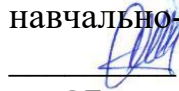


**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
УКРАЇНСЬКО-УГОРСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра фізико-математичних дисциплін**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Українсько-угорського
навчально-наукового інституту

 /Олександр ШПЕНИК/

«__27__» __червня__ 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**КВАНТОВА МЕХАНІКА
(мова викладання – угорська)**

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.08 Середня освіта. Фізика та астрономія
Освітня програма	«Фізика. Інформатика» (мова навчання фахових дисциплін – угорська)
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	угорська

Ужгород 2024

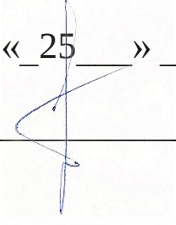
Робоча програма навчальної дисципліни «**Квантова механіка (мова викладання – угорська)**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **01 Освіта/Педагогіка** спеціальності **014 Середня освіта** предметної спеціальності **014.08 Середня освіта. Фізика та астрономія** освітньої програми «**Фізика. Інформатика**» (мова навчання фахових дисциплін – угорська).

Розробники:

Шпеник О.О. – доцент кафедри фізико-математичних дисциплін.

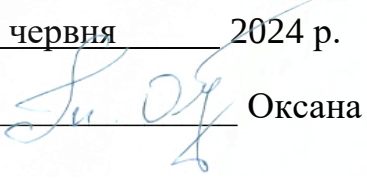
Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри
фізико-математичних дисциплін

Протокол № 11 від « 25 » _____ червня _____ 2024 р.

Завідувач кафедри _____  Мирослав ШАФРАНЬОШ

Схвалено науково-методичною комісією УУННІ

Протокол № 7 від « 27 » _____ червня _____ 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Оксана ТАЛАБІРЧУК

© Шпеник О.О., 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 120	4-й
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,3 самостійної роботи студента – 4,3	7-й
	Лекції:
	32
	Практичні (семінарські):
	28
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні:
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:
	60

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Квантова механіка (мова викладання – угорська)» є ознайомлення студентів освітньої програми «Фізика. Інформатика» (мова навчання фахових дисциплін – угорська) з фізичними основами та математичним апаратом квантової механіки; формування у студентів знань і умінь застосування методів квантової механіки для розв'язування задач сучасної фізики та астрономії; підготовка майбутніх вчителів фізики до професійної діяльності шляхом формування в них критичного мислення та цілісного наукового світогляду.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

ІК – здатність розв'язувати спеціалізовані практичні завдання в освітній галузі, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, предметних знань, психології, теорії та методики навчання і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах середньої освіти;

ЗК 7. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК 8. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ФК 1. Здатність до формування в учнів ключових і предметних компетентностей та здійснення міжпредметних зв'язків;

ФК 8. Здатність використовувати систематизовані теоретичні й практичні знання з фізики та методики навчання фізики у вирішенні професійних завдань.

ФК 9. Володіння математичним апаратом фізики у межах, достатніх для вивчення загального курсу фізики та її теоретичних курсів;

ФК 10. Здатність до організації й реалізації освітнього процесу з фізики в базовій середній школі з угорською мовою навчання.

ФК 11. Здатність доцільно і критично застосовувати фізичні поняття, закони, принципи, теорії у поєднанні з необхідним математичним інструментарієм для пояснення фізичних явищ і процесів з використанням сучасних засобів навчання як з українською так із угорською мовами;

ФК 13. Здатність розв'язувати задачі шкільного курсу фізики та інформатики різного рівня складності та пояснювати їх розв'язання учням угорською мовою.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Квантова механіка (мова викладання – угорська)» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

ОК 26. Методи математичної фізики (мова викладання – угорська).

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика. Інформатика» (мова навчання фахових дисциплін – угорська), вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (РН):

Програмні результати навчання з дисципліни	Шифр РН
Уміє оперувати базовими категоріями та поняттями спеціальності.	РН 5
Добирає і застосовує сучасні освітні технології та методики для формування предметних компетентностей учнів і здійснює самоаналіз ефективності уроків.	РН 8
Уміє використовувати інформаційно-комунікаційні технології для подання, редагування, збереження та перетворення текстової, числової, графічної, звукової та відео інформації.	РН 22
Уміє створювати інформаційні моделі, реалізовувати їх засобами інформаційно комунікаційних технологій, здійснювати дослідження, інтерпретувати, аналізувати та узагальнювати його результати.	РН 23

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Квантова механіка (мова викладання – угорська)»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр РН
Володіє та уміє оперувати базовими поняттями, законами та теоретичними положеннями квантової механіки.	РН 5
Знає та вміє застосовувати фізичні принципи та математичний апарат квантової механіки до аналізу фізичних процесів, що протікають у квантових системах, має уявлення про місце і зв'язки квантової механіки в системі наук.	РН 8
Застосовує інформаційно-комунікаційні технології для подання, редагування, збереження та перетворення текстової, числової, графічної, звукової та відео інформації.	РН 22
Вміло будує інформаційні моделі, реалізовує їх засобами інформаційно комунікаційних технологій, здійснює дослідження, інтерпретує, аналізує та узагальнює його результати.	РН 23

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль - екзамен.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: поточне оцінювання та виконання модульної контрольної роботи у письмовій формі, сумарний результати яких оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен. До екзамену допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	70	100
5	5	5	5	5	5		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T7	T8	T9	T10	T11	T12	70	100
5	5	5	5	5	5		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Поточне оцінювання та самостійна робота	6	30	6	30
Модульна контрольна робота	1	70	1	70
Разом	7	100	7	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитання.

Оцінка «*відмінно*» виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

1. Наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості студента з питань навчальної дисципліни до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «*добре*» виставляється, коли студент письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму дисципліни. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Студент спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «*задовільно*» виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми навчальної дисципліни. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «*незадовільно*» виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу навчальної дисципліни, а у наявних його письмових відповідях є як принципові, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Квантова механіка (мова викладання - угорська)» здійснюється у формі екзамену. Екзамен проводиться в усній формі. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 4-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінку:

– “*відмінно*” А (90 та вище балів) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою,

засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії;

– “добре” B (82-89 балів) заслуговує студент, який виявив повне знання програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисциплін і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності;

– “добре” C (74-81 балів) заслуговує студент, що виявив не цілком повне знання програмного матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив не систематичний характер знань з дисциплін і не завжди здатний до їх самостійного доповнення і під час відповіді допускає деякі неточності;

– “задовільно” D (64-73 балів) заслуговує студент, що виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “задовільно” виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача;

– “задовільно” E (60-63 балів) заслуговує студент, що виявив часткове знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “достатньо” виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які частково володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

– “незадовільно” FX (35-59 балів) з можливістю повторного складання виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмного матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

– “незадовільно” F (0-34 балів) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни виставляється студенту коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка ECTS	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, диференційованого заліку, курсового проекту (роботи)	для заліку
A	90 – 100	Відмінно	Зараховано
B	82-89	Добре	
C	74-81		
D	64-73	Задовільно	
E	60-63		
FX	35-59	Незадовільно з можливістю повторного складання	Незараховано з можливістю повторного складання
F	0-34	Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	Незараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

За бажанням студента результуюча підсумкова екзаменаційна оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Здобувач, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку "незараховано" (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни і скласти екзамен.

Результати підсумкового контролю знань вносяться до відомості обліку успішності.

Дотримання академічної доброчесності

Під час навчання учасники освітнього процесу зобов'язані дотримуватися академічної доброчесності: етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень. Дотримання академічної доброчесності науково-педагогічним складом передбачає: посилення на джерела інформації у разі використання ідей, тверджень, відомостей; надання достовірної інформації про результати досліджень та власну педагогічну (науково-педагогічну, творчу) діяльність. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання; посилення на джерела інформації у разі використання ідей, тверджень, відомостей; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності. За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності як: повторне проходження оцінювання (підсумковий модульний контроль, підготовка індивідуального завдання за іншою темою тощо).

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Тема 1. Історія та передумови виникнення квантової механіки.

Передумови виникнення квантової механіки. Гіпотези Планка та Ейнштейна. Модель атома по Бору. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Фотоефект. Ефект Комптона. Гіпотеза де-Бройля. Експерименти Франка-Герца та Девісона-Джермера.

Тема 2. Основні принципи квантової механіки.

Опис стану в квантовій механіці. Хвильова функція. Принцип суперпозиції станів. Хвильовий пакет. Хвильова функція вільної частинки. Середні значення координати та імпульсу. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга.

Тема 3. Математичний апарат квантової механіки.

Оператори фізичних величин. Власні функції і власні значення операторів та їх фізична інтерпретація. Властивості власних функцій і власних значень ермітових операторів. Співвідношення невизначеностей для фізичних величин, що представляються некоммутуючими операторами. Різні представлення станів квантових систем. Бра- і кет-вектори. Різні представлення операторів. Матриці операторів.

Тема 4. Рівняння Шредингера.

Хвильове рівняння Шредингера. Закон збереження ймовірності. Рівняння неперервності. Зміна середніх значень фізичних величин із часом. Квантові дужки Пуассона. Стаціонарні стани. Представлення Шредингера і представлення Гайзенберга.

Тема 5. Модельні задачі квантової механіки.

Частинка в одновимірній прямокутній потенціальній ямі з безмежно високими стінками. Лінійний гармонічний осцилятор. Хвильовий підхід. Лінійний гармонічний осцилятор. Метод операторів породження та знищення. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Холодна емісія електронів з металу.

Тема 6. Зв'язок квантової механіки з класичною механікою.

Перехід від квантових рівнянь руху до класичних. Хвильова функція у квазікласичному наближенні. Метод Вентцеля-Крамерса-Бріллюена. Правило квантування Бора-Зоммерфельда.

Модуль 2

Тема 7. Рух частинки в центрально-симетричному полі.

Рух частинки в центрально-симетричному полі. Радіальне рівняння Шредінгера. Тривимірний ізотропний гармонічний осцилятор. Рух частинки у кулонівському полі. Атом водню: дискретний спектр, неперервний спектр. Інтеграл руху Лапласа-Рунге-Ленца.

Тема 8. Теорія збурень.

Стационарна теорія збурень. Невироджений випадок. Умови застосовності теорії збурень. Теорія збурень у випадку виродження. Ефект Штарка в атомі водню. Застосування варіаційного принципу до наближених розрахунків. Теорія збурень, залежних від часу. Імовірність квантового переходу за одиницю часу. Квантові переходи під дією раптових збурень.

Тема 9. Взаємодія атома з електромагнітним полем.

Квантові переходи під дією раптових збурень. Квантування вільного електромагнітного поля. Теорія випромінювання й поглинання світла. Електричне дипольне випромінювання. Правила відбору. Час життя збуджених станів атомів. Природна ширина спектральних ліній. Квантова теорія дисперсії світла. Елементарна теорія фотоефекту.

Тема 10. Релятивістська квантова механіка.

Релятивістське рівняння для частинки зі спіном 0. Рівняння Клейна-Гордона-Фока. Релятивістське рівняння Дірака. Матриці Дірака. Рівняння неперервності. Момент кількості руху в теорії Дірака. Вільний рух релятивістської частинки. Сферичний спінор. Релятивістські поправки до руху електрона у електромагнітному полі. Рівняння Паулі. Квазірелятивістське наближення рівняння Дірака. Спін-орбітальна взаємодія. Точні розв'язки рівняння Дірака для кулонівського поля. Атом водню з урахуванням релятивістських поправок. Атом у зовнішньому магнітному полі.

Тема 11. Квантова механіка систем, що складаються з однакових частинок.

Принцип тотожності частинок у квантовій механіці. Симетричні і антисиметричні хвильові функції. Теорія атома гелію. Орто- і парагелій. Від'ємний іон водню. Метод самоузгодженого поля Хартрі-Фока. Статистичний метод Томаса-Фермі. Молекули. Адіабатичне наближення. Хімічний зв'язок. Сили Ван дер Ваальса.

Тема 12. Квантова теорія розсіяння.

Пружне розсіяння частинок без спіну. Амплітуда розсіяння. Борнівське наближення. Розсіяння електронів на атомі. Метод парціальних хвиль. Теорія непружного розсіяння.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
Модуль 1						
Тема 1. Історія та передумови виникнення квантової механіки.	7	2	1			4
Тема 2. Основні принципи квантової механіки.	8	2	2			4
Тема 3. Математичний апарат квантової механіки.	12	2	4			4
Тема 4. Рівняння Шредінгера.	12	4	2			6
Тема 5. Модельні задачі квантової механіки.	14	4	4			6
Тема 6. Зв'язок квантової механіки з класичною механікою.	10	2	2			6
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	62	16	16	0	0	30
Модуль 2						
Тема 7. Рух частинки в центральносиметричному полі.	12	4	2			6
Тема 8. Теорія збурень.	9	2	2			6
Тема 9. Взаємодія атома з електромагнітним полем.	9	2	1			6
Тема 10. Релятивістська квантова механіка.	10	4	2			4
Тема 11. Квантова механіка систем, що складаються з однакових частинок.	8	2	2			4
Тема 12. Квантова теорія розсіяння.	7	2	2			4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	58	16	12	0	0	30
Разом за семестр	120	32	28			60

6.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Передумови виникнення квантової механіки.	2
2	Основні принципи квантової механіки. Фізичний зміст хвильової функції.	2
3	Оператори фізичних величин. Лінійні операції над операторами. Комутатори.	2
4	Власні функції і власні значення операторів їх властивості та фізична інтерпретація.	2
5	Одновимірне рівняння Шредінгера та його розв'язки для вільної частинки.	2
6	Частинка в одновимірній прямокутній потенціальній ямі з безмежно високими стінками.	2

7	Лінійний гармонічний осцилятор.	2
8	Правило квантування Бора-Зоммерфельда для гармонічного осцилятора.	2
9	Рух частинки в центральній-симетричному полі. Радіальне рівняння Шредінгера.	2
10	Атом водню.	2
11	Теорія збурень. Ефект Штарка в атомі водню.	2
12	Точні розв'язки рівняння Дірака для кулонівського поля. Атом водню з урахуванням релятивістських поправок.	2
13	Теорія атома гелію. Орто- і парагелій.	2
Модульні контрольні роботи		2
Разом за семестр		28

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Недоліки класичної фізичної теорії.	4
2	Опис стану в квантовій механіці.	4
3	Бра- і кет-вектори. Різні представлення операторів. Матриці операторів.	4
4	Представлення Шредінгера і представлення Гейзенберга.	6
5	Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Холодна емісія електронів з металу.	6
6	Умови застосовності квазікласичного наближення.	6
7	Квантове обертання твердого тіла.	4
8	Атом водню. Інтеграл руху Лапласа-Рунге-Ленца.	6
9	Квантові переходи під дією раптових збурень.	6
10	Квантова теорія дисперсії світла.	4
11	Атом у зовнішньому магнітному полі.	6
12	Хімічний зв'язок. Сили Ван дер Ваальса.	4
Разом за семестр		60

6.5. Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (екзамен):

- Основні експерименти початку 20-го століття, які не знаходять пояснення в рамках класичної механіки.
- Історія квантової фізики: від народження ідей до сучасності.
- Хвилі де Бройля, їх фазова та групова швидкість. Дифракція мікрочастинок.
- Статистичне тлумачення хвиль де Бройля.
- Хвильова функція. Імовірність місцезнаходження мікрочастинки.
- Принцип суперпозиції станів. Квантові статистичні ансамблі.
- Співвідношення невизначеності Гейзенберга.
- Оператори (визначення; дії над операторами: сума, добуток, квадрат; властивості: лінійність), оператор - комутатор.
- Власні значення та власні функції операторів, їх фізичний зміст. Умови імовірності вимірювання одночасно різних механічних величин.
- Оператори координати і імпульсу. Оператор моменту імпульсу (проекції, квадрат, оператор Лапласа).
- Оператор енергії (кінетичної, повної, Гамільтоніан). Рівняння Шредінгера.
- Рівняння неперервності (щільність потоку). Стаціонарне рівняння Шредінгера.
- Падіння частинки на потенціальний бар'єр.

14. Падіння частинки на потенціальний бар'єр кінцевої ширини. Тунельний ефект.
15. Гамільтаніан квантового гармонічного осцилятора.
16. Рівняння Шредінгера для квантового гармонічного осцилятора. Значення енергії та хвильової функції.
17. Власні значення і власні функції оператора проекції моменту імпульсу та оператора квадрата моменту імпульсу.
18. Рівняння Шредінгера для воднеподібного атома.
19. Пошук хвильової функції для воднеподібного атома (основні моменти).
20. Енергія електрона для воднеподібного атома. Квантові числа та хвильові функції електрона для воднеподібного атома.
21. Енергетичний спектр для воднеподібного атома.
22. Спін електрона, експериментальні докази його існування. Оператор спіну електрона.
23. Спінкові функції. Повний момент кількості руху електрона.
24. Рівняння Шредінгера для системи багатьох мікрочастинок. Принцип тотожності мікрочастинок.
25. Симетричні та антисиметричні стани. Принцип Паулі. Хвильові функції для систем бозонів і ферміонів.
26. Атом гелію. Обмінна енергія.
27. Рівняння Шредінгера для твердого тіла. Рух електрона в періодичному полі.
28. Ефект Штарка. Ефект Зеемана.
29. Випромінювання електромагнітної енергії. Основний та збуджені стани квантової системи.
30. Спонтанне та вимушене випромінювання.

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проектор Epson EB-X05 з екраном EliteScreens.

Обладнання: Ноутбук Lenovo V15-ADA (AMD Ryzen 3, RAM 8GB, SSD 256GB).

Програмне забезпечення: Windows 10.

Інформаційні технології та засоби онлайн навчання: система електронного навчання Moodle, корпоративна електронна пошта УжНУ;

електронний репозитарій ДВНЗ «УжНУ» <https://dspace.uzhnu.edu.ua>,

сайт УжНУ <https://www.uzhnu.edu.ua>, інформаційні ресурси в мережі Інтернет.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Карбованець М.І., Лазур В.Ю., Нодь Є.А. Практикум з квантової механіки. Практикум. – Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2022. – 52 с.
URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/45786>
2. Висоцький М. В. Атомна, ядерна фізика та елементи квантової механіки: текст лекцій / М.В. Висоцький; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. - Київ: ВПЦ "Київський університет", 2020. - 189 с.
3. Практичний курс квантової механіки : навч. посіб. / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини ; уклад. М. В. Дудик. 2-ге вид., перероб. – Бровари : АНФ груп, 2022. – 107 с.
4. Висоцький В. І. Збірник задач із квантової механіки: навчальний посібник / В.І. Висоцький, М.В. Максjuta, І.О. Ястремська; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. - Київ: ВПЦ "Київський університет", 2019. - 287 с.

Допоміжна література

1. Ткачук В. М. Фундаментальні проблеми квантової механіки. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. – 144 с.
2. Griffiths D.J., Schroeter D.F. Introduction to quantum mechanics. Third edition – New York: Cambridge University Press, 2018. – 644 p.
3. Czirják Attila, Dömötör Piroška, Földi Péter. Kvantummechanika számítógépes animációkkal. – Szegedi Tudományegyetem, 2010. – 87 old.
4. John Gribbin. Schrödinger macskája – Kvantumfizika és valóság. – Akkord Kiadó, 2022. – 268 old.
5. Filemon Ervin. Kvantumfizika avagy a XXI. század relativitáselmélete. – Kornétás Kiadó, Budapest, 2006. – 188 old.
6. Miller David A. B. Quantum Mechanics for Scientists and Engineers. – New York: Cambridge University Press, 2008. – 552 p.
7. Sakurai J.J., Napolitano J.J. Modern Quantum Mechanics. 2nd Edition. – Boston: Addison-Wesley, 2011. – 500 p.
8. Юхновський І.Р. Основи квантової механіки: Навч. пос. для студ. фізичн. спец. вищ. навч. закл. – Київ: Либідь. 2002. – 392 с.
9. Висоцький В.І. Квантова фізика та її використання в прикладній фізиці: Підручник. – Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 367 с.
10. Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. The Feynman Lectures on Physics, Vol. III: Quantum Mechanics. – New York: Basic Books, 2010. – 688 p.
11. Вакарчук І.О. Квантова фізика. – Львів.: ЛДУ ім. І. Франка, 2004. – 784 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Теоретична фізика. Квантова механіка [Електронний ресурс]: 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.
2. Geszti Tamás. Kvantummechanika. – Typotex Elektronikus Kiadó Kft, 2013. – 340 old.
3. Кобушкін, О. П. Збірник задач з квантової механіки [Електронний ресурс] : [підручник] / О. П. Кобушкін, Я. Д. Кривенко-Еметов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,18 Мбайт). – Київ, 2019. – 110 с.
4. Давидов О.С. Квантова фізика: Підручник. – Київ: Електронне видання, 2013. – 708 с.
URL: http://bitp.kiev.ua/files/doc/lectures/davydov_qm.pdf

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)