**DAUGAVPILS UNIVERSITĀTES**

**STUDIJU KURSA APRAKSTS**

|  |  |
| --- | --- |
| Studiju kursa nosaukums | Cietvielu fizikas eksperimentālās metodes |
| Studiju kursa kods (DUIS) | Fizi D048 |
| Zinātnes nozare | Fizika |
| Kursa līmenis | 7 |
| Kredītpunkti | 4 |
| ECTS kredītpunkti | 6 |
| Kopējais kontaktstundu skaits | 32 |
| Lekciju stundu skaits | 16 |
| Semināru stundu skaits | 16 |
| Praktisko darbu stundu skaits | - |
| Laboratorijas darbu stundu skaits | - |
| Studējošā patstāvīgā darba stundu skaits | 128 |
|  | |
| Kursa autors(-i) | |
| Dr.phys., vadošais pētnieks Ēriks Sļedevskis (DU)  Dr.phys., profesors Valfrīds Paškevičs (DU) | |
| Kursa docētājs(-i) | |
| Dr. phys., vadošais pētnieks Ēriks Sļedevskis (DU)  Dr.phys., profesors Valfrīds Paškevičs (DU) | |
| Priekšzināšanas | |
| Kursa apguvei nepieciešamās priekšzināšanas atbilst studiju programmas uzņemšanas nosacījumiem un vispārējām zināšanām, prasmēm un kompetencēm, kas apgūtas iepriekšējā izglītības līmenī. | |
| Studiju kursa anotācija | |
| Kurss ir paredzēts doktora studiju programmas “Cietvielu fizika” studentiem, kā arī ir derīgs līdzīgu doktora studiju programmu doktorantiem. Tas tiek realizēts viena semestra laikā. Kursā detalizēti tiek apskatītas kā tradicionālās, tā arī jaunās eksperimentālās metodes, kas ļauj studējošajiem veikt daudzpusīgus pētījumus un palīdz interpretēt pētījumu rezultātus.  Kursa uzdevumi:   * sniegt teorētiskos un eksperimentālos pamatus par eksperimentālajām metodēm, tādām kā skenējošā un caurejošā starojuma elektronu mikroskopija, skenējošā zonžu un tuneļstrāvas mikroskopija, rentgenstaru un neitronu difrakcija, rentgenabsorbcijas spektroskopija, magnētiskās rezonanses spektroskopija (EPR, NMR); * sniegt teorētiskos un eksperimentālos pamatus par modernajām un aktuālajām materiālu izpētes metodēm; * analizēt metožu kopīgās un atšķirīgās iezīmes un to pielietošanas jomas. | |
| Studiju kursa kalendārais plāns | |
| Studiju kursa struktūra: lekcijas (L) – 16 st., semināri (S) – 16 st., studējošo patstāvīgais darbs (Pd) – 128 st.   1. Difrakcijas teorijas elementi. Rentgenstaru metodes. (L2, S2, Pd16) 2. Elektronu metodes. (L2, S2, Pd16) 3. Neitronu metodes. Pozitronu anihilācijas spektroskopija. (L2, S2, Pd16) 4. Termoanalītiskās metodes (L2, S2, Pd16) 5. Skenējošā zonžu mikroskopija un spekroskopija. (L2, S2, Pd16) 6. Optiskās spektroskopijas metodes. Absorbcija. (L2, S2, Pd16) 7. Magnētisko rezonanšu spektroskopija (EPR, NMR). (L2, S2, Pd16) 8. Citas spektroskopiskās metodes (Mesbauera spektroskopija. Augstu enerģiju jonu kūļa spektroskopija). (L2, S2, Pd16) | |
| Studiju rezultāti | |
| Zināšanas:   1. Gūst izpratni par cietvielu fizikas pamatprincipiem un konceptiem, tostarp kristāla struktūru, režģa simetriju, elektronu un termiskajām īpašībām, spektrālajām metodēm un cietvielu fizikas jomā pielietojamiem eksperimentālajiem instrumentiem. 2. Gūst pamatzināšanas par dažādām eksperimentālām metodēm, piemēram, rentgenstaru difrakciju, skenējošo tuneļa mikroskopiju, atomu spēka mikroskopiju, elektronu mikroskopiju, Ramana spektroskopiju, kodolmagnētisko rezonansi un termiskām mērīšanām.   Prasmes:   1. Spēj veikt eksperimentus, ievērojot laboratorijas drošības protokolus, izmantojot dažādas eksperimentālās metodes, piemēram, XRD, STM, AFM, TEM, SEM. 2. Prot analizēt eksperimentālos datus, interpretēt rezultātus un secināt par materiālu struktūru un īpašībām. 3. Spēj plānot un organizēt eksperimentus, novērtēt eksperimentālos datus. 4. Spēj veikt docētāja darbu bakalaura un maģistra studiju programmās par doto tēmu.   Kompetence:   1. Spēj integrēt teorētiskās zināšanas ar praktiskām prasmēm. 2. Veic patstāvīgu un kritisku iegūto datu analīzi, izdara pētniecībai nozīmīgus secinājumus. 3. Patstāvīgi izvērtē un izvēlas pētījumam atbilstošās metodes. | |
| 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: studiju karsa saturam atbilstošu zinātnisku rakstu analīzi, prezentāciju sagatavošanu, gatavošanos praktiskajiem darbiem un darba rezultātu apkopošanu un prezentēšanu.  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 | |
| STUDIJU REZULTĀTU VĒRTĒŠANAS KRITĒRIJI  Studiju kursa apguve tā noslēgumā tiek vērtēta 10 ballu skalā saskaņā ar Latvijas Republikas normatīvajiem aktiem un atbilstoši ”Nolikumam par studijām Daugavpils Universitātē” (apstiprināts DU Senāta sēdē 17.12.2018., protokols Nr. 15), 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. | | Semināri | + | + |  |  |  | + | + | + |  | | Eksāmens | + | + | + | + | + | + | + | + | + |   Studiju kursa apguves pārbaudes forma – eksāmens  Galīgajā zināšanu vērtējumā eksāmens dod 50% un dalība semināros (prezentācijas)- 50%. Izmantojamās studiju metodes un formas – lekcijas, semināri, konsultācijas, patstāvīgie darbi, prezentācijas, diskusija, argumentācija. | |
| Kursa saturs | |
| **1****.** **Difrakcijas teorijas elementi. Rentgenstaru metodes.** (L2, S2, Pd16) Difraktētā stara amplitūda un intensitāte. Apgrieztais režģis, Brega likums un Ēvalda sfēra. Atomu izkliedes faktors un struktūras faktors, sistemātiskā pavājināšanās un Debaja un Vallera temperatūras faktors. Rentgenstaru avoti, detektori, absorbcijas spektroskopija, radiogrāfija, monokristālu difrakcija, pulveru difrakcija, fāzu identifikācija, kvantitatīva fāzu analīze, indeksu un režģa parametru noteikšana. Rentgenstaru topogrāfija.  **2. Elektronu metodes.** (L2, S2, Pd16) Elektronu difrakcijas īpatnības, novirzes (deviācijas) parametrs, caurejošo elektronu mikroskopija (TEM), attēla veidošanās TEM un difrakcija. Kikuči līnijas. Divstaru kinemātiskās un dinamiskās teorijas pamatvienādojumi; šūpošanās (rocking) līkne; dislokāciju un citu kristāla defektu attēli; augstas izšķiršanas elektronu mikroskopija. Skenējoša elektronmikroskopa darbības princips un attēlu modas; analītiskā elektronu mikroskopija; elektronu enerģijas zudumu spektroskopija.  **3. Neitronu metodes. Pozitronu anihilācijas spektroskopija**. (L2, S2, Pd16)  Neitronu avoti un detektori; absorbcija; kodolu izkliede, magnētiskā izkliede; neitronu difrakcijas pamatīpašības; lidojuma laika (time –of-flight) metode; struktūranalīzes pielietojums; Rietvelda uzlabojums; ūdeņraža atomu lokācija; atlikušie (residual) spraigumi; neitronu neelastiskā izkliede un tās pielietošana.  Pozitronu avoti; pozitronu anihilācija; pozitronijs; pozitrons cietā vielā; mērīšanas metodes; leņķiskā korelācija; dzīves laiks, Doplera paplašināšanās; mērīšanas aparatūra; pielietošana; fermioloģija; pozitronu saķeršana kristāla defektos; pozitronu emisijas tomogrāfija.  **4. Termoanalitiskas metodes** (L2, S2, Pd16)  Kalorimetrija. Zemu temperatūru kalorimetrija; īpatnējā siltuma mērījumi pie zemām temperatūrām; elementārie ierosinājumi; kritiskie parametri; fāzu pārejas; zemu temperatūru mērīšanas metodes; instrumenti. Augsto temperatūru kolorimetrija; Diferenciālā termiskā analīze (DTA) un termogravimetrija (TG); klasiskajā DTA; Boersma DTA; Diferenciālā skenējoša kalorimetrija (DSC); Termomagnētiskā analīze (TMA); fāzu pārejas; kinemātiskie pētījumi.  **5. Skenējošā zonžu mikroskopija un spekroskopija** (L2, S2, Pd16) Skenējošās tuneļmikroskopijas (STM) teorētiskie pamati; viendimensiju elastīgā tunelēšana, attēlu iegūšana un spektroskopija; STM uzbūve un aprīkojums; darbības pamati; pielietojums; metāli un pusvadītāji, slāņainie (kārtainie) materiāli.; Skenējošais atomspēka mikroskops (AFM), uzbūve un aprīkojums; darbības pamati; pielietojums. Attēla iegūšana kontakta, bezkontakta un daļējā kontakta (tapping mode) režīmā. Skenējošo mikroskopu pielietojumi.  **6. Optiskās spektroskopijas metodes** (L2, S2, Pd16)  Absorbcijas spektroskopija. Svārstību spektroskopija. Infrasarkanā absorbcija. Furjē spektroskopija. Ramana izkliede, principi, realizācija. Fluorescences spektroskopija. Luminiscence, luminiscences ierosmes spektri. Kvantu efektivitāte, CIE indeksi. Polarizācija, divfotonu un nelineārie procesi. Optiskie spektrometri, starojuma avoti un detektori. Laikā isķirtās absorbcijas un luminiscences metodes. Luminiscences kinētika.  **7. Magnētiskās rezonanses spektroskopija** (L2, S2, Pd16)  Elektronu paramagnētiskā rezonanse (EPR), tās fizikālie pamati; paramagnētiskā relaksācija; sīkā un hiperstruktūras; līniju forma; mērīšanas metodes; pielietojumi: jonu kristālos, stiklos, metālos pusvadītājos, ķīmijā; dubultrezonanse; akustiskā paramagnētiskā rezonanse.  Kodolu magnētiskās rezonanses spektroskopija (NMR). Leņķiskā momenta klasiskā un kvantu īpašības; rotējošas koordinātu sistēmas transformācija. Bloha vienādojums; spina-spina un spina režģa relaksācija; eksperimentālas metodes: nepārtraukta (continius) viļņa metode; Furje metode; Impulsu NMR metode relaksācijas laiku mērīšanai un spinu atbalss metode; pielietojumi cietvielu fizikā un ķīmijā. Naita nobīde; Koringa sakarība; ķīmiskā nobīde; NMR tomogrāfija.  **8. Citas spektroskopiskās metodes (Mesbauera spektroskopija, Augstu enerģiju jonu kūļa spektroskopija u.c)** (L2, S2, Pd16)  Rezonanses absorbcijas fizikālie pamati, atdeves enerģijas zudumi; Doplera paplašināšanās, bezatdeves emisija; Mesbauera un Lemba reizinātājs, eksperimenta iekārta, avoti un detektori, Doplera ātruma dzinējs (drive), mērīšanas iespējas; sīkstruktūras iedarbības: izomera nobīde, kvadrupola sašķelšanās, magnētiskā sīkstruktūra; relativitātes efekti; pielietojums cietvielu fizikā.  Augstu enerģiju jonu kūļa metožu kopējais raksturojums; Rezerforda atpakaļizkliede (RBS); kinemātikas reizinātājs un masu izšķiršanas spēja; elastiskās izkliedes šķērsgriezums; enerģijas zudumi cietās vielās; pielietojumi: parauga sastāvs un stehiometrija; biezuma mērījumi; dziļuma profilēšana; smago jonu atpakaļizkliede; ne Rezerforda atpakaļizkliede. Kanalēšana: kanalēšanas iekārta; kristālu novietojums, defektu analīzes metodes; virsmas relaksācija. Elastiskās atdeves detektēšana (ERD): ERD principi, eksperimentālā iekārta, pielietojumi. Protonu inducētā rentgenstaru izkliede (PIXE). Lādētu daļiņu aktivācijas analīze.  Semināru tēmas:  1. Difrakcijas teorijas elementi. Rentgenstaru metodes 2. Elektronu metodes 3. Neitronu metodes. Pozitronu anihilācijas spektroskopija 4. Termodinamikas metodes 5. Skenējošā zonžu mikroskopija un spektroskopija 6. Optiskās spektroskopijas metodes 7. Magnētisko rezonanšu spektroskopija  8. Mesbauera spektroskopija. Augstu enerģiju jonu kūļa spektroskopija  Studējošo patstāvīgais darbs:  Zinātniskās literatūras studēšana, prezentāciju gatavošana.  Studējošo patstāvīgais darbs - 128 akad. st.: studējošie patstāvīgi iepazīšanās ar teoriju, kas atbilst konkrētam laboratorijas darbam vai semināram, tēmai atbilstošas zinātniskās literatūras studēšana. | |
| Obligāti izmantojamie informācijas avoti | |
| 1. Hawkes, P. W., Spence, J. C.H. Springer Handbook of Microscopy. Springer Handbooks, 2019 2. Smith, Ewen. Modern Raman spectroscopy : a practical approach / Ewen Smith, Geoffrey Dent. - Second edition. - Hoboken, NJ : Wiley, [2019] 3. Larkin, Peter J. Infrared and raman spectroscopy : principles and spectral interpretation. Elsevier , 2011 4. Kaufmann, E.N. Characterization of Materials. Vol.2 John Wiley & Sons, Incorporated, 2012 5. Busch, G., Schade, H. Lectures on Solid State Physics. Elsevier,2013, 554 pp. 6. Campbell, B., Justin Peatross, J. PDF. Experimental Methods in Physics, Brigham Young Univ., 2012, 104 pp. 7. . 8. Pergament, M.I. Methods of Experimental Physics. CRC press, 2014, 362 pp. 9. Truell, R., Elbaum, C., Chick, B.B. Ultrasonic Methods in Solid State Physics. Acad. Press, 2013, 478 pp. | |
| Papildus informācijas avoti | |
| Bell, D.C. Energy Dispersive X-ray Analysis in the Electron Microscope. Routledge; 1 edition, 2003Chaikin, P.M., Lubensky, T.C. Principles of Condensed Matter Physics. Cambridge UP, 2000, 699 pp.  1. Ashcroft, N. W., Mermin, N. D. Solid state Physics, Holt, Rinehart&Winston, 1976  .Kittel, Ch. Introduction to Solid State Physics, 8th Edition, Wiley&Sons, NY, 2005Schrader, B., (ed.), Infrared and Raman spectroscopy: methods and applications, Hoboken, John Wiley & Sons, 2008.Ziman, J.M. Principles of the Theory of Solids, 2nd Edition. Cambridge Univ. Press, 1979 Nye, J.F. Physical Properties of Crystals, Oxford Univ. Press, 1985, 352 pp   1. Stoneham, A.M. Theory Of Defects In Solids, Oxford Univ. Press, 1985 2. Blakemore, J. S. Solid state Physics, Cambridge Univ. Press, 1985 | |
| Periodika un citi informācijas avoti | |
| 1. http://www.iop.com  2. http://ocw.mit.edu/index.htm  3. Žurnāls Nature methods. (www.nature.com/naturemethods) | |
| Piezīmes | |
| Doktora studiju programmas “Cietvielu fizika” A daļas studiju kurss.  Kurss tiek docēts latviešu vai angļu valodā.  Atsevišķi eksperimentālās fizikas jautājumi tiek aplūkoti arī citu kursu ietvaros atkarībā no promocijas darba tematikas. Plašu un kvalitatīvu informāciju par atsevišķām kursa tēmām var iegūt tīmeklī. | |