

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова
Кафедра теоретичної фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор з науково-педагогічної роботи
О.В.Запорожченко
2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КВАНТОВА ІНФОРМАТИКА

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти другий (освітньо-науковий) рівень – магістри

Галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)

Спеціальності 104 - фізика та астрономія
(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія

Вид дисципліни вибіркова

Факультет математики, фізики, та інформаційних технологій
(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробники програми:

доктор фізико-математичних наук, професор Адамян В.М. , кандидат фізико-математичних наук, доцент Завальнюк В.В.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри експериментальної фізики Протокол № 1 від “31” серпня 2020 року

Завідувач кафедри

_____ (підпис)

Адамян В.М.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від “03” вересня 2020 року

Голова НМК

_____ (підпис)

Ніцук Ю.А.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Квантова інформатика» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки другого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти (магістри). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія».

Освітньо-професійна програма: « Фізика та астрономія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є: підготовка фахівців, які здібні розуміти, поєднувати і застосовувати в їх майбутній професійній діяльності ідеї і прикладні методи квантової механіки, що виходять зараз на передній план внаслідок поєднання досягнень нанофізики та інформаційних технологій.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

формування у студентів наступної системи компетентностей, що включає:

інтегральну компетентність – здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі в галузі розробки та впровадження новітніх інформаційних технологій, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, на основі знань, уміння, умінь та навичок розробки квантових алгоритмів, побудови квантових обчислювальних схем і бачення їх фізичної імплементації; зрозумілого і недвозначного донесення власних знань, висновків та аргументації до фахівців;

загальні компетентності у відповідності з освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» спеціальності 104 – «Фізика та астрономія»:

здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання з фізики у практичних ситуаціях, ЗК2;

здатність критичного осмислення проблем у галузі фізики та її застосувань, ЗК5;

здатність зрозумілого і недвозначного донесення власних знань, висновків та аргументації до фахівців, ЗК8;

здатність проведення наукових досліджень, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів, ЗК5;

здатність продовжувати навчання з високим ступенем автономії, ЗК2;

спеціальні (фахові) компетентності у відповідності з освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» спеціальності 104 – «Фізика та астрономія»:

здатність розв’язання проблем, які необхідні для проведення досліджень та провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур в галузі новітніх інформаційних технологій, СК2;

здатність працювати з англomовними джерелами в галузі мікро- та нанoeлектроніки та фізиці твердого тіла, СК15;

здатність відчувати відповідальність за власний внесок та адекватно його оцінювати при розв’язанні пошукових командних завдань в галузі інформаційних технологій, СК11.

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Вибіркова
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Лекції
10 год.
Практичні/семінарські
20
Лабораторні
-
Індивідуальні заняття
6 год.
Самостійна робота
60 год.
У тому числі індивідуальні завдання
-

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» спеціальності 104 – «Фізика та астрономія» студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

знати: нові уявлення, поняття і методи, які на протязі останніх двадцяти років тривко вкоренилися у інформатиці і нанофізиці і зараз становлять фундамент для подальшого розвитку інформаційних технологій на основі квантових логічних схем і алгоритмів ;

вміти: застосовувати принципи квантової теорії у інформатиці і інформаційних технологіях, розв'язувати простіші задачі аналізу-синтезу схем для квантових обчислень та оцінювати можливості та ефективність їх фізичної імплементації.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

2-й рік, I семестр

Тема 1. Елементи квантової інформатики. Класичні обчислювальні елементи і схеми (біти, регістри, логічні елементи). Квантові біти(кубіти). Однокубітні гейти (вентилі). Багатокубітні гейти. Переплутані стани. Керовані гейти для квантових обчислень. Фізичні моделі кубітів. Спіни і поляризовані фотони.

Тема 2. Фундаментальні основи квантової інформатики. Вимір стану кубіту. Теорема про неклонунання. Квантова телепортація. ЕПР (Ейнштейна-Подольського-Розена) – стани. Приховані параметри. Нерівність Белла. Порушення нерівності Белла.

Тема 3. Квантові алгоритми та протоколи. Алгоритми Дойча і Дойча-Йожі. Пошук у невпорядкованій базі даних. Алгоритм Гровера. Алгоритм Саймона. Швидке

перетворення Фур'є. Алгоритм Шора. Елементи квантової криптографії. Щільне кодування. Одноразовий блокнот. Протоколи передачі таємних ключей.

Тема 4. Шляхи реалізації квантових обчислень. Квантові комп'ютери на рідбергових атомах. Квантові комп'ютери на іонах у лазерних пастках. Комп'ютери на масивах квантових точок, надпровідних елементах.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
Тема 1	24	4	4	-	2	16
Тема 2	18	2	2	-	2	12
Тема 3	36	2	14	-	2	20
Тема 4	14	2	-	-	-	12
Усього годин	90	10	20	-	2	60

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Гільбертовий простір станів кубіту	2
2	Двох- і трьохкубітні стани. Сепарабельні і переплутані стани.	2
3	Приховані параметри і стани Белла.	2
4	Щільне кодування. Телепортація.	2
5	Алгоритми Дойча та Дойча-Йожі,	2
6	Алгоритми Гровера і Саймона	2
7	Алгоритм Шора	4
8	Протоколи квантової криптографії.	4

5. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом

6. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом

7. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1	Класичні обчислення: біти, регістри, гейти, ресурси, оборотні обчислення	6
2	Стани кубітів. Двовимірний гільбертів простір. Прямий добуток двовірних гільбертових просторів. Унітарні оператори.	4
3	Квантові гейти. Переплутані стани.	6
4	Теорема про неклонування. Вимір стану регістру	2
5	Перетворення станів регістру.	4
6	Парадокс Ейнштейна-Подольського -Розена.	2
7	Нерівність Белла. Експериментальна перевірка.	2
8	Щільне кодування.	2
9	Алгоритми для квантових комп'ютерів	8
10	.Виправлення помилок квантових комп'ютерів	4
11	Коди і протоколи квантової кріптографії	6
12	Комп'ютери на рідбергових атомах	2
13	Іони у лазерних пастках	4
14	Комп'ютери на масивах квантових точок	4
15	Комп'ютери на надпровідних елементах і кристалі алмазу	4
РАЗОМ		60

8. Теми індивідуальних занять

1. Оператори проектування. Спектральна теорема для операторів спостережних величин.
2. Декогеренція переплутаних станів.
3. Швидке Фур'є перетворення

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним і робочим планом

10. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються інтерактивні методи навчання, наочні методи навчання. Базовим методом навчання є поєднання лекції та завдань для самостійної роботи.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

11. Методи контролю

Для кожної теми формами контролю навчальних здобутків студентів можуть бути поточний контроль: оцінка активності роботи на лекціях; аудиторне поточне опитування; домашні завдання, підсумкові контрольні роботи за темами, підсумкові залікові та екзаменаційні роботи.

Підсумкові бали для оцінки знань студентів за розділ розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Максимальне число балів
---	------------	----------------	-------------------------

1	Аудиторна активність студента		4
2	Виконання домашніх завдань, самостійної роботи	Письмові розв'язки, письмові та усні відповіді	4
3	Сума		8

12. Схема нарахування балів

II семестр (екзамен)

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні заняття				Підсумкова контрольна робота (екзамен)	Підсумковий бал*
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Розділ 4		
24	18	30	20	100	100

* Обчислюється як середнє від двох балів: балу поточного контролю за активністю студента (включаючи самостійну роботу та індивідуальні завдання) та балу за підсумкову контрольну роботу.

13. Методичне забезпечення

Посібники, контрольні питання і завдання до тем, роздаткові матеріали до лекцій

10. Рекомендована література

1. *І.О. Вакарчук*. Квантова механіка, 3-тє видання, Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2007, 848 стор.
2. *В.М. Ткачук*. Фундаментальні проблеми квантової механіки, Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2011, 143 стор.
3. *С.Д. Кулик, А.В. Берков, В.П. Яковлев*. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие, Кн. 2, М.: МИФИ, 2008.–532 с.
4. *С.А. Чивилихин*. Квантовая информатика. Учебное пособие, – СПб:СПбГУИТМО, 2009, 80с.
5. *А.А. Калачев*. Квантовая информатика в задачах: учеб.-метод. пос. , Казань: Казан. ун-т, 2012, 48 с.
6. *Stig Stenholm, Kalle-Antti Suominen*. Quantum approach to informatics, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005, 238 p.
7. *Peter Lambropoulos, David Petrosyan*. Fundamentals of Quantum Optics and Quantum Information, Springer Berlin Heidelberg New York, 2007, p. 335
8. *Janos A. Bergou, Mark Hillery*. Introduction to the Theory of Quantum Information Processing, Springer Science + Business Media New York, 2013, p. 150

11. Інформаційні ресурси

1. Офіційний сайт кафедри теоретичної фізики: <http://theorphys.onu.edu.ua/ru/main.php>.
2. A resource for quantum information: http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph219/ph219_2015-16
3. Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/>