



## STUDIJŲ DALYKO (MODULIO) APRAŠAS

| Dalyko (modulio) pavadinimas | Kodas |
|------------------------------|-------|
| Kvantinių kompiuterių įvadas |       |

| Dėstytojas (-ai)                             | Padalinys (-iai)   |
|----------------------------------------------|--------------------|
| Koordinuojantis: doc. dr. Mindaugas Mačernis | Fizikos fakultetas |

| Studijų pakopa | Dalyko (modulio) tipas |
|----------------|------------------------|
| Pirmoji        | Pasirenkamas           |

| Įgyvendinimo forma | Vykdymo laikotarpis | Vykdymo kalba (-os) |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| Auditorinė         | 6 semestras         | Lietuvių, anglų     |

| Reikalavimai studijuojančiajam                                                                                               |                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Išankstiniai reikalavimai:</b> Studentas turi būti išklaušęs kvantinės mechanikos ir struktūrinio programavimo pagrindus. | <b>Gretutiniai reikalavimai (jei yra):</b> nėra |

| Dalyko (modulio) apimtis kreditais | Visas studento darbo krūvis | Kontaktinio darbo valandos | Savarankiško darbo valandos |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 5                                  | 140                         | 64                         | 76                          |

| Dalyko (modulio) tikslas: studijų programos ugdomos kompetencijos                                                                                             |                                            |                                  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|--|
| Suvokti pagrindinius kvantinio kompiuterio veikimo ir su juo skaičiavimo principus. Gebėti programuoti algoritmus kvantiniam kompiuteriui ir jo simulatoriui. |                                            |                                  |  |
| Dalyko (modulio) studijų siekiniai                                                                                                                            | Studijų metodai                            | Vertinimo metodai                |  |
| Gebės paaiškinti kvantinio kompiuterio ir kvantinės informacijos principus.                                                                                   | Paskaitos, pratybos, savarankiškas darbas. | Savarankiškas darbas, egzaminas. |  |
| Gebės projektuoti ir programuoti nesudėtingus kvantinio kompiuterio programų projektus                                                                        | Paskaitos, pratybos, savarankiškas darbas. | Savarankiškas darbas, egzaminas. |  |
| Studentas gebės pasirinkti optimaliausią kvantinį algoritmo metodiką.                                                                                         | Paskaitos, pratybos, savarankiškas darbas. | Savarankiškas darbas, egzaminas. |  |

| Temos                                                                                                                                                                                                                                                                                | Kontaktinio darbo valandos |               |            |          |                       |          |                          | Savarankiškų studijų laikas ir užduotys |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------|------------|----------|-----------------------|----------|--------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Paskaitos                  | Konsultacijos | Seminariai | Pratybos | Laboratoriniai darbai | Praktika | Visas kontaktinis darbas | Savarankiškas darbas                    | Užduotys              |
| <b>1. Kvantiniai skaičiavimai</b><br>Skaičiavimo modeliai: Tiuringo (Turing) mašina, teorinė kompiuterinė algebra. Kompiuterinių taikymų analizė: kompiuterinis kompleksiskumas, loginiai sprendimų uždaviniai, sudėtingos perteklinės klasės ir pertekliniai skaičiavimai. Kvantinė | 20                         |               |            |          |                       |          |                          | 22                                      | Literatūra, užduotys. |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |  |  |  |           |  |           |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|--|--|-----------|--|-----------|-----------------------|
| mechanika: Šmidto (Schmidt) dekompozija, EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) paradoksas ir Belo (Bell) nelygybė. Kvantinė teorinė kompiuterinė algebra. Kvantiniai algoritmai. Kubitas. Kubito operacija. Universalūs kvantiniai elementai. Kvantinis kompiuterinės algebros modelis. Kvantinių sistemų simuliacija. Kvantinė Furje transformacija. Fazės įvertinimas. Kvantinės Furje transformacijos algoritmai. Kvantinės paieškos algoritmai. Kvantinė paieška kaip kvantinė simuliacija. Kvantinė paieška nestruktūrizuoti duomenų basei. Juodos dėžės algoritmų ribos. |           |  |  |  |           |  |           |                       |
| <b>2. Kvantinių kompiuterių fizinis realizavimas.</b> Kvantinių skaičiavimų sąlygos. Harmoniniais osciliatoriais grįstas kvantinis kompiuteris. Optiniais fotonais grįstas kvantinis kompiuteris. Kvantinė elektrodinamika. Jonų gaudyklės. Branduolinis magnetinis rezonansas. Kitos realizavimo schemos.                                                                                                                                                                                                                                                             | 8         |  |  |  |           |  | 10        | Literatūra, užduotys. |
| <b>3. Kvantinės informacijos įvadas.</b> Kvantinis triukšmas ir kvantinės operacijos. Kvantinis triukšmo ir kvantinių operacijų pavyzdžiai. Kvantinių operacijų formalizmo ribos. Atstumas ir kvantinė informacija. Klaidoms palankus kvantinis skaičiavimas. Kvantinis informacijos perdavimas per triukšmingus kvantinius kanalus. Kvantinis supainiojimas (entanglement). Kvantinė kriptografija. Kvantinių raktų perdavimas ir saugumas.                                                                                                                           | 4         |  |  |  |           |  | 6         | Literatūra, užduotys. |
| <b>4. Kvantinis kompiuteris, skaičiavimai, kvantinio kompiuterio simulatoriai</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |  |  |  | 16        |  | 18        | Literatūra, užduotys. |
| <b>5. Kvantinis kompiuteris ir skaičiavimai</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |  |  |  | 14        |  | 16        | Literatūra, užduotys. |
| <b>6. Kvantinės informacijos įvadas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |  |  |  | 2         |  | 4         | Literatūra, užduotys. |
| <b>Iš viso</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>32</b> |  |  |  | <b>32</b> |  | <b>76</b> |                       |

| Vertinimo strategija | Svoris proc. | Atsiskaitymo laikas    | Vertinimo kriterijai                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------|--------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Savarankiškas darbas | 70           | 1–16 semestro savaitės | Pratybų metu atliekamos pavyzdinės užduotys, išsiaiškinamos jų programinio įgyvendinimo galimybės. Studentai privalo atlikti ir atsiskaityti 80% pratybų, laboratorinių ir savarankiškų užduočių. Rašomas vienas kontrolinis darbas (K1) ir vienas referatas (K2). |
| Egzaminas            | 30           | 16-a semestro savaitė  | Egzaminas: atsakymai į klausimus raštu ir žodžiu. Egzamino metu pateikiami 2 klausimai (K3).<br><br>Gautinis įvertinimas:<br>$P = 0,35 K1 + 0,35K2 + 0.3 K3$ .                                                                                                     |

| Autorius                                        | Leidimo metai | Pavadinimas                                                                                       | Periodinio leidinio Nr. ar leidinio tomas | Leidimo vieta ir leidykla ar internetinė nuoroda |
|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Privaloma literatūra</b>                     |               |                                                                                                   |                                           |                                                  |
| Radhika Vathsan                                 | 2015          | Introduction to Quantum Physics and Information Processing                                        |                                           | CRC Press                                        |
| Michael A. Nielsen, Issac L. Chuang             | 2011          | Quantum Computation and Quantum Information                                                       |                                           | Cambridge University Press                       |
| Ved Prakash Gupta, Prabha Mandayam, V.S. Sunder | 2015          | The Functional Analysis of Quantum Information Theory: A Collection of Notes Based on Lectures    |                                           | Springer                                         |
| <b>Papildoma literatūra</b>                     |               |                                                                                                   |                                           |                                                  |
| Hans Delfs, Helmut Knebl.                       | 2015          | Introduction to Cryptography: Principles and Applications (Information Security and Cryptography) |                                           | Springer                                         |
| Song Y. Yan                                     | 2013          | Quantum Attacks on Public-Key Cryptosystems                                                       |                                           | Springer                                         |