsma un reakcijas koordināte. Reakcijas entalpijas, entropijas un Gibsa enerģijas aprēķināšanas iespējas. Ķīmiskais līdzsvars un tā atkarība no temperatūras.  4. lekcija un 4. praktiskais darbs. Ķīmisko reakciju ātrumi. Vienkārša sadursmju teorija. Pārejas stāvokļa teorija. Eiringa vienādojums.   1. **temats.**   **Aprēķinu ķīmijas koncepti un to saistība ar ķīmiskajām pārvērtībām**  Lekcijas 2 st., praktiskie darbi 4 st.  5. lekcija. Aprēķinu ķīmijas koncepti. Potenciālās enerģijas virsma. Molekulā mehānika.  5. praktiskais darbs. Potenciālās enerģijas virsma un tās analīze.  6. praktiskais darbs. Pārejas stāvokļi un to modelēšana.   1. **temats.**   **Aprēķinu ķīmijas metodes**  Lekcijas 8 st., praktiskie darbi 4 st.  6. lekcija. Hikeļa metode, tās izmantošanas iespējas un ierobežojumi. Paplašinātā Hikeļa metode.  7. lekcija. Hārtrī-Foka metode. Variācijas princips un tā izmantošanas paņēmiens Hārtrī-Foka metodē. Molekulārās orbitāles kā atomāro orbitāļu lineāra kombinācija. Bāzes komplekts.  8. lekcija. Elektronu korelācijas problēma. Post-Hārtrī-Foka metodes. Perturbācijas teorijas metodes. Konfigurācijas mijiedarbības metodes.  9. lekcija. Blīvuma funkcionāļa teorija un tās izmantošana kvantu ķīmiskajos aprēķinos. Pusempīriskās metodes.  7. praktiskais darbs. Dažādu aprēķinu metožu precizitāte - piemērotas aprēķinu metodes izvēle balstoties uz enerģijas starpību.  8. praktiskais darbs. Dažādu aprēķinu metožu precizitāte - piemērotas aprēķinu metodes izvēle balstoties uz molekulu elektronisko īpašību aprakstīšanu un aprēķina ātrumu.   1. **temats.**   **Aprēķinu ķīmijas iespēju izmantošana ķīmisku problēmu risināšanā**  Lekcijas 4 st., praktiskie darbi 4 st., laboratorijas darbi 16 st., seminārs 6 st.  10. lekcija. Ab initio un blīvuma funkcionāļa teorijas metožu lietošanas iespējas un ierobežojumi molekulu un ķīmisko rekciju raksturlielumu noteikšanā. Solvatācija un tās modelēšanas paņēmieni.  11. lekcija. Papildus aprēķinu ķīmijas aspekti. Aprēķinu ķīmijas metožu attīstības tendences.  9. praktiskais darbs. Reakciju termodinamikas un kinētikas analīzes iespējas, izmantojot aprēķinu ķīmiju.  10. praktiskais darbs. Molekulu elektronu īpašību aprakstīšana: molekulārās orbitālēs, elektrostatiskā potenciāla kartes.  1. un 2. laboratorijas darbs. Elektrostatiskā potenciāla kartes un to izmantošana molekulu īpašību salīdzināšanā. Ķīmisko reakciju, to enerģijas un ātruma modelēšana.  3. laboratorijas darbs. Līdzsvara konstantes noteikšana no KMR mērījumiem un aprēķinu ķīmijas metodēm.  4. laboratorijas darbs. Eksperimentālo un simulēto infrasarkano spektru izmantošana starpmolekulāro mijiedarbību identificēšanai.   1. **seminārs.**   **Zinātniskās publikācijas analīze un tās prezentēšana** | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Civilā aizsardzība*** |
| ***Zinātnes nozare*** | Ķīmija |
| ***Kredītpunkti*** | 1 |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 16 |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 12 |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 4 |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 24 |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 13.08.2020 |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.chem. Ilva Nakurte |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. |
| ***Kursa anotācija*** |  |
| Studiju kursa mērķis ir sniegt zināšanas studentiem par civilās aizsardzības (CA) jautājumiem Latvijā, apskatot Latvijas CA sistēmas lomu (arī ES un NATO ietvaros), organizāciju, vadību un struktūru, kā arī CA sistēmas subjektu galvenos uzdevumus.  Studiju kursa uzdevumi ir:   1. iepazīstināt ar katastrofu pārvaldīšanas principiem un to plānošanu; 2. analizēt valsts un pašvaldību iestāžu sadarbības iespējas katastrofu situācijās, resursu iesaistīšanu; 3. apskatīt ikdienā iespējamās bīstamās situācijas, drošas uzvedības principus, izvērtētu rīcība dažādos apdraudējumos un katastrofu situācijās; 4. apskatīt iedzīvotāju brīdināšanas un apziņošanas sistēmas lomu; 5. apskatīt plašsaziņu (sociālo tīklu) lomu un ietekmi informācijas izplatīšanā ārkārtas situācijās un katastrofās; 6. nodrošināt vispārējas zināšanas par katastrofu medicīnas sistēmas lomu un pirmās palīdzības sniegšanu.   Kurss tiek docēts latviešu un angļu valodās. | |
| ***Studiju rezultāti*** |  |
| Zināšanas:   1. izprot civilās aizsardzības specifiskos jautājumus Latvijā un Eiropas Savienībā, tajā skaitā pirmās palīdzības būtību; 2. izprot civilās aizsardzības sistēmas struktūru, tiesisko regulējumu, organizāciju un vadību; 3. skaidro valsts, pašvaldību, juridisko un fizisko personu uzdevumus, tiesības un pienākumus civilās aizsardzības jomā; 4. raksturo paaugstinātas bīstamības objektus, tā īpašnieka vai tiesiskā valdītāja pienākumus un tiesības; 5. izprot pašvaldību civilās aizsardzības komisijas, pasākumu plānošanu, apdraudējuma riska novērtēšanu, raksturo bīstamas viela, to klasifikāciju un prasības glabāšanai un pārvadājumiem; 6. izprot starptautiskās palīdzības lūgšanas un sniegšanas principus; 7. raksturo individuālās aizsardzības līdzekļus katastrofas gadījumā (piemēram, filtrējošas gāzmaskas, pretķīmiskie aizsargtērpi); 8. izprot īpašos tiesiskos režīmus (ārkārtējo situāciju un izņēmuma stāvokli);   Prasmes:   1. pielieto apgūtās zināšanas par valsts, pašvaldību un citu organizāciju lomu un pienākumiem iespējamu katastrofu pārvaldīšanas pasākumu plānošanā un to īstenošanā dažāda apdraudējuma gadījumos; 2. sniedz pirmo palīdzību dzīvībai kritiskās situācijās (piemēram, bīstamas asiņošanas apturēšana, atdzīvināšanas pasākumi), kā arī izsauc palīdzību;   Kompetence:   1. risina problēmas un pielietot zināšanas par civilās aizsardzības sistēmas organizāciju un rīcību iespējamās bīstamās situācijās (ieskaitot pirmās palīdzības pamatzināšanas) un iespējamo risku novēršanu, veidojot drošas uzvedības principus atkarībā no ārkārtas situācijas rakstura un veida. | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | |
| 1. Civilās aizsardzības sistēma valstī. L1 2. Katastrofu pārvaldīšana, plānošana un pasākumu īstenošana. L2 3. Iespējamās katastrofas un to sekas. L1 S1 4. Civilā aizsardzība Eiropas Savienības un NATO kontekstā, humānās palīdzības sniegšana un saņemšana. L1 5. Civilās trauksmes un apziņošanas sistēma. L1 6. Katastrofu medicīnas sistēmas organizēšana un pirmās palīdzības sniegšana. L1 S2 7. Iestādes, komersanta un pašvaldības civilās aizsardzības plānošana. L1 8. Bīstamo ķīmisko vielu un maisījumu klasifikācija, glabāšanas un pārvadāšanas prasības. L1 9. Rīcība ugunsgrēka gadījumā un evakuācija. L1 10. Labās prakses piemēri un pieredze no starptautiskajām misijām. L1 11. Plašsaziņu līdzekļu loma ārkārtas gadījumos un katastrofās. L1 S1   L - lekcija, S - seminārs | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli un/vai mazākās darba grupās, uzdodot šādus uzdevumus: patstāvīgi gatavoties semināru nodarbībām un starp pārbaudījumiem; studēt ar kursa tēmām saistīto literatūru un veikt tās analīzi | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | |
| Lekciju un semināru apmeklējums vismaz 90%.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Semināru tests par pirmās palīdzības sniegšanu - 25% 2. Semināru tests par civilās aizsardzības (CA) sistēmas organizāciju - 25%   Noslēguma pārbaudījums:  Eksāmens (rakstisks):   1. 1. daļa Pirmā palīdzība - 25% 2. 2. daļa Civilās aizsardzības (CA) sistēma, uzdevumi un rīcība - 25% | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | | 1. Semināra tests "Pirmā palīdzība" | X |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  | | 1. Semināra tests "Civilās aizsardzības sistēma" | X |  | X | X |  |  | X |  |  | X |  | | 1. Eksāmens: 1. daļa "Pirmā palīdzība" |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X | | 1. Eksāmens: 2. daļa "Civilās aizsardzības sistēma". Uzdevumi un rīcība | X | X | X | X | X | X | X | X | X |  | X | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | |
| 1. Kusiņš, J., Kļava, G. “Civilā aizsardzība”, Rīga, “Drukātava”, 2011., 377 lpp.; 2. Pirmās palīdzības sniegšanas pamatzināšanu apmācības programmas vadlīnijas. Pieejams: http://www.nmpd.gov.lv; 3. Drošības padomi; Tiešsaite: http://vugd.gov.lv 4. Komisijas dienestu 2010.gada 12.decembra darba dokuments SEC(2010) 1626 galīgā redakcija “Riska novērtēšanas un kartēšanas vadlīnijas katastrofu pārvaldībai”, Brisele, 2010., 43.lpp. Pieejams: http://ec.europa.eu/echo/index\_en; 5. Gowing, N., “Skyful of Lies and Black Swans: the new tyranny of shifting information power in crises”. Univeristy of Oxford, 2009., 94.lpp. 6. Wendling, C., Radisch, J., Jacobzone,S. The Use of Social Media in Risk and Crisis Communication OECD Working Papers on Public Governance, No. 24, OECD Publishing. 2013 Pieejams: http://dx.doi.org/10.1787/5k3v01fskp9s-en. | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | |
| 1. Civilās aizsardzības un katastrofas pārvaldīšanas likums; 2. Nacionālās drošības likums; 3. Ugunsdrošības un ugunsdzēsības likums; 4. Likums par ārkārtējo situācijas un izņēmuma stāvokli; 5. Valsts civilās aizsardzības plāns; 6. Valsts katastrofu medicīna plāns; 7. Eiropas Parlamenta un Padomes 2013.gada 17.decembra lēmums Nr.1313/2013/ES “Par Savienības civilās aizsardzības mehānismu”. 8. Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi: https://likumi.lv/ MK noteikumi. | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | |
|  | |
| ***Kursa saturs*** |  |
| 1.tēma. CIVILĀS AIZSARDZĪBAS SISTĒMA VALSTĪ  Valsts civilās aizsardzības sistēmas loma nacionālās drošības sistēmā; Tiesiskais regulējums civilās aizsardzības sistēmas darbības nodrošināšanai; Civilās aizsardzības sistēmas organizācija, struktūra, galvenie uzdevumi un vadība; Civilās aizsardzības pasākumu plānošana; Atbildība par pārkāpumiem civilās aizsardzības jomā; Valsts institūciju, pašvaldību un komersantu uzdevumi un tiesības civilajā aizsardzībā; Iedzīvotāju tiesības un pienākumi civilajā aizsardzībā; Prakses piemēri.  2.tēma. KATASTROFU PĀRVALDĪŠANA, PLĀNOŠANA UN PASĀKUMU ĪSTENOŠANA  Katastrofu pārvaldīšanas pasākumu plānošana – preventīvie, gatavības, reaģēšanas un seku likvidēšanas neatliekamie pasākumi; Riska novērtēšana; Valsts civilās aizsardzības plāns; Civilās aizsardzības apmācība un mācības; Katastrofu un to mērogu iedalījums; Resursu iesaistīšana katastrofu pārvaldīšanā; Juridisko un fizisko personu iesaistīšana reaģēšanas pasākumos; Valsts materiālās rezerves; Ārkārtējā situācija un izņēmuma stāvoklis; Civil-militārā sadarbība.  3.tēma. IESPĒJAMĀS KATASTROFAS UN TO SEKAS  Valstī (un ārpus tās) iespējamās katastrofas un to sekas – dabas katastrofas, cilvēku izraisītās katastrofas, tehnogēnās katastrofas, sabiedriskās nekārtības, terorisms, epidēmijas, epizootijas, epifitotijas un citi apdraudējumi; Paaugstinātas bīstamības objekti, to noteikšanas kritēriji un riska samazināšanas pasākumi; Evakuācijas pasākumu organizēšana; Radiācijas drošība, individuālie un kolektīvie aizsardzības pasākumi; Prakses piemēri; Seminārs.  4.tēma. CIVILĀ AIZSARDZĪBA EIROPAS SAVIENĪBAS UN NATO KONTEKSTĀ, HUMĀNĀS PALĪDZĪBAS SNIEGŠANA UN SAŅEMŠANA  Civilās aizsardzības sadarbība divpusējo līgumu ietvaros; Sadarbība Baltijas jūras reģionā; Eiropas Savienības civilās aizsardzības mehānisms; Civilās aizsardzības loma NATO kontekstā; Humānās palīdzības sniegšana un saņemšanas kārtība; Prakses piemēri.  5.tēma. CIVILĀS TRAUKSMES UN APZIŅOŠANAS SISTĒMA  Civilās trauksmes un apziņošanas sistēma, mērķis, uzdevumi un tās darbības principi; Iedzīvotāju rīcība; Trauksmes sirēnu gatavības pārbaude; Modernie trauksmes un apziņošanas risinājumi; Prakses piemēri.  6.tēma. KATASTROFU MEDICĪNAS SISTĒMAS ORGANIZĒŠANA UN PIRMĀS PALĪDZĪBAS SNIEGŠANA  Katastrofu medicīnas sistēma, tās vadība, plānošana, koordinēšana, organizēšana un aktivizēšana; Ārkārtas medicīniskās situācijas un ārkārtas sabiedrības veselības situācijas; medicīnas sistēmas resursi; Katasotru medicīnas plāni; Prakses piemēri; Pirmās palīdzības sniegšana katastrofu situācijās; Rīcība negadījuma vietā; rīcības shēma; ABC shēma, ABC praktiskais demonstrējums; Šoks; Asiņošana; Slīkšana; Brūces, traumas un citi bojājumi; Praktiskais demonstrējums, praktiskie darbi .  7.tēma. IESTĀDES, KOMERSANTA UN PAŠVALDĪBAS CIVILĀS AIZSARDZĪBAS PLĀNOŠANA  Iestādes, komersanta un pašvaldības civilās aizsardzības plāns; Plāna mērķis un uzdevumi; Iestādes, komersanta un pašvaldības civilās aizsardzības plāna izstrādāšanas pamatprincipi un iekļaujamā informācija; Plāna pārbaude un precizēšana; Pašvaldības civilās aizsardzības komisija, tās uzdevumi, tiesības, struktūra un darba organizācija; Prakses piemēri.  8.tēma. BĪSTAMO ĶĪMISKO VIELU UN MAISĪJUMU KLASIFIKĀCIJA, GLABĀŠANAS UN PĀRVADĀŠANAS PRASĪBAS  Ķīmisko vielu un bīstamo kravu starptautiskie un iekšzemes pārvadājumi ar autotransportu un aviotransportu, pa dzelzceļu un jūru; REACH regula – ķīmisko vielu reģistrēšana, vērtēšana, licencēšana un ierobežošana; CLP regula – ķīmisko vielu klasificēšana, marķēšana un bīstamības apzīmējumi; Drošības datu lapas; Bīstamo ķīmisko vielu un maisījumu, glabāšana, marķēšana, uzraudzība un kontrole; A, B kategoriju atļaujas piesārņojošo darbību veikšanai. Prakses piemēri.  9.tēma. RĪCĪBA UGUNSGRĒKA GADĪJUMĀ UN EVAKUĀCIJA  Rīcība ugunsgrēka gadījumā; Dūmu detektori; Ugunsdzēšamie aprāti; Evakuācijas pasākumi (mājās, sabiedriskā vai publiskā ēkā, katastrofu gadījumā); Ārkārtas gadījumu soma; Prakses piemēri.  10.tēma. LABĀS PRAKSES PIEMĒRI UN PIEREDZE NO STARPTAUTISKAJĀM MISIJĀM  Praktiskās pieredzes atziņas no starptautiskām misijām, misiju iespējām, kompetences prasībām, mandātu, problēmām un izaicinājumiem; Atziņas par dalību no kādas starptautiskās misijas – katastrofu palīdzības sniegšanas misija, misija karadarbības zonā, miera uzturēšana misija, humānās palīdzības misija, brīvprātīgais darbs ANO sistēmā vai citā organizācijā. Prakses piemērs.  11.tēma. PLAŠSAZIŅU LĪDZEKĻU LOMA ĀRKĀRTAS SITUĀCIJĀS UN KATASTROFĀS  Informācijas līdzekļu (elektronisko plašsaziņu un sociālo tīklu) loma un ietekme uz informācijas pieejamību krīžu situācijās katastrofās; Informācijas izmantošana un tās manipulācija; Informācijas ietekme uz lēmuma pieņemšanu. Problēmas un izaicinājumi; Prakses piemēri; Seminārs. | |

**LATVIJAS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTA FORMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Kursa nosaukums*** | ***Vides aizsardzība*** | |
| ***Zinātnes nozare*** | Vides zinātne | |
| ***Kredītpunkti*** | 1 | |
| ***Kopējais auditoriju stundu skaits*** | 16 | |
| ***Lekciju stundu skaits*** | 14 | |
| ***Semināru un praktisko darbu stundu skaits*** | 2 | |
| ***Laboratorijas darbu stundu skaits*** | 0 | |
| ***Studenta patstāvīgā darba stundu skaits*** | 24 | |
| ***Kursa apstiprināšanas datums*** | 15.01.2021 | |
| ***Kursa izstrādātājs (-i)*** | Dr.chem. Jānis Zaļoksnis | |
| ***Priekšzināšanas*** | Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst  studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un  kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| ***Kursa anotācija*** |  | |
| Studiju kursa mērķis ir sniegt pamata zināšanas par vides zinātni, tās pielietojumu un interdisciplināro raksturu. Tiek aplūkotas nozīmīgās cilvēku darbības potenciālās ietekmes uz vides kvalitāti gan tiešā veidā, gan novērtējot arī netiešās ietekmes un pastāvošo rīcību kumulatīvo raksturu. Kursā tiek apskatīti vides elementi un to saistība, ekosistēmu funkcijas, nozīme un dažādas aizsardzības stratēģijas. Tiek aplūkota patērētāju sabiedrības izraisītā vides degradācijas, klimata pārmaiņas un to negatīvās sekas mūsdienu pasaulē, kā arī aplūkoti ilgtspējīgas attīstības principi un piemēri. Kurss nodrošina vispārējas zināšanas par vidē noritošajiem procesiem, cilvēku darbību ietekmi uz tiem un potenciālos risinājumus esošo vides problēmu risināšanai un preventīvās rīcības.  Studiju kursa uzdevumi:   1. Nodrošināt vides izglītību augstskolu studiju programmās, ņemot vērā Vides aizsardzības likuma (29.11.2006.) 42. pantā minēto. 2. Apgūt nepieciešamās teorētiskas zināšanas par vides zinātni un ilgtspējīgu attīstību, lai nodrošinātu ar tautsaimniecības attīstību, ilgtspējīgu resursu pārvaldību un ieguves principiem saistītus lēmumus, neradot negatīvu ietekmi uz vidi un tās kvalitāti.   Kurss tiek docēts latviešu un angļu valodās. | | |
| ***Studiju rezultāti*** |  | |
| Zināšanas:   1. Skaidro vides zinātnes pamatprincipus un risināmos jautājumus; 2. Izprot galvenās vides problēmas un to iespējamos risinājumus; 3. Pārzina cilvēku un vides mijiedarbību un iespējamos riskus; 4. Izprot dabas aizsardzības un ilgtspējas principus ikdienas lietišķo problēmu risināšanā;   Prasmes:   1. patstāvīgi pilnveido un papildina zināšanas par vides aizsardzības jautājumiem (galvenajām vides problēmām un to iespējamajiem risinājumiem); 2. rīkojas aprites ekonomikas kontekstā un kritiski vērtē plašsaziņas līdzekļos atspoguļoto informāciju saistībā ar vides aizsardzību; 3. kompleksi analizē vides, dabas, un ar to saistītās ekonomikas un sociālās problēmas, vides stāvokli Latvijā un Eiropā;   Kompetence:   1. identificē dabas aizsardzības problēmas un tās risina atbilstoši kompetenču līmenim; 2. realizē darbības, ievērojot ilgtspējīgas attīstības pamatprincipus; 3. praktiski pielieto zināšanas par nozīmīgiem vides aizsardzības jautājumiem. | | |
| ***Studiju kursa kalendārais plāns*** | | |
| 1. Ievads vides zinātnē. L2 2. Dabas aizsardzība. L2 3. Resursi. L2 4. Vides piesārņojums. L2 5. Klimats un adaptācija klimata pārmaiņām. L2 6. Ilgtspējīga attīstība. L2 7. Seminārs par vides problēmām un to cēloņiem. S2 8. Vides veselība. L2   L – lekcija, S – seminārs | | |
| ***Studējošo patstāvīgo darbu organizācijas un uzdevumu raksturojums*** | | |
| Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts individuāli, bet veicot praktisko darbu – nelielās grupās.  Patstāvīgie uzdevumi:   1. Studēt ar studiju kursa tematiem saistīto literatūru; 2. Noskatīties filmas par vides tematiku, tai skaitā, “Mājas”(Home), Nepatīkamā patiesība”( An Inconvenient Truth), “Muļķu laikmets” (Age of Stupid)”; 3. Kursa studiju laikā skatīties LTV1 raidījumu “Vides fakti” un sagatavot noslēguma vērtējumu; 4. Gatavoties semināru nodarbībām; 5. Veikt subjektīvo vides stāvokļa vērtējumu Latvijā; 6. Sagatavot ieteikumus atbildīgām Latvijas institūcijām par vides stāvokļa uzlabošanu; 7. Sagatavot ieteikumus par Vides aizsardzības kursa pilnveidošanu; 8. Izstrādāt un iesniegt noslēguma eseju. | | |
| ***Prasības kredītpunktu iegūšanai*** | | |
| Lekciju un semināru apmeklējums vismaz 80%.  Gala vērtējumu veido:  Starppārbaudījumi:   1. Semināru ieskaite vai eseja - 25% 2. Patstāvīgais uzdevums vai starp pārbaudījums - 25%   Noslēguma eksāmens rakstisks:  Vides aizsardzība - 50%  Patstāvīgais uzdevums vai eseja: tiek realizēta atkarībā no studiju programmai nepieciešamo kompetenču papildināšanas, saistībā ar vides aizsardzību, un pēc izvēlētas un saskaņotas tēmas ar kursa docētāju. | | |
| ***Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji*** |  | |
| Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr.141, Nr. 51 Nr.240 un LU Senāta 29.06.2015. lēmumu Nr. 211, vadoties pēc šādiem kritērijiem: iegūto zināšanu apjoms un kvalitāte; iegūtās prasmes; iegūtā kompetence atbilstīgi plānotajiem studiju rezultātiem.  ***Studiju rezultātu vērtēšana***   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Pārbaudījumu veidi | Studiju rezultāti | | | | | | | | | | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10 | | 1. Semināru ieskaite vai eseja | X | X |  |  | X | X |  |  | X | X | | 1. Patstāvīgais uzdevums vai kontroldarbs |  |  | X | X |  |  | X |  |  | X | | 1. Eksāmens | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| ***Obligāti izmantojamie informācijas avoti*** | | |
| 1. Botkin, D. B., Keller, E. A. Environmental Science: Earth as living planet. 5th ed. J.Wiley: NY, 2004 2. Kļaviņš M., Vides piesārņojums un tā iedarbība. LU Akadēmiskais apgāds. Rīga, 2012. 3. Kļaviņš, M. (ed.)Vides zinātne. LU Akadēmiskais apgāds. Rīga, 2008. 4. Kļaviņš, M., Zaļoksnis, J. (ed.) Vide un ilgtspējīga attīstība. LU Akadēmiskais apgāds. Rīga, 2010. 5. Nikodemus O., Brūmelis G. Dabas aizsardzība. LU Akadēmiskais apgāds. Rīga, 2015 6. Ryden, L., Migula, P., Andersson, M.(ed.). Environmental Science.Baltic University Press: Uppsala, 2003. | | |
| ***Papildu informācijas avoti*** | | |
| 1. Blumberga, A., Blumberga, D., Kļaviņš, M., Rošā, M., Valtere, S. Vides tehnoloģijas. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 2010. 2. Kļaviņš, M, Cimdiņš, P. Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība, LU: Rīga, 2003. 3. Kļaviņš, M., Zaļoksnis, J. Ekotoksikoloģija, Elpa: Rīga, 2005. 4. Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. Beyond the limits. Chelsea Green Publishing Co., Post Mills, USA, 1992. 5. Römpczyk, E. Gribam ilgtspējīgu attīstību. Friedrich-Ebert-Stiftung, Rīga, 2007. 6. Starlings, G. Valsts sektora pārvalde. Valsts administrācijas skola. USIS RIGA, 1999. 7. Zaļoksnis, J. (ed.) Baltijas reģiona ilgtspēja. 1.-10. sējumos. LU, Rīga, 2001. 8. Zaļoksnis, J. (tulk.) Pārsniedzot robežas. LU, Rīga, 1995. 9. Zaļoksnis, J., Kļaviņš, M., Brikše, I., Meijere, S. Vides vadība. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 2011. | | |
| ***Periodika un citi informācijas avoti*** | | |
| 1. European Environment Agency (EEA) https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/eea\_en 2. European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law: https://www.impel.eu/topics/nature-protection/ 3. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte http://www.geo.lu.lv/vides\_izglitiba 4. NVO Zaļā Brīvība mājas lapa http://www.zalabriviba.lv/ 5. United States Environmental Protection Agency https://www.epa.gov/ 6. “Vides fakti” Raidījumu cikls 7. Vides ministrijas mājas lapa http://www.varam.gov.lv/ 8. Zinātniskie žurnāli ar pārstāvētu pētījumu tematiku, kas saistīta ar Vides zinātni: Waste Management; Science of Total Environment; Journal of Cleaner Production; Environmental Economics u.c. | | |
| ***Kursa saturs*** |  | |
| 1. **Vides aizsardzība un vides zinātne.**   Vides problēmas – resursu izsīkšana, bioloģiskās daudzveidības mazināšanās, vides piesārņojums, klimata pārmaiņas. Vides aizsardzība Latvijā, Eiropas Savienībā un pasaulē. Ietekmes uz vidi novērtējums. Vides zinātne un tās attīstības vēsture. Vides zinātnes principi un risināmā pamatproblemātika.   1. **Dabas aizsardzība.**   Dabas aizsardzības vēsture. Bioloģiskās daudzveidības samazināšanās pasaulē un Latvijā: cēloņi un sekas. Bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas paņēmieni. Īpaši aizsargājamo teritoriju izveidošana. Tirdzniecība ar dažādām sugām – tās ierobežošana. Apvidum neraksturīgu sugu ieviešanas ierobežošana.   1. **Dabas resursi.**   Dabas un vides resursi, to klasifikācija. Zemes dzīļu resursi. Minerālvielas, to meklēšana, novērtēšana un ieguve. Kalnrūpniecības radītais vides piesārņojums. Augsnes, meža un ūdens resursi. Dabas resursu noplicināšana, izsmelšana un pārvaldība.   1. **Vides piesārņojums.**   Atmosfēras piesārņojums, tā avoti un piesārņojuma iedarbība. Gaisa piesārņotāji. Ūdeņu un augsnes piesārņojums. Piesārņojošās vielas tautsaimniecībā un sadzīvē. Piesārņojošo vielu un faktoru iedarbība uz cilvēku un ekosistēmām. Vides kvalitātes normatīvi.   1. **Klimata pārmaiņas**   Zemes klimats un tā mainības raksturs. Cilvēka darbības izraisītās klimata pārmaiņas. Siltumnīcefektu izraisošās gāzes. Starptautiskie tiesību akti klimata pārmaiņu mazināšanai. Klimata politika. Klimata tehnoloģijas.   1. **Ilgtspējīga attīstība.**   Ilgtspējīgas attīstības morālie un ētiskie principi. Ilgtspējīga attīstība kā postmodernās kultūras būtiska sastāvdaļa. Rīcības programma 21. gadsimtam.  Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija „Latvija – 2030”. Izglītība ilgtspējīgai attīstībai.   1. **Seminārs.**   Seminārs par nozīmīgām vides problēmām un to cēloņiem. Kādas cilvēku darbības radījušas ietekmi uz vidi un kāds ir šo ietekmju apmērs. Kādas rīcības var novērts jaunu problēmu rašanos un esošo problēmu novēršanu.   1. **Vides veselība.**   Piesārņojošo vielu un faktoru iedarbība uz cilvēku un ekosistēmām. Toksiskās iedarbības veidi. Gaisu un ūdeni piesārņojošo vielu iedarbība. Vidi piesārņojošo vielu un faktoru iedarbība uz nervu sistēmu, uz iekšējo orgānu darbību, uz imūnsistēmu un endokrīno sistēmu. Vidi piesārņojošo vielu kancerogēnā iedarbība. Radioaktīvais starojuma iedarbība. Trokšņa ietekme uz cilvēku. | | |