

1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни
 “Фундаментальні проблеми квантової механіки”)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів — 6.5		Нормативна
Модулів — 1	Галузь знань 0402 «Фізико-математичні науки»	<i>Рік підготовки:</i> 5-й
Змістових модулів — 2	Спеціальність 8.04020301 «Фізика» спеціалізація «Теоретична фізика»	<i>Семестр</i> 9-й
Загальна кількість годин — 195		<i>Лекції</i> 32 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: <i>аудиторних</i> — 3 <i>самостійної роботи студента</i> — 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	<i>Практичні, семінарські</i> —
		<i>Лабораторні</i> 32 год
		<i>Самостійна робота</i> 131 год.
		<i>Вид контролю: іспит</i>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування в майбутнього фізика цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних із мікросвітом.

Завдання: навчити студентів самостійно виконувати розрахунки, необхідні для розв'язування задач, пов'язаних із фундаментальними проблемами квантової механіки.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати основні поняття та рівняння предмету викладені у програмі курсу.

вміти: застосовувати знання квантової механіки для розв'язування задач, пов'язаних із фундаментальними проблемами квантової механіки, володіти апаратом квантової механіки та розв'язувати відповідні рівняння

Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких розділів математики і фізики: математичний аналіз, векторний аналіз, диференціальні рівняння, механіка, атомна фізика, квантова механіка.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ

Змістовий модуль 1. Основи квантової інформації

Тема 1. Математичні основи квантової механіки.

1. Простір станів.
2. Оператори.
3. Представлення векторів станів та операторів.
4. Властивості власних значень і власних векторів ермітових операторів.
5. Унітарні перетворення.
6. Постулат про вимірювання у квантовій механіці.
7. Середнє значення фізичних величин. Чистий ансамбль станів.
8. Змішаний ансамбль станів. Матриця густини.
9. Квантова дужка Пауссона.
10. Динаміка квантової системи.
11. Динаміка квантової системи. Змішаний ансамбль.
12. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга.
13. Вимірювання в чистому та змішаному ансамблях.

Тема 2. Двостанові квантові системи.

1. Квантові стани спіну $s=1/2$.
2. Спінова матриця густини.
3. Квантові стани N -сіпнів.
4. Синглетний стан. Парадокс EPR.
5. Нерівності Белла.
6. Заплутані стани. Міра заплутаності.
7. GHZ рівність.

Тема 3. Квантові комунікації.

1. Теорема про неклонування та неможливість миттєвої передачі інформації.
2. Квантова телепортація.
3. Квантова криптографія.

Тема 4. Квантові обчислення та квантові комп'ютери.

1. Від класичного біту до квантового.
2. Квантовий процесор. Квантові логічні елементи.
3. Квантові алгоритми. Задача Дойча–Джозси.
4. Фізична реалізація однокубітових операцій. Напівпрозорий бар'єр.
5. Однокубітовий квантовий комп'ютер.

Змістовий модуль 2. Вимірювання та декогеренція.

Тема 5. Вимірювання у квантовій механіці.

1. Вимірювання проєкції спіну на заданий напрямок.
2. Експеримент Штерна–Герлаха.
3. Чи можна виміряти квантовий стан.
4. Вимірювання без взаємодії.

Тема 6. Геометрія простору квантових станів.

1. Відстань між квантовими станами.
2. Метрика простору квантових станів.
3. Метрика двовимірного квантового простору.

Тема 7. Еволюція квантової системи.

1. Швидкість еволюції.
2. Квантова брахістохрона.
3. Ефект Зенона.
4. Адіабатична теорема.
5. Фаза Беррі.

Тема 8. Декогеренція.

1. Спін у флуктуючому магнітному полі.
2. Точна модель декогеренції.
3. Декогеренція кота Шредингера.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
МОДУЛЬ 1						
<i>Змістовий модуль 1. Основи квантової інформації</i>						
Тема 1. Математичні основи квантової механіки.	24	4		4		16
Тема 2. Двостанові квантові системи.	24	4		4		16
Тема 3. Квантові комунікації.	24	4		4		16
Тема 4. Квантові обчислення та квантові комп'ютери.	24	4		4		16
<i>Разом – зм. модуль 1</i>	<i>96</i>	<i>16</i>		<i>16</i>		<i>64</i>
МОДУЛЬ 2						
<i>Змістовий модуль 2. Вимірювання та декогеренція</i>						
Тема 5. Вимірювання у квантовій механіці	24	4		4		16
Тема 6. Геометрія простору квантових станів.	24	4		4		16
Тема 7. Еволюція квантової системи.	26	4		4		18
Тема 8. Декогеренція	25	4		4		17
<i>Разом – зм. модуль 2</i>	<i>97</i>	<i>16</i>		<i>16</i>		<i>65</i>
Усього годин	195	32		32		131

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття в курсі не передбачені.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття в курсі не передбачені.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Математичні основи квантової механіки	3
2	Операторні тотожності та середні значення функцій від бозонних операторів	3
3	Двостанові квантові системи	4
4	Квантові комунікації	3
5	Квантові обчислення та квантові комп'ютери	4
6	Вимірювання у квантовій механіці	3
7	Геометрія простору квантових станів	4
8	Еволюція квантової системи	4
9	Декогеренція	4
	Разом	31

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Математичні основи квантової механіки	14
2	Операторні тотожності та середні значення функцій від бозонних операторів	15
3	Двостанові квантові системи	15
4	Квантові комунікації	14
5	Квантові обчислення та квантові комп'ютери	15
6	Вимірювання у квантовій механіці	14
7	Геометрія простору квантових станів	14
8	Еволюція квантової системи	15
9	Декогеренція	15
	Разом	131

10. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни «Фундаментальні проблеми квантової механіки» застосовують такі методи навчання:

- *Наочні*: виведення на дошці основних співвідношень на лекціях і лабораторних заняттях;
- *Практичні*: завдання для лабораторних занять.

11. Методи контролю

Контроль засвоєння матеріалу включає поточний контроль (підсумкове тестування за двома змістовими модулями, по 25 балів), разом за семестр 50 балів, іспит (50 балів). Сумарна оцінка, таким чином, виставляється за 100-бальною шкалою.

12. Розподіл балів, що присвоюється студентам

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Іспит	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2		
T1–T4	T5–T8		
25	25	50	100

Шкала оцінювання: Університету, національна та ECTS

Оцінка в балах	Оцінка ECTS	Визначення	За національною шкалою	
			Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку	Залік
90–100	A	Відмінно	Відмінно	Зараховано
81-89	B	Дуже добре	Добре	
71-80	C	Добре		
61-70	D	Задовільно	Задовільно	
51-60	E	Достатньо		

13. Методичне забезпечення

1. В. М. Ткачук. Фундаментальні проблеми квантової механіки. Текст лекцій. ЛНУ. імені Івана Франка, 2010.

14. Рекомендована література

Базова

1. С. Я. Килин, Квантовая информация. Усп. физ. наук 169, № 5, 507-527 (1999).
2. М. Б. Менский, Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов. Усп. физ. наук 170, № 6, 631-648 (2000).
3. К. А. Валиев, А. А. Кокин, Квантовые компьютеры: надежды и реальность. Москва, Ижевск: РХД, 2001.
4. Физика квантовой информации, под. ред. Д. Боумейстера, А. Экерта, А. Цайлингера. Москва: Постмаркет, 2002.

Допоміжна

Наукові статті за тематикою спецкурсу.

15. Інформаційні ресурси

1. Wikipedia. <http://www.wikipedia.org>