

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



**Фізико-технічний факультет
Кафедра фізики і хімії твердого тіла**

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квантова механіка

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Освітня програма	Комп'ютерна фізика
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Галузь знань	10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “25” серпня 2022 р.

м. Івано-Франківськ - 2022

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Квантова механіка
Освітня програма	Комп'ютерна фізика
Спеціальність	104 «Фізика та астрономія»
Галузь знань	10 Природничі науки
Освітній рівень	Перший рівень освіти (бакалаврський)
Викладач (-і)	Кандидат фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла Никируй Любомир Іванович
Статус дисципліни	Основна
Курс / семестр	4 / 7
Розподіл за видами занять та годинами навчання (якщо передбачені інші види, додати)	Лекції – 40 год. Практичні заняття – 38 год. Самостійна робота – 102 год.
Мова викладання	Українська
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://d-learn.pnu.edu.ua/
2. Опис дисципліни	
Дисципліна «Квантова механіка» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітнього рівня «бакалавр» спеціальності «Фізика та астрономія». Курс передбачає одержання і застосування студентом знань основних принципів і законів квантової механіки. Курс служить основою вивчення багатьох інших розділів фізики.	
Мета та цілі курсу	
<p>Мета: вивчення студентами фізичних ідей та принципів квантової механіки та їх застосувань у прикладній фізиці, формування наукового світогляду про сучасну картину світу.</p> <p>Завдання: 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</p> <p>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 прикладної фізики та хімії, застосовувати математичний апарат квантової механіки при розв'язуванні завдань курсових, дипломних робіт та науково-дослідних робіт кафедри</p>	
Компетентності	
<p>Інтегральна компетентність Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.</p> <p>Загальні компетентності (ЗК) ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>Спеціальні (фахові) компетентності (СК) СК16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. СК22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту. СК25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.</p>	

СК28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

Програмні результати навчання

ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПР02. Знати і розуміти фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій, та методи дослідження властивостей речовин і матеріалів.

ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.

ПР06. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії

ПР07. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.

ПР09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПР13. Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.

3. Структура курсу			
№	Тема	Результати навчання	Завдання
1	Тема 1. Основні положення квантової теорії і нерелятивістське наближення.	Вступ до предмету. Історичні передумови виникнення квантової механіки. Зв'язок зі спеціальністю «Фізика та астрономія», застосування квантової механіки для комп'ютерної фізики. Дифракція мікрочастинок. Гіпотеза де Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Групова та фазова швидкості. Досліди Д.Франка і Г. Герца, Е. Резерфорда, К. Девіссона – Л. Джермера.	Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи
2	Тема 2. Основні поняття квантової механіки.	Розуміти поняття хвильової функції та її фізичну інтерпретацію. Вміти оперувати принципом суперпозиції у квантовій механіці.	Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи (тести).
3	Тема 3. Середнє значення координат і імпульсів. Оператори фізичних величин	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.	Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи.
4	Тема 4. 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.	Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи.
5	Тема 5. Рівняння Шредінгера.	Розуміти значення оператора Гамільтона та вміти записати вираз для нього.	Контрольні запитання, підготовка

		<p>Розуміти принцип причинності у квантовій механіці.</p> <p>Оперувати часовим рівнянням Шредінгера. Розуміти зміст стаціонарних станів.</p> <p>Вміти застосовувати оператор еволюції в часі, представлення Шредінгера і Гейзенберга.</p> <p>Представлення взаємодії, рівняння неперервності у квантовій механіці.</p> <p>Оперувати квантовими дужками Пуассона.</p>	<p>мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи.</p>
6	<p>Тема 6. Найпростіші задачі квантової механіки</p>	<p>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.</p>	<p>Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи.</p>
7	<p>Тема 7. Рух частинки в центральнометричному полі. Радіальне рівняння Шредінгера. Атом водню. Контрольна робота</p>	<p>Вміти формулювати та розв'язувати задачі на рух частинки в центральнометричному полі.</p>	<p>Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи.</p>
8	<p>Тема 8. Наближені методи квантової теорії. Контрольна робота.</p>	<p>Розуміти та використовувати наближені методи квантової теорії.</p>	<p>Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи.</p>
9	<p>Тема 9. Обмеженість нерелятивістської квантової теорії, необхідність врахування релятивістських ефектів.</p>	<p>Розуміти причини обмеженості нерелятивістської квантової теорії та необхідність врахування релятивістських ефектів.</p>	<p>Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації, завдання для самостійної роботи. (тести).</p>
10	<p>Тема 10. Теорія найпростіших молекул.</p>	<p>Розуміти та використовувати теорію найпростіших молекул.</p>	<p>Контрольні запитання, підготовка мультимедійної презентації,</p>

			завдання для самостійної роботи.
--	--	--	----------------------------------

4. Система оцінювання курсу

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 40 балів.

Накопичування балів під час вивчення дисципліни

Вид навчальної роботи	Максимальна к-ть балів
Практичні заняття	10
Контрольна робота (дві контрольні роботи по 20 балів за кожною)	40
Екзамен	50
Максимальна к-ть балів	100

5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу

Вид навчальної роботи	№ теми									Разом
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Практичне заняття (опрацювання завдання)		2	2			2	2		2	10
Контрольна робота				20				20		40
Екзамен	50									
Максимальна к-ть балів	100									

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.

Контроль за самостійну роботу.

Самостійна робота здобувачів освіти передбачає:

1. Опитування, тестування.
2. Підготовка завдання у рамках початкової теми із наступною доповіддю.

Тестовий контроль. Студент опрацьовує питання, що призначені для самостійного вивчення і для контролю проходить тестування в системі дистанційного навчання (d-learn.pnu.edu.ua) (дві спроби – кращий результат).

Оцінювання за кожен тестовий контроль здійснюється за 100 бальною шкалою. Вага оцінки за відповідну тему відображена у таблиці вище. Максимальна кількість балів, яку здобувач освіти може отримати за заняття складає 2 балів.

Підсумковий семестровий контроль являє собою підсумкове оцінювання результатів навчання здобувача вищої освіти за семестр, що з даної дисципліни здійснюється у формі екзамену. Підсумковий семестровий контроль оцінюється від 0 до 100 балів і переводиться у національну шкалу та шкалу ЄКТС.

Оцінювання за екзамен відбувається у 100-бальній шкалі, отримана оцінка сходиться на ваговий коефіцієнт 0,4. Оцінка за екзамен формується на основі підсумкового тестування.

Повторне складання екзаменів допускається не більше двох разів з кожної дисципліни: один раз викладачеві (талон №2) тестування в системі дистанційного навчання + усне опитування відповідно до програмових вимог, другий – комісії (талон №3) реалізується виключно у тестовій формі з використанням організаційно-технологічних процесів.

Якщо студент не склав навчальну дисципліну за талоном 3, дозволяється повторне вивчення навчальної дисципліни впродовж наступного семестру (планується за рахунок власного часу студента і не фінансується з бюджетних коштів).

Шкала оцінювання для екзамену

університетська	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	відмінно
80-89	B	добре
70-79	C	
60-69	D	задовільно
50-59	E	
25-49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-24	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

6. Ресурсне забезпечення

Матеріально-технічне забезпечення

Мультимедіа, комп'ютери

Література

1. 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. Івано-Франківськ: ПУ, 1998.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1989.
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.

7. Контактна інформація	
Кафедра	Кафедра фізики і хімії твердого тіла м. Івано-Франківськ, вул. Шевченка, 57, каб. 216а тел. +38 (0342) 59-60-82 https://kfhtt.pnu.edu.ua/ Сторінки в соцмережах: https://www.facebook.com/pcss.pnu
Викладач	Никируй Любомир Іванович Кандидат фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла
Контактна інформація викладачів	+38 (095) 699 17 85 lyubomyr.nykyruy@pnu.edu.ua Робочі години: Пн-Пт – 8:30 – 17:00

8. Політика навчальної дисципліни	
Академічна доброчесність	Дотримання академічної доброчесності засновується на ряді положень та принципів академічної доброчесності, що регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету: <ul style="list-style-type: none"> • 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».

	<p>Ознайомитися з даними положеннями та документами можна за посиланням: https://pnu.edu.ua/положення-про-запобігання-плагіату/</p>
Пропуски занять (відпрацювання)	<p>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).</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
Виконання завдання пізніше встановленого терміну	<p>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).</p> <p>Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
Невідповідна поведінка під час заняття	<p>Невідповідна поведінка під час заняття регламентується рядом положень про академічну доброчесність (див. вище) та може призвести до відрахування здобувача вищої освіти (студента) «за порушення навчальної дисципліни і правил внутрішнього розпорядку вищого закладу освіти», відповідно до п.14 «Відрахування студентів» «Положення про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти».</p> <p>Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
Додаткові бали	<p>Додаткові бали до поточного контролю здобувач освіти може отримати, пройшовши навчальний курс у вигляді неформальної освіти з отриманням сертифікату в межах предмету вивчення дисципліни протягом навчального семестру, взявши участь у науковому, освітньому чи прикладному проєкті, який відповідає предмету дисципліни:</p> <p><i>2 бали</i> – нараховується здобувачам освіти, які пройшли навчальний курс у вигляді неформальної освіти з отриманням сертифікату в межах предмету вивчення дисципліни протягом навчального семестру.</p> <p><i>2 бали</i> – нараховується здобувачам освіти, які взяли участь у науковому, освітньому чи прикладному проєкті, який відповідає предмету дисципліни.</p> <p><i>1 бал</i> – нараховується здобувачам освіти, які підготували дайджест на певну тематику в межах вивчення дисципліни.</p> <p>Додаткові бали присуджуються у рамках «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).</p> <p>Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>

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/
--------------------	--

Викладач

Никируй Л.І.