

DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO PROGRAMA

Dalyko pavadinimas	Mokslų kryptis (šaka) kodas	Institutas	Padalinys
Kvantiniai puslaidininkiniai dariniai	Fizika 02P	Fizinių ir technologinių mokslų centras	Puslaidininkinių fizikos institutas
Studijų būdas	Kreditų skaičius (ECTS)	Studijų būdas	Kreditų skaičius (ECTS)
Paskaitos	3	Konsultacijos	3
Individualus	3	Seminarai	
Dalyko anotacija			
<p>Kurso tikslas – supažindinti su šiuolaikinės nano- ir opto-elektronikos aktyviųjų elementų veikimo fizikiniais pagrindais, pateikti dvimačių ir vienmačių elektronų bei kvantinių taškų fizikos pagrindinių pasiekimų apžvalgą.</p> <p>Detalus elektronų spektro ypatumų dimensinio kvantavimo struktūrose nagrinėjimas ir praktinis atitinkamų uždavinių sprendimas suteikia kvantinių struktūrų teorinės analizės įgūdžius. Dvimačių ir vienmačių elektronų kinetinių, optinių, elektrinių ir magnetinių reiškinių studijos paruošia studentus savarankiškam moksliniam darbui šiuolaikinėse kietųjų kūrų fizikos, medžiagotyros ir kondensuotų aplinkų fizikos laboratorijose.</p> <p>Kursas nagrinėja dvimačių bei vienmačių elektronų bei sintetinių atomų (kvantinių taškų) fizikines savybes. Apžvelgiami 2D, 1D, 0D darinių fizikos, technologijos ir inžinerijos pasiekimai. Nagrinėjami kvantiniai puslaidininkiniai bei metaliniai nanodariniai – kvantinės duobės, heterosandūros, supergirdelės, kvantinės gijos, kvantiniai taškai, nanogranulės, kvantiniai kontaktai. Pagrindinės kurso temos: kvantinės duobės, rezonansinis tuneliavimas, inversiniai sluoksniai ir heterosandūros, kvantinis Hall'o efektas, Wigner'io kristalizacija, supergirdelės, Bloch'o oscilacijos, kvantinės vielos, balistinio laidumo kvantavimas, kvantiniai taškai, kuloninė blokada, dvimačių elektronų kinetika.</p> <p>Kursą sudaro paskaitos ir pratybos (uždavinių sprendimas). Paskaitos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Įvadas – dimensinis kvantavimas. Be galo gili potencinė duobė. Dimensinio kvantavimo efektų apžvalga. Baigtinė kvantinė duobė. 2. Kvantinės duobės. Juostų trūkiai. Efektinės masės trūkiai. Išilginė efektinė masė. Gaubiamosios funkcijos metodas. Kane'o modelis. Luttinger'io hamiltonianas. 2D skylės. 3. Ultrasiauros kvantinės duobės. Elektronų būsenos virš kvantinės duobės, virtualūs lygmenys. Juostinės struktūros inžinerija. 4. Dvimačiai elektronai. Būsenų tankis. 2DE dujos. Boltzmann'o ir Fermi 2DE dujos. Ekranavimas. Dielektrinė funkcija. Wigner'io kristalizacija. 5. Kuloninės priemonės. Eksitonai. Bieksitonai ir trionai. 6. Optiniai 2D elektronų šuoliai. Perėjimų tikimybė. Sugerties koeficientas. Tarpjuostiniai optiniai šuoliai. Eksitoninė sugertis. Tarpjuostiniai šuoliai. Kvantinis kaskadinis lazeris. 7. Heterosandūros. MOS dariniai. Žemų 2DE koncentracijų riba. Trikampė duobė. Inversinis sluoksnis. Fang'o – Howard'o banginė funkcija. 8. Heterosandūros. Atvaizdo potencialas. 2D elektronai greta skystojo He paviršiaus. GaAs-AlGaAs heterosandūros. Selektyvus legiravimas. Potencialo balansas. \square-legiravimas. Pjūklinė supergirdelė. 9. 2D elektronai elektriniame ir magnetiniame laukuose. Stark'o efektas. Šaltoji jonizacija. Landau lygmenys. Hall'o efektas. Kvantinis Hall'o efektas. Sukryžiuoti E ir B laukai. Hall'o plato problema. Trupmeninis Hall'o efektas. 10. Rezonansinis tuneliavimas. Pernašos matricos metodas. Dvigubas barjeras. Fotonais 			

stimuluotas tuneliavimas.

11. Supergardelės. Energijos spektras: pernašos matricos ir stipraus ryšio metodai. Dviguba kvantinė duobė.

12. Supergardelės. Bloch'o osciliacijos. Stark'o kopėtelės. Eksperimentiniai Bloch'o osciliacijų stebėjimai. *n-i-p-i* kristalai. Fotoefektas. Potencinio profilio ekranavimas.

13. Kinetika. 2D elektronų sklaida jonizuotomis priemaišomis. 2DE-fononinė sąveika. Sklaida akustiniais fononais ir jos ribojamas 2DE judrumas. PO sklaida.

14. Kvantinės vielos. Formavimas tiesioginiu ėsdinimu. In situ auginimas. 1D elektronai. Būsenų tankis. Parabolinės ir cilindrinės kvantinės vielos. Balistinio laidumo kvantavimas. Balistinės varžos. Kvantiniai taškiniai kontaktai. Anglies nanovamzdeliai.

15. Kvantiniai taškai. Formavimo metodai. Stranski – Krastanow'o taškai. Paraboliniai kvantiniai taškai. FIR spektroskopija. Kuloninė blokada. Vienielektronis tranzistorius.

Pagrindinė literatūra.

1. C. Weisbuch and B. Vinter, *Quantum Semiconductor Structures* (Academic Press, 1991)
2. G. Bastard, *Wave Mechanics Applied to Semiconductor Heterostructures* (Les Ulis, 1988)
3. J. H. Davies, *The Physics of Low-Dimensional Semiconductors* (Cambridge University Press, 1998)
4. M. J. Kelly, *Low-Dimensional Semiconductors* (Oxford University Press, 1995)
5. P. Harrison, *Quantum Wells, Wires and Dots* (Wiley, 2005)
6. V. Karpus, *Dvimačiai elektronai* (Ciklonas, 2004)

Konsultuojančiųjų dėstytojų vardas, pavardė	mokslo laipsnis	pedag. vardas	Svarbiausieji darbai mokslo kryptyje (šakoje) paskelbti per pastaruosius 5 metus
Vytautas Karpus	dr.		<ol style="list-style-type: none">1. R. Nedzinskas, B. Čechavičius, V. Karpus, J. Kavaliauskas, G. Valušis, L. H. Li, S. P. Khanna, E. H. Linfield, Photorefectance and photoluminescence studies of epitaxial InGaAs quantum rods grown with As₂ and As₄ sources, <i>J. Appl. Phys</i> 109, 123526 (2011).2. R. Nedzinskas, B. Čechavičius, J. Kavaliauskas, V. Karpus, G. Valušis, L. H. Li, S. P. Khanna, E. H. Linfield, Polarized photorefectance and photoluminescence spectroscopy of epitaxial InGaAs/GaAs quantum rods grown with As₂ and As₄ sources, <i>Nanoscale Research Letters</i> 7, 609 (2012).3. R. Nedzinskas, V. Karpus, B. Čechavičius, J. Kavaliauskas, G. Valušis, Electron energy spectrum in cylindrical quantum dots and rods: Approximation of separation of variables, <i>Phys. Scr.</i> 90, 065801–1-9 (2015).

Patvirtinta Fizikos mokslų krypties doktorantūros komitete 2017 m. vasario mėn. 21 d.,
protokolo Nr. 108

Komiteto pirmininkas S. Juršėnas