

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування закладу вищої освіти)

навчально - науковий _____ інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

(назва інституту/факультету)

Кафедра _____ теоретичної фізики та комп'ютерного моделювання

(назва кафедри)

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

Квантова механіка

(вказати назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна викладається іноземною мовою))

обов'язкова

(вказати: обов'язкова)

Освітньо-професійна програма «Мікро- та наносистемна техніка»

(назва програми)

Спеціальність _____ 153 Мікро- та наносистемна техніка

(вказати: код, назва)

Галузь знань _____ 15 Автоматизація та приладобудування

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський)

(вказати: перший (бакалаврський)/другий (магістерський)/третій (освітньо-науковий))

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання _____ українська

(вказати: на яких мовах читається дисципліна)

Розробники: _____ к.ф.-м.н., доцент Войцехівська О.М.

(вказати авторів (викладач (ів)), їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

Профайл викладача
миколаївна-2/

[http://ptcsi.chnu.edu.ua/teachers/войцехівська-оксана-](http://ptcsi.chnu.edu.ua/teachers/войцехівська-оксана-миколаївна-2/)

Контактний тел.

+38 (067) 3721792

E-mail:

o.voitsekhivska@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle

<https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=3747>

Консультації

Щотижня , корпус 8, 213 а.

Індивідуальні консультації (за попередньою домовленістю)

1. Анотація дисципліни (призначення навчальної дисципліни).

Призначення навчальної дисципліни полягає в ознайомленні студентів з понятійним апаратом квантової механіки та в оволодінні основними закономірностями аналізу квантово-механічних явищ.

2. Мета навчальної дисципліни.

Мета дисципліни полягає в тому, щоб дати студентам детальне розуміння понятійного апарату квантової механіки, представити різні способи розв'язування практичних задач в адекватній математичній формі, сформулювати знання основних закономірностей мікро- та нано світу, як основу наступної навчальної та науково-дослідницької роботи студента.

3. Пререквізити.

Для успішного вивчення дисципліни «Квантова механіка» студенти повинні опанувати такі курси: «Математичний аналіз», «Векторний і тензорний аналіз», «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика та магнетизм», «Оптика», «Атомна фізика», «Фізика атомного ядра та елементарних частинок».

4. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- ◆ загальний математичний апарат квантової механіки;
- ◆ способи та методи його використання для квантово-механічних задач
- ◆ мати чіткі уявлення про фізичну природу явищ, що підкоряються квантовим закономірностям;

вміти:

- застосовувати основні положення теоретичної фізики, зокрема квантової механіки, для встановлення, тлумачення, пояснення і класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів;
- застосовувати базові навички проведення теоретичних наукових досліджень у мікро- та наноструктурах;

Програмні результати навчання (згідно з ОПП):

ПР 3. Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

ПР 6. Застосовувати навички планування та проведення експерименту для перевірки гіпотез та дослідження явищ мікро- та наноелектроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, складати схеми пристроїв, аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.

ПР 7. Досліджувати характеристики і параметри мікро- та наносистемної техніки, приладів фізичної та біомедицинської електроніки з урахуванням цілей дослідження, вимог та специфіки вибраних технічних засобів.

ПР13. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань з дотриманням норм сучасної української ділової та професійної мови.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни		Квантова механіка										
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин					Вид підсумкового контролю	
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота		індивідуальні завдання
Денна	2	3	4	120	3	30	30			60		іспит

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Змістовий модуль 1. Основні поняття квантової механіки.													
Тема 1. Стани квантово-механічної системи.		2											
Тема 2. Математичний апарат квантової механіки.		2	6			10							
Тема 3. Хвильова функція вільної частинки.		2				2							
Тема 4. Власні значення та власні функції операторів.		2	4			6							
Тема 5. Рівняння Шредінгера.		2	2			4							
Тема 6. Зміна середніх значень з часом.		2	2			4							

Разом за ЗМ1		12	14		26							
Змістовий модуль 2. Основні задачі квантової механіки.												
Тема 7. Рух частинки у нескінченно глибокій потенціальній ямі.		2	2		4							
Тема 8. Лінійний гармонічний осцилятор.		2	2		4							
Тема 9. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр.		2	2		4							
Тема 10. Рух частинок у центрально-симетричному полі.		2			2							
Тема 11. Задача двох частинок (електрон у кулонівському полі атомного ядра).		2	2		4							
Разом за ЗМ2		10	8		18							
Змістовий модуль 3. Наближені методи розв'язування квантово-механічних задач.												
Тема 12. Стаціонарна теорія збурень для невинродженого спектру.		2	2		4							
Тема 13. Стаціонарна теорія збурень для винродженого спектру.		2	2		4							
Тема 14. Варіаційний метод Рітца.		2	2		4							
Тема 15. Теорія квантових переходів під дією зовнішнього збурення.		2	2		4							
Разом за ЗМ3		8	8		16							
Усього годин		30	30		60							

5.3. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми
1	Вступ, історія розвитку квантової механіки. Стани квантово-механічної системи. Фізичний зміст хвильової функції. Принцип суперпозиції. Властивості хвильової функції.
2	Оператори фізичних величин. Дії над операторами та їх властивості. Таблиця основних операторів у координатному представленні. Середнє значення оператора. Комутатори операторів та їх властивості.
3	Хвильова функція вільної частинки та її властивості. Плоска та просторова хвиля де-Бройля. Середнє значення координати частинки, що вільно рухається. Середнє значення імпульсу частинки, що вільно рухається. Квантування імпульсу та енергії.
4	Власні значення фізичних операторів. Вироджений і невироджений спектр. Власні функції операторів. Властивості власних функцій операторів. Рівняння для визначення власних значень і власних функцій. Співвідношення невизначеності Гейзенберга для довільних фізичних величин. Співвідношення невизначеності Гейзенберга для координати і імпульсу.
5	Стаціонарне рівняння Шредінгера. Нестационарне рівняння Шредінгера. Рівняння неперервності. Закон збереження ймовірності.
6	Зміна середніх значень фізичних величин з часом. Зміна хвильової функції з часом. Інтеграли руху.
7	Постановка задачі. Розв'язок рівняння Шредінгера для одномірного руху частинки у нескінченно глибокій потенціальній ямі. Аналіз енергій і хвильових функцій для одномірного руху частинки у нескінченно глибокій потенціальній ямі. Поняття про квантові точки і квантові дроти.
8	Постановка задачі. Розв'язок рівняння Шредінгера для ЛГО. Аналіз енергій і хвильових функцій для ЛГО. Узагальнення результатів для трьохмірного гармонійного осцилятора. Поняття про фонони.
9	Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Коефіцієнт проходження та відбивання. Потенціальний бар'єр довільної форми.
10	Постановка задачі. Гамільтоніан двох взаємодіючих частинок у декартовій системі координат. Перехід від декартової системи координат до сферичної. Рівняння Шредінгера у сферичній системі координат. Умова нормування для сферичних хвильових функцій. Рівняння Шредінгера для радіальної хвильової функції.
11	Постановка задачі. Радіальна хвильова функція та енергетичний спектр атома водню. Стала Рідберга. Аналіз енергетичного спектру та хвильових функцій. Серії ліній випромінювання. Кутовий розподіл електронної густини.
12	Гамільтоніан збурення. Параметр вмикання взаємодії. Розв'язок рівняння Шредінгера із збуреним гамільтоніаном. Енергія і хвильова функція у першому наближенні теорії збурень. Енергія у другому наближенні теорії збурень.
13	Хвильова функція у випадку виродженого спектру. Ефект Штарка в атомі водню. Розв'язок рівняння Шредінгера із збуреним гамільтоніаном. Енергії і хвильові функції у першому наближенні теорії збурень.
14	Варіаційна задача для функціонала. Пробна хвильова функція основного стану. Варіація норми. Стаціонарне рівняння Шредінгера. Знаходження мінімуму енергії за варіаційними параметрами. Пробна хвильова функція першого збудженого стану.
15	Нестационарна теорія збурень. Адіабатичне і раптове включення і виключення взаємодії. Золоте правило Фермі. Імовірність квантового переходу за одиницю часу

під дією періодичного збурення.

* ІНДЗ – для змістового модуля, або в цілому для навчальної дисципліни за рішенням кафедри (викладача).

6. Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю

До контрольних заходів з дисципліни належать: поточний (модульний) та підсумковий контролю.

Поточний контроль знань студентів здійснюється під час проведення лекційних та практичних занять і самостійної роботи та має на меті перевірку поточних теоретичних знань з дисципліни та рівня підготовленості студента до виконання конкретного прикладного завдання. Застосовуються методи усного та письмового контролю у вигляді експрес опитування лекційного матеріалу, аудиторних та самостійних аналітичних викладок, тестування.

Підсумковий контроль проводиться на завершальному етапі вивчення дисципліни з метою комплексного оцінювання рівня сформованості дисциплінарних компетентностей. Форма підсумкового контролю – іспит, який проводиться в усній формі і полягає у відповіді на 2 теоретичних питання екзаменаційного білету та додаткові уточнюючі питання екзаменатора.

Засоби оцінювання

- письмові контрольні роботи;
- усне експрес опитування на лекційних та практичних заняттях;
- аналітичні викладки на практичних заняттях;
- стандартизовані тести;
- презентація самостійно виконаних завдань;
- перевірка знань з тем для самостійного опрацювання.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)										
Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)				Підсумковий тест (іспит)	Сума
Змістовий модуль 3					
T12	T13	T14	T15	30	100
5	5	5	5		

• *Політика щодо академічної доброчесності.* Списування під час проведення будь-яких форм контролю знань заборонено. Використання мобільних пристроїв під час контрольних заходів та лекційних і практичних занять заборонено.

Питання плагіату та академічної доброчесності регламентуються ЗУ «Про вищу освіту» та «Правилами академічної доброчесності у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича» https://drive.google.com/file/d/1EzBsehqERCEzxJwWe-rz6_eTUFUBGv4o/view, «Положенням про виявлення та запобігання плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича» https://drive.google.com/file/d/16eJk4gKG5oJII2ot4UeSq2_BSGadrPl_/view та «Етичним кодексом Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» https://drive.google.com/file/d/1CB4AIMVXSAYkF_CepI-k98GPc9E8KznQ/view.

• *Політика щодо відвідування занять.* Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватись за індивідуальним графіком або в он-лайн формі за умови офіційного погодження з керівництвом ЗВО.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів поточного (модульного) та підсумкового контролю знань. Об'єктом оцінювання знань студентів є матеріал дисципліни, засвоєння якого перевіряється під час даних контролів. Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних та практичних занять, перевірки самостійної роботи студентів, а також під час написання модульних контрольних робіт. Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння лекційного матеріалу, набуття практичних навичок для вирішення поставлених завдань, уміння самостійно опрацювати теоретичний матеріал, висловлювати власні думки та їх обґрунтовувати, проводити презентацію опрацьованого матеріалу (письмово чи усно). Завданням підсумкового контролю (іспиту) є перевірка розуміння студентом програмного матеріалу в цілому, здатності логічно та послідовно виконувати аналітичні розрахунки, комплексно використовувати отримані знання. Оцінювання знань студентів здійснюється за 100-бальною шкалою як сума оцінок, отриманих студентами впродовж навчального семестру при поточному контролі (від 0 до 70 балів) та оцінки підсумкового контролю (іспиту) (від 0 до 30 балів).

7. Рекомендована література (основна)

1. Вакарчук І.О. «Квантова механіка». – Львів, Видавництво Львівського державного університету, 1998. – 616 с.
2. Юхновський І.Р. «Основи квантової механіки» Київ: Либідь, 1995. – 352 с.
3. Давыдов О.С. «Квантовая механика». – М, Наука, 1974 – 704 с.
4. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. «Основи квантової механіки». – Київ: Вища школа, 2002. – 285 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. «Квантовая механика» М, Наука, 1974. – 752 с.

6. Блохинцев Д.И. «Основы квантовой механики». – М., Высшая школа, 1963. – 620 с.
7. Мессиа А. «Квантовая механика». – Том 1, 2. – М., Наука, 1978.
8. Глауберман А.Ю. «Квантова механіка». – Львів, 1962. – 506 с.

Література до практичних занять

1. Флюгге В. «Задачи по квантовой механике». – М., Наука, 1974.
2. Коган В.И., Галицкий В.М. «Сборник задач по квантовой механике». – М., Наука, 1956.
3. Гольдман И.И., Кривченков И.Д. «Сборник задач по квантовой механике». – М., Наука, 1957.

8. Інформаційні ресурси

1. Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=3747>
2. Сторінка КТФКМ http://ptcsi.chnu.edu.ua/cafedra_page/history-of-the-department-9/
3. Сторінка наукової бібліотеки ЧНУ <http://www.library.chnu.edu.ua/index.php?page=ua>
4. Відкритий математичний ресурс Wolfram Research <https://mathworld.wolfram.com/>.
5. Інші інформаційні ресурси інтернету.