

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Фізико-технічний факультет

Кафедра фізики і хімії твердого тіла

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇДИСЦИПЛІНИ

КВАНТОВА МЕХАНІКА

Рівень вищої освіти: **перший (бакалаврський)**

Освітня програма: **«Прикладна фізика та наноматеріали»**

Предметна спеціальність: **105 Прикладна фізика та наноматеріали**

Спеціальність: **105 Прикладна фізика та наноматеріали**

Галузь знань: **10 Природничі науки**

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1
від 28 серпня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Квантова механіка
Викладач (-і)	Никируй Любомир Іванович
Контактний телефон викладача	+380956991785
Е-mail викладача	lyubomyr.nykyruy@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	<u>Очний</u> /заочний
Обсяг дисципліни	<u>3 кредити ЄКТС, 90 год.</u>
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://d-learn.pnu.edu.ua/developer/course/view/4072
Консультації	
2. Анотація до навчальної дисципліни	
<p><u>Предметом</u> вивчення навчальної дисципліни є викладення основних положень квантової механіки, які є основою для розуміння і моделювання поведінки систем на молекулярному та атомному рівнях та мають застосування в багатьох сферах фізики, хімії, електроніки, та технології, включаючи розвиток квантових комп'ютерів та квантових датчиків.</p> <p>Дисципліна «Квантова механіка» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітнього рівня «бакалавр» спеціальності «Середня освіта (Фізика)». Курс передбачає одержання і застосування студентом знань основних принципів і законів квантової механіки. Курс служить основою вивчення багатьох інших розділів фізики.</p>	
3. Мета та цілі навчальної дисципліни	
<p><u>Метою</u> вивчення навчальної дисципліни є вивчення студентами фізичних ідей та принципів квантової механіки та їх застосувань у прикладній фізиці, формування наукового світогляду про сучасну картину світу.</p> <p><u>Основними цілями</u> вивчення дисципліни є розуміння квантових ідей та необхідності їх застосувань у мікросвіті та фізиці конденсованих станів, включаючи актуальні області фізики наносистем. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати : загальні положення і математичний апарат квантової теорії та її результати в атомній, ядерній, молекулярній фізиці, квантовій фізиці твердого тіла, можливості застосувань в різноманітних областях (хімії, біології, астрофізики).</p> <p>вміти: використовувати квантові ідеї та принципи в типових задачах</p>	

прикладної фізики та хімії, застосовувати математичний апарат квантової механіки при розв'язуванні завдань курсових, дипломних робіт та науково-дослідних робіт кафедри.

4. Програмні компетентності та результати навчання

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі прикладної фізики і наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії, алгоритмів, інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення і характеризується певною невизначеністю умов, проведення експериментальних і теоретичних досліджень.

ПРН2. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

ПРН4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

Фахові компетентності:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК05. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК06. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

СК07. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

5. Організація навчання

Обсяг навчальної дисципліни

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	40
семінарські заняття / практичні / лабораторні	38
самостійна робота	102

Ознаки навчальної дисципліни				
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний /вибірковий	
1	105 Прикладна фізика та наноматеріали	4	Нормативний	
Тематика навчальної дисципліни				
Тема		кількість год.		
		лекції	заняття	сам. роб.
Тема 1. Основні положення квантової теорії і нерелятивістське наближення.		2	2	5
Тема 2. Математичний апарат квантової механіки.		4	4	16
Тема 3. Середнє значення координат і імпульсів. Оператори фізичних величин.		4	4	10
Тема 4. Вимірювання фізичних величин у квантовій механіці. Контрольна робота.		4	4	10
Тема 5. Рівняння Шредінгера.		2	2	10
Тема 6. Найпростіші задачі квантової механіки.		8	4	16
Тема 7. Рух частинки в центрально симетричному полі. Радіальне рівняння Шредінгера. Атом водню.		4	4	10
Тема 8. Наближені методи квантової теорії. Контрольна робота.		6	6	10
Тема 9. Обмеженість нерелятивістської квантової теорії, необхідність врахування релятивістських ефектів.		2	4	5
Тема 10. Теорія найпростіших молекул.		4	4	10
ЗАГ.:		40	38	102

6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання навчальної дисципліни

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті за виступ чи виконання письмового тестового завдання студентом. Передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми під час роботи на практичних заняттях та набутих професійних навичок під час виконання практичних завдань.

Оцінювання відповідей здобувачів освіти на практичних заняттях відбувається згідно навчального розкладу за 100 бальною шкалою. Вага оцінки за кожен вид навчальної роботи та відповідну тему відображена у таблиці.

Максимальна кількість балів, яку здобувач освіти може отримати за виконання завдань на практичних заняттях складає 50 балів (дві контрольні роботи та оцінювання на поточному контролі).

Критерії поточного оцінювання:

«90-100 балів» – здобувач вищої освіти в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей (в т. ч. у вигляді мультимедійних презентацій), глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу.

«70-89 балів» – здобувач вищої освіти достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей (в т. ч. у вигляді мультимедійних презентацій), в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.

«50-69 балів» – здобувач вищої освіти в цілому володіє навчальним матеріалом викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових відповідей (в т. ч. у вигляді мультимедійних презентацій), але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, без використання необхідної літератури, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки.

«Менше 50 балів» – здобувач вищої освіти не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає його під час усних виступів та письмових відповідей, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань,

	допускаючи при цьому суттєві неточності.
Вимоги до письмових робіт	Протягом семестру здобувачі освіти складають дві контрольні роботи, кожна із яких оцінюється у 20 балів (всього – 40 балів).
Семінарські заняття	На практичних заняттях студенти можуть отримати бали у 100-бальній шкалі, які за весь семестр переводяться у 10 балів.
Умови допуску до підсумкового контролю	Доступ до підсумкового контролю отримують здобувачі освіти, які отримали протягом семестру за практичні заняття не менше 25 балів.
Підсумковий контроль	<p>Зазначити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - екзамен; - форма здачі – комбінована; білет складається з 3-ох питань, з яких 2 питання – теоретичні (кожне – по 15 балів), одна задача – 10 балів. Всього за екзамен здобувачі освіти отримують 40 балів. <p>Питання до іспиту:</p> <p>Знати. Основні положення квантової теорії і нерелятивістське наближення.</p> <p>Розуміти: Дифракція мікрочастинок. Гіпотеза де Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Групова та фазова швидкості. Досліди Д.Франка і Г. Герца, Е. Резерфорда, К. Девіссона – Л. Джермера.</p> <p>Знати. Основні поняття квантової механіки.</p> <p>Розуміти поняття хвильової функції та її фізичну інтерпретацію. Вміти оперувати принципом суперпозиції у квантовій механіці.</p> <p>Знати. Середнє значення координат і імпульсів. Оператори фізичних величин</p> <p>Розуміти зміст середнього значення координат та імпульсів (оператор фізичної величини, принцип відповідності). Досліджувати властивості операторів фізичних величин (лінійність, ермітовість, некомутативність), оператор відхилення фізичної величини від середнього значення. Формулювати задачу на власні значення операторів.</p>

Знати. Вимірювання фізичних величин у квантовій механіці.

Розуміти принципи розрахунку ймовірності результатів вимірювання фізичної величини. Використовувати умову можливості одночасного вимірювання різних фізичних величин. Розуміти співвідношення невизначеності та його фізичні наслідки. Вміти застосувати хвильову функцію до результатів вимірювання.

Знати. Рівняння Шредінгера.

Розуміти значення оператора Гамільтона та вміти записати вираз для нього. Розуміти принцип причинності у квантовій механіці. Оперувати часовим рівнянням Шредінгера.

Розуміти зміст стаціонарних станів. Вміти застосовувати оператор еволюції в часі, представлення Шредінгера і Гейзенберга. Представлення взаємодії, рівняння неперервності у квантовій механіці. Оперувати квантовими дужками Пуассона.

Знати. Найпростіші задачі квантової механіки

Вміти формулювати та розв'язувати найпростіші задачі на вільний рух квантової частинки, рух квантової частинки однорідному електричному полі, квантовий гармонійний осцилятор, рух частинки у потенціальній ямі, тунельний ефект.

Знати. Рух частинки в центральносиметричному полі. Радіальне рівняння Шредінгера. Атом водню.

Вміти формулювати та розв'язувати задачі на рух частинки в центральносиметричному полі.

Знати. Наближені методи квантової теорії.

Розуміти та використовувати наближені методи квантової теорії.

Знати. Обмеженість нерелятивістської квантової теорії, необхідність врахування релятивістських ефектів.

Розуміти причини обмеженості нерелятивістської квантової теорії та необхідність врахування релятивістських ефектів.

Знати. Теорія найпростіших молекул.

Розуміти та використовувати теорію найпростіших молекул.

7. Політика навчальної дисципліни

Письмові роботи:

У разі виконання завдання здобувачем освіти пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання – «незадовільно», відповідно до [«Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності студентів ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» \(введено в дію наказом ректора №799 від 26.11.2019\)](#) (див. ст. 4-5).

Ознайомитися із положенням можна за посиланням:

<https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/>

Академічна доброчесність:

Дотримання академічної доброчесності засновується на ряді положень та принципів академічної доброчесності, що регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету:

- Кодекс честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.
- Положення про Комісію з питань етики та академічної доброчесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.
- Положення про запобігання академічному плагіату та інших видів академічної нечесності у навчальній та науково-дослідній роботі здобувачів освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника .
- Положення про запобігання академічному плагіату у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника.
- Склад комісії з питань етики та академічної доброчесності у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника.
- Лист МОН України «До питання уникнення проблем і помилок у практиках забезпечення академічної доброчесності».

Ознайомитися з даними положеннями та документами можна за посиланням:

<https://pnu.edu.ua/положення-про-запобігання-плагіату/>

Відвідування занять

Можливість і порядок відпрацювання пропущених здобувачем освіти занять регламентується [«Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності здобувачів освіти ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» \(введено в дію наказом ректора №799 від 26.11.2019\)](#) (див. ст. 4).

Ознайомитися з положенням можна за посиланням:

<https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/>

Неформальна освіта:

Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується

[«Положенням про порядок зарахування результатів неформальної освіти у ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» \(введено в дію наказом ректора №819 від 29.11.2019\)](#) Ознайомитися із положенням можна за посиланням: <https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/>

8. Рекомендована література

- Вакарчук І.О. Квантова механіка. Львів: ЛНУ 2004.
2. Юхновський І.Р. Основи квантової механіки. Київ : Либідь, 2002.
 3. Глауберман А.Ю. Квантова механіка. Львів: ЛДУ, 1962.
 4. Федорченко А.М. Теоретична фізика. У 2-х томах. Том 1. Класична механіка і електродинаміка. Том 2. Квантова механіка. Термодинаміка і статистична фізика. Підручник. К., Вища школа, 1992-1993 р.р. 535+415 с.
 5. Рувінський М.А., Остафійчук Б.К., Галушак М.О., Фреїк Д.М., Яцура М.М. Курс загальної фізики. Квантова фізика атомів, молекул і конденсованих середовищ. Київ.-Тв.Франківськ: ПУ, 1998.
 6. Теоретична фізика. Квантова механіка [Електронний ресурс: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48871/1/Teoretychna_fizyka_Kvantova_mekhanika.pdf] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» / О. М. Бродин; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 233 с.
 7. S. Flügge. Practical Quantum Mechanics. Springer Verlag, 1974 - Science - 618 pages.
 8. О.М. Возняк, В.В. Прокопів, Л.І. Никируй, І.В. Горічок. Використання середовища Maple для розв'язування задач квантової механіки. Навчальний посібник – Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2018. –156 с.

Викладач:
Любомир НИКИРУЙ
Кандидат фізико-математичних наук,
професор,
завідувач кафедри фізики і хімії
твердого тіла