Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра комп’ютерних систем та технологій

“**ЗАТВЕРДЖУЮ**”

Проректор з науково-педагогічної роботи

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Запорожченко О.В.

“\_\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**СПЕЦКУРС № 4**

**ОСНОВИ КВАНТОВОЇ ІНФОРМАТИКИ**

Рівень вищої освіти \_ другий (освітньо-науковий) рівень – магістр\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Спеціальність \_123 – комп’ютерна інженерія\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(код і назва спеціальності (тей)

Інститут/факультет \_\_\_ математики, фізики, та інформаційних технологій\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(назва інституту, факультету)

2020 – 2021

Робоча програма складена на основі навчальної програми з дисципліни «Основи квантової інформатики».

Розробники:кандидат фізико-математичних наук Коренкова Г.В..

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп’ютерних систем та технологій

Протокол № 1 від. “28”серпня 2020 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ проф. Гунченко Ю.О.

(підпис)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК)\_ ФМФІТ

Протокол № \_\_\_ від. “\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ р.

Голова НМК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

(підпис) (прізвище та ініціали)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Протокол № \_\_\_ від. “\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

(підпис) (прізвище та ініціали)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Протокол № \_\_\_ від. “\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

(підпис) (прізвище та ініціали)

# **Опис навчальної дисципліни**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни | |
| ***денна форма навчання*** | ***заочна форма навчання*** |
| Загальна кількість: кредитів – 3  годин –90  ІНДЗ\* - | Галузь знань  12– інформаційні технології  (шифр і назва)  Спеціальність  123 – комп’ютерна інженерія  (код і назва)  Спеціалізації:  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (назва)  Рівень вищої освіти:  магістр | за вибором (студента) | |
| ***Рік підготовки:*** | |
| 2 | -й |
| ***Семестр*** | |
| 3 | -й |
| ***Лекції*** | |
| 12 год. | год. |
| ***Практичні, семінарські*** | |
| 12 год. | год. |
| ***Лабораторні*** | |
| год. | год. |
| ***Самостійна робота*** | |
| 66 год. | год. |
| у т.ч. ІНДЗ\*: - год. | |
| Форма підсумкового контролю:  *іспит* | |

\* – за наявності

1. **Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета** отримання базових теоретичних знань в галузі квантової інформатики та розуміння закономірностей передачі, зберігання і перетворення інформації в мікро- і наносистемах, що підкоряються законам квантової механіки.

**Завдання** Вивчення основних фізичних принципів функціонування пристроїв квантової інформатики – квантових комп’ютерів та пристроїв квантової комунікації.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

а) загальних (ЗК):

ЗК3. Здатність вчитись і оволодіти сучасними знаннями

ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення, аналізу та синтезу інформації.

б) фахових (ФК):

ФК1. Здатність використовувати математичний апарат під час розв’язання прикладних і наукових завдань в галузі комп’ютерної інженерії

ФК9. Здатність виконувати дослідження, проектування, діагностику та оптимізацію комп’ютерних систем різноманітного призначення, досліджувати та аналізувати системи і вузли з нетрадиційними принципами побудови.

**Очікувані результати навчання.**У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

*знати:*

* фізичні основи і принципи функціонування квантових комп'ютерів і пристроїв безпечної передачі інформації по квантовим каналах;
* відмінності між класичними та квантовими розрахунками;
* основні моделі квантових комп’ютерів та підходи для їх реалізації

*вміти***:**

* застосовувати базові науково-теоретичні знання для вирішення теоретичних і практичних завдань;
* пояснювати з математичної точки зору такі явища квантової механіки, як телепортація, заплутаність станів, квантова передача коду.

**Програмні результати навчання:**

* РН2. Уміння обробляти отримані результати, аналізувати, осмислювати та подавати їх, обґрунтовувати запропоновані рішення на сучасному науково-технічному рівні
* РН5. Розробка нових математичних методів, ефективних алгоритмів і методів реалізації функцій комп’ютерних систем та мереж
* РН10. Уміння формалізувати і представляти знання, реалізовувати інтелектуальні алгоритми для розв’язання інтелектуальних задач

1. **Зміст навчальної дисципліни**

**Розділ 1. Вступ до квантової механіки.**

Тема 1*.* *Експериментальні основи квантової механіки. Хвильова функція.* Частинки і хвилі в класичній фізиці. Статистичний зміст хвильової функції. Принцип суперпозиції. Співвідношення невизначеності.

Тема 2. *Атом водню. Квантовий гармонічний осцилятор.* Рівняння Шрьодінгера. Рівняння Шрьодінгера для атому водню. Квантовий гармонічний осцилятор.

Тема 3. *p-n перехід та напівпровідниковий транзистор. Фізична реалізація бітів та логічних операторів в класичному комп’ютері*. Електрони і дірки в напівпровідниках. Принцип роботи p-n переходу та напівпровідникового транзистору. Реалізація логічних операцій за допомогою напівпровідникових транзисторів.

**Розділ 2. Квантові розрахунки**

Тема 4. *Основні об’єкти квантової інформації.* Кубіти. Однокубітні та багатокубітні елементи. Особливості операторів, що здійснюють перетворення станів кубітів і обмеження квантових маніпуляцій. Квантові алгоритми.

Тема 5. *Квантові комп’ютери*. Гармонічний осцилятор, як модель квантового комп’ютера. Квантовий комп’ютер на оптичних фотонах. ЯМР. Сучасний стан реалізації квантових комп’ютерів.

**4. Структура навчальної дисципліни**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назви тем | Кількість годин | | | | | | | | | |
| Денна форма | | | | | Заочна форма | | | | |
| Усього | у тому числі | | | | Усього | у тому числі | | | |
| л | п/с | лаб | ср |  | л | п/с | лаб | ср |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| **Розділ 1. Вступ до квантової механіки** | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Експериментальні основи квантової механіки. | 2 |  | 2 |  | 12 |  |  |  |  |  |
| Тема 2. Атом водню. Квантовий гармонічний осцилятор. | 2 |  | 2 |  | 12 |  |  |  |  |  |
| Тема 3. p-n перехід та напівпровідниковий транзистор. Фізична реалізація бітів та логічних операторів в класичному комп’ютері. | 2 |  | 2 |  | 12 |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 1 | 6 |  | 6 |  | 36 |  |  |  |  |  |
| **Розділ 2.** **Квантові розрахунки** | | | | | | | | | | |
| Тема 4 Основні об’єкти квантової інформації. | 4 |  | 4 |  | 18 |  |  |  |  |  |
| Тема 5. Квантові комп’ютери. | 2 |  | 2 |  | 12 |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 2 | 6 |  | 6 |  | 30 |  |  |  |  |  |
| Усього годин | 12 |  | 12 |  | 66 |  |  |  |  |  |

\* – за наявності

**6. Теми практичних занять**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва теми | Кількість  годин |
| 1 | Оператори в квантовій фізиці. | 2 |
| 2 | Векторний простір квантових станів. | 2 |
| 3 | Рівняння Шрьодингера | 2 |
| 4 | Спін. Кубіт | 4 |
| 5 | Логічні операції. | 2 |

**7. Теми лабораторних занять**

**8. Самостійна робота**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва теми | Кількість  годин |
| 1 | Експериментальні основи квантової механіки. | 12 |
| 2 | Атом водню. Квантовий гармонічний осцилятор. | 12 |
| 3 | p-n перехід та напівпровідниковий транзистор. Фізична реалізація бітів та логічних операторів в класичному комп’ютері. | 12 |
| 4 | Основні об’єкти квантової інформації. | 18 |
| 5 | Квантові комп’ютери. | 12 |

**9. Індивідуальне навчально-дослідне завдання**

**10. Методи навчання**

Лекції, практичні заняття

**11. Методи контролю**

Поточний контроль та підсумковий контроль

**12. Питання для підсумкового контролю**

**13. Розподіл балів, які отримують студенти**

*Орієнтовний приклад для екзамену*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поточний контроль | | Конторольна робота 1 | Конторольна робота 2 | Підсумковий контроль | Сума балів |
| Розділ 1 | Розділ 2 |
| 10 | 10 | 15 | 15 | 50 | 100 |

**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сума балів за всі види навчальної діяльності | ОцінкаECTS | Оцінка за національною шкалою | |
| для екзамену, курсового проекту (роботи), практики | для заліку |
| 90 – 100 | **А** | відмінно | зараховано |
| 85-89 | **В** | добре |
| 75-84 | **С** |
| 70-74 | **D** | задовільно |
| 60-69 | **Е** |
| 35-59 | **FX** | незадовільно з можливістю повторного складання | не зараховано з можливістю повторного складання |
| 0-34 | **F** | незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни |

**13. Методичне забезпечення**

**14. Рекомендована література**

**Основна**

1. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир. – 2006 – 822с.
2. Емельянов В.И., Владимирова Ю.В. Квантовая физика. Биты и кубиты. – М.: Физический факультет МГУ. – 2012 – 176 с.
3. . Гомонай О.В. Лекції з квантової інформатики: Навчальний посібник. – Вінниця: О. Власюк, 2006.
4. Физика квантовой информации (Квантовая криптография, Квантовая Телепортация, Квант. вычисления). Сб. под редакцией Д.Боумейстера, А.Экерта, А.М. Цайлингера. — М: Постмаркет, - 2002. - 376 с

**Додаткова**

1. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики: Учебник.- М., Наука, 1976.
2. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник.- Львів, Видавництво Львівського університету, 1998.
3. Фон Нейман И. Математические основы квантовой механики, пер. с немецкого.- М., 1964, гл.3.

**15. Електронні інформаційні ресурси**

1. <https://youtu.be/AA-MCqhxt5k>
2. <https://shalaginov.com/2020/07/18/quantum-computing-1/>