

Vilniaus universiteto studijų programų
 rengimo, vykdymo ir tobulinimo tvarkos
 aprašo priedas

(Vilniaus universiteto studijų dalyko (modulio) aprašo tipinė forma lietuvių kalba)



STUDIJŲ DALYKO (MODULIO) APRAŠAS

Dalyko (modulio) pavadinimas	Kodas
Kvantinės technologijos	

Dėstytojas / a (-ai)	Padalinys (-iai)
Koordinuojantis: Prof. Dr. Mantas Šimėnas Kiti: dr. Tadas Paulauskas dr. Lukas Razinkovas Prof. Dr. Egidijus Anisimovas	Fizikos fakultetas

Studijų pakopa	Dalyko (modulio) tipas
Pirmoji	Pasirenkamas

Igyvendinimo forma	Vykdymo laikotarpis	Vykdymo kalba (-os)
Auditorinė	6 semestras	Lietuvių

Reikalavimai studijuojančiajam	
Išankstiniai reikalavimai: Kvantinė mechanika ar ekvivalentus dalykas	Gretutiniai reikalavimai (jei yra):

Dalyko (modulio) apimtis kreditais	Visas studento darbo krūvis	Kontaktinio darbo valandos	Savarankiško darbo valandos
5	132	52	80

Dalyko (modulio) tikslas		
Tikslas - suteikti aiškius kvantinių technologijų pagrindus, daug dėmesio skiriant fizikinių konceptų supratimui bei realių kvantinių technologijų analizei. Studentai susipažins kaip kvantiniai reiškiniai yra panaudojami jutikliuose, ryšio ir informacijos apdorojimo technologijose, sudėtingų fizikinių sistemų simuliacijose.		
Dalyko (modulio) studijų rezultatai	Studijų metodai	Vertinimo metodai
Susipažinimas su kvantinėmis technologijomis ir jų taikymu	Paskaitos, seminarai, laboratoriniai	Seminarai, laboratoriniai darbai.

	darbai, savarankiškas darbas.	Dalyko pabaigoje - egzaminas (testas) raštu.
Susipažinimas su kvantinių technologijų tyrimų eksperimentiniais ir teoriniais įrankiais		
Kvantinės mechanikos žinių gilinimas ir įtvirtinimas		

Temos	Kontaktinio darbo valandos						Savarankiškų studijų laikas ir užduotys		
	P a s k a i t o s	K o n s u l t a c i j o s	S e m i n a r a i	P r a t y b o s	L a b o r a t o r i n i a i d a r b a i	P r a k t i k a	V i s k o n t a k t i n i s d a r b a s	S a v a r a n k i š k i s d a r b a s	Savarankiškai atliekamos užduotys
1. Įžanga į kvantines technologijas. Pagrindiniai kvantinių technologijų ramsčiai: kvantinė kompiuterija, ryšiai, jutikliai ir simuliacijos. Kvantinių technologijų raida pasaulyje ir Lietuvoje. Kvantinės informacijos pagrindai: bitas prieš kubitą, superpozicijos principas ir matavimas. Blocho sferos vizualizacija. Kvantinis supynimas, koreliacijos ir dekoherencija.	2						2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
2. Matematiniai įrankiai ir įvadas į kvantinės informacijos apdorojimą. Kvantinių būsenų matematinis aprašymas: Hilberto erdvės ir operatorių samprata. Dviejų lygių sistemos, Pauli matricos ir Blocho vektorius. Sudėtinės kvantinės sistemos. Kvantiniai loginiai vartai ir skaičiavimų universalumas. Pagrindiniai kvantinės informacijos apdorojimo ribojimai. Kvantinių klaidų prigimtis ir jų taisymo principai.	2						2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
3. Kvantinės komunikacijos pagrindai.	2						2	5	Literatūros skaitymas;

Fotonas kaip informacijos nešėjas: poliarizacija, kelio ir faziniai laisvės laipsniai. Kvantinio raktų paskirstymo (QKD) veikimo principai ir BB84 protokolai. Šviesos šaltinių statistika: silpninti lazeriai ir vienofoniniai šaltiniai. Vieno fotono detektorių veikimo principai ir pagrindiniai parametrai. Šviesolaidiniai bei laisvos erdvės kvantiniai ryšiai ir taikymai.								Pasiruošimas seminarams;	
4. QKD praktikoje ir pažangios temos. Praktiniai QKD įgyvendinimo žingsniai: signalų siojimas, klaidų taisymas ir privatumo stiprinimas. Realių sistemų iššūkiai: sinchronizacija, nuostoliai ir raktų generavimo sparta. Saugumas ir atakos: šoniniai kanalai ir apsaugos metodai. Pažangios koncepcijos: interferometriniai QKD protokolai, kvantiniai ryšio kartotuvai. Hibridinės sistemos ir sąsajos tarp fotoninių ir kieto kūno sukinių kubitų.	2		2		8		12	7	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams; Laboratorinių darbų duomenų analizė ir aprašo parengimas;
5. Taškinio defektų samprata ir klasifikacija. Taškinio defekto samprata ir klasifikacija. Seklieji ir gilieji defektai: fizikiniai skirtumai. Termodinaminiai defektų formavimosi aspektai. Gilieji defektai kaip lokalizuotos elektroninės ir sukininės būsenos kristale. Minimalus kvantinis modelis. Vieno nesuporuoto elektrono ir dviejų orbitalių modelis. Elektroniniai lygmenys ir optiniai perėjimai. Elektronų-fononų sąveika ir spektrinių linijų struktūra. Sukinys ir sąveika su išoriniais magnetiniais laukais.	2						2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
6. Elektroninė ir sukininė giliųjų defektų struktūra. Daugiaelektroninis defekto aprašymas. Molekulinių orbitalių (cheminis) modelis kristale. Spinduliniai ir nespinduliniai perėjimai: simetrijų svarba ir atrankos taisyklės. Elektroninės ir sukininės struktūros pavyzdžiai realiose sistemose. g -tenzorius. Defekto sukininis aprašymas.	2						2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;

Sukinio-sukinio sąveika ir nulinio lauko sukininis suskilimas (zero field splitting). Sukinio-orbitos sąveika. Hipersmulkioji sąveika su branduoliais.									
7. Deimanto NV centras kaip kvantinė sistema. NV centro geometrinė, elektroninė ir sukininė struktūra. Inter-system crossing (ISC) mechanizmas. Optinė sukinio poliarizacija. Optiškai detektuojamas magnetinis rezonansas (ODMR). NV centro taikymai kvantinėms technologijoms (jutikliai, kvantinės informacijos apdorojimas).	2		2				4	8	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
8. Sukinių kubitai. Elektronų ir branduolių sukinų kubitai. Sukinių kubitų relaksacija ir dekoherencija. Dekoherencijos šaltiniai. Sukinių kubitai kietuosiuose kūnuose. Molekuliniai sukinų kubitai.	2						2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
9. Magnetinis rezonansas. Larmoro precesija. Elektronų sukinų rezonansas. Impulsinis elektronų sukinų rezonansas. Sukinių aidas. Rabi osciliacijos. Sukinių kubitų valdymas. Dekoherencijos matavimas. Laikrodiniai šuoliai.	2						2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
10. Superlaidūs mikrorezonatoriai. Superlaidumo reiškinys. mK temperatūra. Mikrobangų rezonatoriai. Sukinių-rezonatoriaus sąveika. Jaynes-Cummings Hamiltonianas. Perselio relaksacija. Kvantinės ribos elektronų sukinų rezonansas. Vieno mikrobangų fotono detektoriai.	2			8			10	6	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams; Laboratorinių darbų duomenų analizė ir aprašo parengimas;
11. Sukinių kvantinė atmintis. Kvantiniai kartotuvai. Hibridinė kvantinių skaičiavimų architektūra. Kvantinės atminties protokolai. Eksperimentinės realizacijos pavyzdžiai.	2		2				4	6	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
12. Ypač šalta kvantinė medžiaga. Lazerinio aušinimo principai, Doplerio ir Sizifo metodai. Aušinimo ribos ir atitransacijos riba. Magnetinio ir magneto-optinio pagavimo metodai. Garinamojo aušinimo metodai nanokelvinų	2						2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;

diapazonui pasiekti. Bose-Einsteino kondensacijos (BEK) virsmo statistinė mechanika. Makroskopinės banginės funkcijos atsiradimas ir savybės.								
13. Optinės gardelės. Periodinių potencialų sukūrimas kintamosios srovės Starko poslinkiu ir lazerių interferencija. Tuneliavimo ir koherentinės delokalizacijos šviesos sukeltose struktūrose fizika. Fazės virsmai optinėse gardelėse: virsmas iš supertakios būsenos į Motto izoliatoriaus būseną. Kinetinės energijos ir dalelių sąveikos balansas.	2					2	5	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
14. Pažangios sritys. Kvantinė inžinerija pasitelkiant išorinį poveikį ir gardelės purtymą. Tuneliavimo amplitudžių dydžio keitimas. Dirbtinių kalibracinių laukų sukūrimas neutraliems atomams, imituojant Lorencio tipo jėgas. Kvantinių simuliacijų perspektyvos: naujų medžiagų savybių modeliavimas ir klasikiniu būdu neskaičiuojamų kvantinių būsenų tyrinėjimas.	2		2			4	8	Literatūros skaitymas; Pasiruošimas seminarams;
Iš viso	2 8		8		1 6	52	80	

Vertinimo strategija	Svoris proc.	Atsiskaitymo laikas	Vertinimo kriterijai
Seminarai	30	Semestro metu	Detalus pranešimas apie pasirinktą kvantinių technologijų temą
Laboratorinių darbų aprašas	30	Semestro metu	Laboratorinių darbų duomenų analizė ir aprašo parengimas
Egzaminas raštu	40	Sesijos metu	Egzaminas (testas) raštu, apimantis visas išdėstytas temas

Autorius (-iai)	Leidimo metai	Pavadinimas	Periodinio leidinio Nr. ar leidinio tomas	Leidykla ar internetinė nuoroda
Privaloma literatūra				
Nielsen, M. A., and I. L. Chuang.	2000	Quantum Computation and Quantum Information		Cambridge University Press
Paulauskas, T., Ruseckas, J.	2023	Kvantinė kompiuterija		www.kvantinekompiuterija.lt

S. Pirandola, U. L. Andersen et al	2020	Advances in Quantum Cryptography	Advances in Optics and Photonics	DOI: 10.1364/AOP.361502
J.J.L. Morton, P. Bertet	2018	Storing quantum information in spins and high-sensitivity ESR	Journal of Magnetic Resonance 287, 128-139	DOI: 10.1016/j.jmr.2017.11.015
P. Windpassinger, K. Sengstock	2013	Engineering novel optical lattices	Reports on Progress in Physics 76, 086401	DOI: 10.1088/0034-4885/76/8/086401
Papildoma literatūra				
V. Balevičius, L. Kimtys, G. Misiūnas	2000	Magnetinio rezonanso spektrometrija		VU leidykla
Fulvio Flamini, Nicolò Spagnolo and Fabio Sciarrino	2018	Photonic quantum information processing: a review	Reports on Progress in Physics	DOI: 10.1088/1361-6633/aad5b2
C. J. Pethick, H. Smith	2008	Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases, 2nd Edition		DOI: 10.1017/CBO9780511802850
J. Dalibard	2013 - 2025	College de France lecture series		https://pro.college-de-france.fr/jean.dalibard/index_en.html