	Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка	**Силабус навчальної дисципліни** Групи ПН20Б
		ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА: КВАНТОВА МЕХАНІКА
		Статус дисципліни *нормативна (цикл професійної підготовки)*

Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка			
Спеціальність	014.15 Середня освіта (Природничі науки)			
Освітня програма	Середня освіта (Природничі науки)			
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти			
Форма здобуття освіти	Денна			
Курс	4			
Семестр	7			
Обсяг дисципліни	Кредити	***3***	Години	***90***
	Лекційні			***16***
	Практичні/семінарські			***16***
	Лабораторні			***-***
	Самостійна робота			***58***
Семестровий контроль	Екзамен			
Викладач	– Прізвище та ім'я: Подопригора Наталія – Науковий ступінь: Доктор педагогічних наук – Вчене звання: Професор – Посада: Професор кафедри природничих наук та методик їхнього навчання			
Контактна інформація	– Електронна пошта: n.v.podopryhora@cuspu.edu.ua – Контакти, як можна зв'язатися: +380506527422, Вайбер			
Кафедра	*Природничих наук та методик їхнього навчання*			
Факультет	*Математики, природничих наук та технологій*			
Предмет навчання (*Що буде вивчатися*)	**Вивчаються нерелятивістські мікроскопічні об'єкти матерії і їхня взаємодія із зовнішніми полями.** Під час вивчення квантової механіки студенти знайомляться із застосуванням операторного підходу, заснованого на інтегралах руху та співвідношеннях комутації. Вивчаються постулати квантової механіки та їхнє прикладне застосування для опису найпростіших квантових систем у задачах, які мають точні розв'язки (частинка в потенціальній ямі, гармонічний осцилятор і атом гідрогену) з погляду кількісного підходу до опису та аналізу квантово-механічних станів мікроскопічних фізичних систем. При цьому наголос робиться на загальних підходах щодо опису цих станів у найпростіших зовнішніх умовах (стаціонарні, одновимірні потенціальні поля). Особлива увага приділяється загальним теоретичним методам (квантово-механічне рівняння та закони збереження) знаходження квантових станів мікрооб'єктів (стандартні методи розв'язування рівняння Шредінгера), або системи мікрооб'єктів (стандартні методики виконання наближених розрахунків: теорія збурень, метод послідовних наближень і ін.) у періодичних фізичних полях на базі методу Хартрі-Фока. Встановлюються межі застосування квантової механіки та критерії її виродження при переході до класичних понять			
Мета (*Чому це цікаво/потрібно вивчати*)	*Метою курсу є формування* у студентів засобами навчання квантової механіки цілісного бачення світу, науковому світогляду; виробленню здатності до: реалізації наукового підходу під час аналізу проблем оточуючого світу, методології наукового пізнання у навчально-пізнавальній діяльності; *розвитку*: загальнонавчальних умінь (аналізу, узагальненню, систематизації, моделюванню і ін.), абстрактно-логічного, теоретичного та критичного мислення; творчих здібностей на засадах фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, інформатизації та професійної спрямованості навчання.			

Компетентності	Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі середньої освіти, що передбачає застосування теорій та методів освітніх наук та природничих наук, фізики, хімії, біології і характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти. Загальні компетентності: ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК2. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів). ЗК3. Здатність діяти соціально відповідально та свідомості. ЗК4. Здатність працювати в команді. ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК6. Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях. ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК8. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ЗК10. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації. Предметні (спеціальні фахові) компетентності: ФК1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання з квантової механіки при вивченні Всесвіту і природи Землі як планети. ФК2. Володіння математичним апаратом квантової механіки. ФК8. Здатність до рефлексії та самоорганізації професійної діяльності. ФК11. Здатність характеризувати досягнення природничих наук та їх ролі у житті суспільства; формування цілісних уявлень про природу, використання природничо-наукової інформації на основі оперування базовими загальними закономірностями природи.
Програмні результати (*Чому можна навчитися*)	Знання: ПРН32. Демонструє знання та розуміння основи квантової механіки, взаємозв'язок квантової механіки в структурі природничих наук та з іншими науками; ПРН33. Знає й розуміє математичні методи квантової механіки в моделі Шредінгера; ПРН34. Знає основні психолого-педагогічні теорії навчання, інноваційні технології навчання природничих наук, фізики, хімії, біології, актуальні проблеми розвитку педагогіки та методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології. ПРН35. Знає форми, методи і засоби контролю та корекції знань учнів з природничих наук, фізики, хімії, біології. ПРН37. Знає основи безпеки життєдіяльності, безпечного використання обладнання кабінетів фізики, хімії, біології. Уміння: ПРНУ1. Аналізує природні явища і процеси, оперує базовими закономірностями природи на рівні сформованої природничо-наукової компетентності з погляду квантової механіки як теоретичної схеми, її принципів і основ, а також на основі відповідних математичних методів. ПРНУ2. Володіє методикою проведення сучасного експерименту, здатністю застосовувати всі його види в освітньому процесі з природничих наук, фізики, хімії, біології ПРНУ3. Розв'язує задачі з квантової механіки різних рівнів складності. ПРНУ4. Користується математичним апаратом квантової механіки, використання математичних та числових методів, які часто застосовуються в квантовій фізиці. ПРНУ7. Уміє знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, насамперед за допомогою інформаційних та хмарних технологій. ПРНУ8. Самостійно вивчає нові питання квантової механіки фізики за різноманітними інформаційними джерелами. ПРНУ11. Дотримується правових норм і законів, нормативно-правових актів України, усвідомлює необхідність їх дотримання. Комунікація: ПРНК1. Володіє основами професійної мовленнєвої культури при вивченні квантової механіки. ПРНК2. Пояснює фахівцям і не фахівцям стратегію сталого розвитку людства та екологічної безпеки і шляхи вирішення глобальних проблем людства. Автономія і відповідальність ПРНА1. Усвідомлює соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності. ПРНА2. Відповідально ставиться до забезпечення охорони життя і власного здоров'я та оточуючих у освітньому процесі та позаурочній діяльності

Зміст дисципліни	ЛЕКЦІЇ (16 год.): ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ І ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ Тема 1. Вступ Тема 2. Експериментальні основи квантової механіки Тема 3. Теоретичні основи квантової механіки Тема 4. Фізичні основи і математичний апарат квантової механіки ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. ДЕЯКІ ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ Тема 1. Одновимірний рух

Тема 2. Рух частинки в центрально-симетричному полі. Атом гідрогену
Тема 3. Спін електрона
ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 3. ФІЗИКА АТОМІВ І МОЛЕКУЛ
Тема 1. Теорія збурень
Тема 2. Атом гелію
Тема 3. Взаємодія атома з електромагнітним полем
Тема 4. Електрон в ідеальному кристалі
Тема 5. Теорія розсіювання
Тема 6. Висновки
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ (16 год.):
Тема 1. Особливості поведінки мікрооб'єктів. 2 год.
Запитання для самоконтролю:

1. Який розділ фізики називають квантовою механікою?
2. Що є предметом дослідження квантової механіки?
3. Сформулювати принцип відповідності для квантової теорії.
4. У чому полягає ідея Планка стосовно пояснення характеру випромінювання у спектрі абсолютно чорного тіла?
5. У чому полягає ідея Ейнштейна стосовно пояснення квантового характеру електромагнітного випромінювання?
6. Сформулювати постулати та правило відбору напівкласичної теорії Бора.
7. У чому полягають основні ідеї Луї де Бройля, щодо пояснення корпускулярно-хвильових властивостей мікрооб'єктів?
8. У чому полягає фізичний зміст сталої Планка?
9. Записати співвідношення невизначеностей Гейзенберга у координатному представленні.
10. Яке значення мають співвідношення невизначеностей Гейзенберга для фізичної теорії?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 1; 2; 3; 4; 5.

Додому: №№ 6; 8; 9.

Тема 2. Хвильові властивості мікрочастинок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. 2 год.
Запитання для самоконтролю:

1. Сформулюйте основні проблеми, з якими зіткнулась класична фізика наприкінці XIX століття під час пояснень явищ мікросвіту?
2. Які фізичні явища вказують на хвильову природу мікрооб'єктів?
3. Які фізичні явища вказують на корпускулярну природу мікрооб'єктів?
4. У чому полягає ідея корпускулярно-хвильового дуалізму?
5. Які фундаментальні експериментальні дослідження підтвердили ідею Луї де Бройля щодо корпускулярно-хвильового дуалізму елементарних частинок?
6. Як розрахувати довжину хвилі де Бройля?
7. У чому полягає концепція математичних хвиль де Бройля?
8. Чи диспергують хвилі де Бройля у вакуумі?
9. Як визначається фазова швидкість хвиль де Бройля?
10. Як визначається групова швидкість хвиль де Бройля?
11. Чи має фізичний зміст групова швидкість для плоскої монохроматичної хвилі де Бройля, у чому полягає ідея введення цієї величини?
12. У чому полягає необхідність статистичної інтерпретації квантових явищ?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 11; 12; 15; 17; 18; 28; 30.

Додому: №№ 14; 16; 24.

Тема 3. Самоспряжені оператори. Власні функції і власні значення. Комутатори операторів. 2 год.
Запитання для самоконтролю:

1. Що називають оператором?
2. Які оператори називають лінійними?
3. Що називають комутатором операторів?
4. Які оператори називають комутуючими?
5. Які оператори називають самоспряженими?
6. Що називають хвильовою функцією?
7. Яким умовам повинна задовольняти хвильова функція внаслідок її фізичних обмежень?
8. Як визначається густина місцезнаходження мікрочастинки?
9. Запишіть умову нормування хвильової функції.
10. Сформулюйте квантовий принцип суперпозиції.
11. Запишіть у загальному вигляді рівняння для власних функцій і власних значень деякого довільного оператора.
12. Що означає твердження «власне значення ермітового оператора вироджене»?
13. Які типи спектрів власних значень Ви знаєте?
14. Власні значення ермітових операторів належать до множини дійсних чи уявних чисел?
15. Як визначити середнє значення фізичної величини із урахуванням імовірності їх дозволених значень.
16. Що у квантовій механіці розуміють під повним набором спостережуваних?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 32; 35; 36; 49; 50; 51; 52; 53.

Додому: №№ 39; 45; 57.

Тема 4. Зміна квантових станів. Інтеграли руху. 2 год.

Запитання для самоконтролю:

1. За допомогою чого описується квантово-механічний стан мікрочастинок?
2. З якого рівняння квантової механіки шукають хвильову функцію мікрочастинки та її зміну? Записати його загальний вигляд.
3. Сформулювати квантовий принцип причинності.
4. Чому дорівнює оператор координати?
5. Який вигляд має оператор проекції імпульсу на вісь $0x$?
6. Записати загальний вигляд оператора Гамільтона?
7. Який вигляд має оператор кінетичної енергії?
8. Який вигляд має оператор потенціальної енергії?
9. Записати стаціонарне рівняння Шредінгера в операторному представленні.
10. Записати квантове рівняння руху, що воно визначає?
11. Записати квантові рівняння Гамільтона.
12. Записати квантові співвідношення, які відображають теореми Еренфеста.
13. За яких умов можна стверджувати, що квантовий рух переходить в класичний?
14. Які інтеграли руху квантової механіки Вам відомі?
15. Записати рівняння неперервності квантової механіки.
16. Сформулювати закон збереження числа частинок для квантової системи.
17. Як визначає густина потоку ймовірностей?
18. Як визначається середня густина речовини?
19. Як визначається середня густина електричного заряду?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 89; 91; 98; 101.

Додому: №№ 95; 106; 109.

Тема 5. Стаціонарне рівняння Шредінгера. 2 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Який стан квантової системи називають стаціонарним?
2. Записати стаціонарне рівняння Шредінгера для координатної частини хвильової функції в диференціальній формі.
3. Записати інтегральну форму стаціонарного рівняння Шредінгера для часової складової хвильової функції.

4. Який рух квантової частинки називають одновимірним?
5. Сформулюйте основні властивості одновимірного руху.
6. Як визначити середнє значення фізичної величини?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 115(1); 116, 120.

Додому: №№ 115(2,3,4).

Тема 6. Задача про частинку в потенціальній ямі. 2 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Намалюйте малюнок та запишіть умову, яка відображає постановку задачі про частинку в одновимірному потенціальному ящику з нескінчено високими непроникними стінками.
2. Записати одновимірне стаціонарне рівняння Шредінгера.
3. Який вигляд мають хвильові функції мікрочастинки поза межами потенціальної ями, поясніть чому?
4. До якого математичного вигляду можна звести рівняння Шредінгера для частинки всередині потенціальної ями, записати його загальний розв'язок?
5. Сформулюйте граничні умови для хвильової функції частинки біля меж потенціальної ями.
6. Записати формули Ейлера для комплексних чисел.
7. Записати умову нормування хвильової функції.
8. Записати частковий розв'язок задачі про частинку в одновимірній потенціальній ямі з нескінчено високими стінками.
9. Який енергетичний спектр власних значень оператора Гамільтона отримується під час розв'язку задачі про частинку в одновимірній потенціальній ямі з нескінчено високими стінками?
10. Як визначається віддаль між сусідніми енергорівнями у задачі про частинку в одновимірній потенціальній ямі з нескінчено високими стінками.
11. Чому дорівнює імовірність місцезнаходження квантової частинки в одновимірній потенціальній ямі з нескінчено високими стінками?
12. Яке застосування має задача про частинку в одновимірній потенціальній ямі з нескінчено високими стінками?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 122; 124.

Додому: №№ 123, 127.

Тема 7. Рух частинки у центрально-симетричному полі. Атом гідрогену. 2 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Яке поле називають центрально-симетричним?
2. Які закони збереження виконуються у центрально-симетричному полі?
3. Який вигляд має оператор проекції орбітального моменту імпульсу на вісь $0z$ у сферичній системі координат?
4. Чому дорівнює власна функція оператора проекції орбітального моменту імпульсу на вісь $0z$ у сферичній системі координат?
5. Який спектр власних значень має оператор проекції орбітального моменту імпульсу на вісь $0z$ у сферичній системі координат?
6. Що являє собою магнітне квантове число?
7. Який вигляд має оператор квадрата моменту імпульсу у сферичній системі координат?
8. Який спектр власних значень має оператор квадрата моменту імпульсу у сферичній системі координат?
9. Що являє собою орбітальне квантове число?
10. Який вигляд має радіальне рівняння Шредінгера?
11. Проаналізувати розв'язок радіального рівняння Шредінгера у випадку додатного значення повної енергії квантової частинки по відношенню до силового центру.
12. Проаналізувати розв'язок радіального рівняння Шредінгера у випадку від'ємного значення повної енергії квантової частинки по відношенню до силового центру.
13. Які атоми вважаються гідрогеноподібними?

14. Записати вигляд силового поля нерухомого точкового ядра гідрогеноподібного атому.
15. Які властивості має поле нерухомого точкового ядра гідрогеноподібного атому?
16. Яке рівняння зручно використати для розв'язку задачі про атом водню?
17. Який спектр енергій електрона утворюється під час розв'язання задачі про атом водню?
18. Чому дорівнює енергія n – ого рівня електрона у атомі водню?
19. Що називають радіальним квантовим числом, яких допустимих значень воно може набувати?
20. Що називають головним квантовим числом, яких допустимих значень воно може набувати?
21. Намалюйте схематично картину рівнів енергії у гідрогеноподібному атомі.
22. Яка кількість різних хвильових функцій відповідає головному квантовому числу n ?
23. Поясніть як можна описати стан електрона у гідрогеноподібному атомі за допомогою квантових чисел?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 150; 152 (для *p*- стану); 153; 155.

Додому: №№ 147; 152 (для *d* і *f*- станів); 164.

Тема 8. Спін електрона. Магнітні властивості атомів. 2 год.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають спіном електрона?
2. Які експериментальні факти підтверджують існування у електрона власного механічного моменту?
3. Чому дорівнює магнетон Бора?
4. Чому дорівнює власний магнітний момент електрона?
5. Чому дорівнює власний механічний момент електрона?
6. Записати гіромагнітне співвідношення.
7. Записати математичний вигляд спінових матриць Паулі.
8. Записати математичний вигляд операторів спіна.
9. Який вигляд має хвильова функція електрона з урахуванням його спіна?
10. Як визначається повний магнітний момент атома?
11. Який вигляд має спектральне позначення терма?
12. Як розраховується g – фактор розщеплення Ланде?

Розв'язування задач: Робоча програма навчальної дисципліни Теоретична фізика: квантова механіка для студентів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки) за першому рівні вищої освіти. ЦДУ імені В. Винниченка, 2023. 38 с.

В аудиторії: №№ 213; 214; 215; 216; 222.

Додому: №№ 208; 209; 217.

КОНТРОЛЬНА РОБОТА: *виконується за варіантами, номер варіанта визначаються за номером студента в списку академічної групи і містить п'ять задач. Завдання викладаються для викладання в Classroom курсу.*

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ:

Бородин О.М. Теоретична фізика. Квантова механіка: навч. посібник [Електронне видання]. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 233 с. Режим доступу: http://surl.li/putxj

№ з/п	Номери завдань визначено на відповідних сторінках навчального посібника							
	С. 17	С. 23	С. 31	С.50	С.57	С.67	С.80	С.127-128
1.	1	2 (а)	1	1	1	7 (а)	2	1
2.	2	2 (б)	2	2	2	7 (б)	3	2
3.	3 (а)	2 (г)	3	3	3	7 (в)	4 (а)	3
4.	3 (б)	2 (д)	4	7	4	7 (г)	4 (б)	4

Примітка: *завдання визначаються за номером студента в списку академічної групи, виконуються в окремому зошиті з детальним поясненням до кожної задачі не пізніше останнього тижня до початку заліково-екзаменаційної сесії*

Завдання для підвищення рейтингу (не є обов'язковими)	НЕФОРМАЛЬНА ОСВІТА: а) Навчання на одній з міжнародних онлайн-платформ: Coursera, Udemy, Edx – пройти онлайн курс (тривалістю не менше ніж 5 тижнів) та отримати сертифікат про його завершення. б) Навчання на платформі Labster та виконання завдань симуляторів: 1) «*Atomic Structure: Assess the possibility of life on other planets*» Будова атома: оцініть можливість існування життя на інших планетах Наприкінці цієї симуляції ви зможете: - Пояснити поняття атома - Пояснити властивості основних субатомних частинок: протонів, нейтронів і електронів - Визначати атомний номер і атомну масу - Визначати визначення ізотопів - Зрозуміти основи квантової атомної моделі та описати значення чотирьох квантових чисел 2) «*Basic Electricity: Understand how electricity works*» Основи електрики: зрозуміти як працює електрика Наприкінці цієї симуляції ви зможете: - Дати визначення понять заряду, напруги, сили струму та їх одиниць - Описати як утворюється електричний струм в електричному колі і що є його носіями - Визначати основні складники електричного кола - Складати електричні кола - Застосовувати закон збереження заряду та енергії до електричного кола 3) «*Atomic Structure: Assess the possibility of life on other planets*» Атомна будова (принципи): атоми та ізотопи Наприкінці цієї симуляції ви зможете: - Пояснити поняття атома - Пояснити властивості основних субатомних частинок: протонів, нейтронів і електронів - Використовувати позначення квантового стану атома для визначення кількості протонів, нейтронів і електронів в атомах і іонах. - Визначати атомний номер і масове число - Давати визначення ізотопів та іонів - Описувати, як атомний номер і масове число застосовуються до ізотопів 4) «*Atomic Structure (Principles): Bohr and quantum models*» Атомна будова (принципи): квантова модель Бора Наприкінці цієї симуляції ви зможете: - Описати історичну еволюцію атомних моделей - Описати, як атомні спектри пояснюються за допомогою моделі Бора - Описувати квантові стани атома за допомогою квантових чисел - Використовувати атомний спектр, щоб визначити склад газу Зареєструватись на пропонованих онлайн-платформах можна через адміністратора ЦДУ ім. В. Винниченка, звернувшись до нього листом на адресу: webmaster@cuspu.edu.ua з власної корпоративної адреси в домені @cuspu.edu.ua. ТЕМИ РЕФЕРАТІВ: 1. Експериментальні основи квантової механіки і її зв'язок з класичною фізикою. 2. Одержання рівняння Шредінгера на основі дисперсійного рівняння. Оператори. 3. Одержання рівняння Шредінгера на основі оптико-механічної аналогії. 4. Зв'язок хвильової функції з експериментально вимірюваними величинами. 5. Чисті та мішані квантові стани. Матриця густини. 6. Теорія зображень. 7. Тензорний формалізм в теорії момента імпульса. 8. Квантові стани дискретного спектра в центральних полях. 9. Канонічні перетворення в квантовій механіці. 10. Рух без спінової зарядженої частинки в магнітному полі. 11. Частинка зі спіном у магнітному полі. 12. Магнітне поле орбітальних струмів і спінові магнітні моменти. 13. Задача двох частинок у квантовій механіці. 14. Тотожні частинки. Основи формалізму вторинного квантування. 15. Нестаціонарні явища в атомах і молекулах.

	16. Фазова теорія розсіювання. Розсіювання повільних частинок. Резонансні явища під час розсіювання. 17. Розсіювання складних частинок. 18. Теорія фотоефекту. 19. Квантова теорія дисперсії. 20. Варіаційний метод у квантовій механіці. 21. Релятивістське хвильове рівняння для частинок з напівбілим спіном. 22. Релятивістська теорія атома гідрогену. 23. Енергетичний спектр атомних систем у магнітному полі. Ефект Зеемана. 24. Квантування електромагнітного поля. 25. Взаємодія атомних систем з квантовим електромагнітним полем. 26. Атоми і молекули як квантові системи. Стаціонарні стани атомів з одним і двома електронами. 27. Основні уявлення про ядерні сили. Дейтрон. Модель ядерних оболонок. 28. Кінематика розпадів і зіткнень. 29. Збереження моменту імпульсу і парності під час розпадів і зіткнень. Ізотонічні співвідношення. 30. Основи релятивістської квантової механіки
Критерії оцінювання роботи студентів	Форми поточного контролю: виконання тестових завдань, розв'язування домашніх задач, контрольної роботи та індивідуальних завдань Т – тестовий контроль з теоретичного матеріалу; КР – контрольна робота; ДЗ – розв'язування домашніх задач; ІДЗ – виконання індивідуальних завдань. *Урахування балів за виконанні завдання для підвищення рейтингової оцінки – до 10 балів, які корелюють підсудкові бали до екзамену, який не може перевищувати 60 балів.* Форма підсумкового контролю – екзамен. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗА ВИДАМИ ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: Оцінювання тестових завдань: Під час виконання тестових завдань оцінювання здійснюється відповідно до критеріїв і структури завдання (1 бал за кожну правильну відповідь з накопиченням за кількістю запитань тесту. Підсумкова кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий «відмінно», достатній «добре», середній «задовільно», низький «незадовільно»). 1. Тестове завдання "Експериментальні та теоретичні основи квантової механіки": Виконати 25 тестових завдань: Кількість балів за правильну відповідь з одним варіантом =1. Максимальна кількість балів за тест = 25, яка переводиться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 25 балів – високий рівень – "відмінно" , 20 балів – достатній рівень – "добре", 15 балів – середній рівень – "задовільно", 10 балів – низький рівень – "незадовільно". 2. Тестове завдання "Квантова механіка в моделі Шредінгера": Виконати 50 тестових завдань: Кількість балів за правильну відповідь з одним варіантом =1. Максимальна кількість балів за тест = 50, яка переводиться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 50 балів – високий рівень – "відмінно" , 40 балів – достатній рівень – "добре", 30 балів – середній рівень – "задовільно", 20 балів – низький рівень – "незадовільно". *Незадовільна оцінка передбачає перескладання* ОЦІНЮВАННЯ ПИСЬМОВИХ РОБІТ Домашньої роботи: Розв'язати по 3 задачі за кожною темою: Максимальна кількість балів за кожну правильно розв'язану задачу = 2. Підсумкова оцінка, яка виставляється в академічний журнал, визначається шляхом додавання отриманих балів за всі розв'язані задачі. Підсумкова кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий (6 балів) «відмінно», достатній (4 балів) «добре», середній (2 балів) «задовільно», низький (1 і нижче балів) «незадовільно». Контрольної роботи: Розв'язати 5 задачі за варіантами. Максимальна кількість балів за кожну правильно розв'язану задачу = 2. Підсумкова оцінка, яка виставляється в академічний журнал, визначається шляхом додавання отриманих балів за всі розв'язані задачі. Підсумкова кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий (6 балів) «відмінно», достатній (4 балів) «добре», середній (2 балів) «задовільно», низький (1 і нижче балів) «незадовільно». Індивідуальних завдань: Розв'язати 8 задач відповідно до списку. Максимальна кількість балів за кожну правильно розв'язану задачу = 2. Підсумкова оцінка, яка виставляється в академічний журнал, визначається шляхом додавання отриманих балів за всі розв'язані задачі. Підсумкова

кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий (16 балів) «відмінно», достатній (12 балів) «добре», середній (8 балів) «задовільно», низький (6 і нижче балів) «незадовільно».

Критерії оцінювання розв'язування однієї задачі:

2 бали ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

1,5 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

1 бал ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у 0 балів.

При оцінюванні письмових робіт враховується частка завдання, яка виконана правильно.

Оцінювання завдань для підвищення рейтингу (до 10 балів):

1) За проходження одного онлайн курсу (тривалістю не менше ніж 5 тижнів) та отримати сертифікату про його завершення на одній з міжнародних онлайн-платформ Coursera, Udemy або Edx передбачено врахування 10 балів, які корелюють підсумкову кількість балів за семестр до початку екзамену до 60 балів.

2) Накопичити до 10 балів, виконуючи завдання симуляторів на платформі Labster та скроплювати підсумкову кількість балів за семестр до початку екзамену до 60 балів.

Кількість балів за симулятор виставляється лише за умови виконання завдання повність (з прогресом 100%) через встановлення пропорційності за часткою визначеного симулятором кількістю балів за чотирибальною шкалою:

90-100% - 5 балів – високий рівень «відмінно»

74-89% - 4 бали – достатній рівень «добре»

60-73% - 3 бали – середній рівень «задовільно»

1-59% - 0 білів – низький рівень «незадовільно»

3) Оцінювання завдань для підвищення рейтингу – рефератів (5 балів за один реферат):

Вид оцінювання	Розподіл балів
Наявність: - загальна характеристика роботи (актуальність, мета, об'єкт, предмет дослідження, завдання, методи дослідження, характеристика етапів виконання дослідження, структура роботи); - структурування змісту роботи - наявність висновків; - перелік використаних першоджерел; - (додатків, за необхідності)	 0,5 балів 0,5 балів 0,5 балів 0,5 балів
Оформлення (дотримання вимог щодо написання рукопису)	0,5 балів
Зміст (повнота теоретичних відомостей, що відповідають змістові роботи)	1 балів
Прилюдний захист: - доповідь (логічність, структурованість, локанічність, цілісність, системність і ін.); - унаочнення – мультимедійна презентація (схеми, таблиці, малюнки, відеоролики, фотографії і ін.); - відповіді на запитання під час обговорення (рівень теоретичної підготовки, широка ерудиція, інтелектуальні, комунікативні якості і ін.).	 0,5 балів 0,5 балів 0,5 балів
Загальна кількість балів	5 балів

Додаткові бали для підвищення рейтингу корелюють підсудкові бали до екзамену, який у підсумку не може перевищувати 60 балів.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ НА ЕКЗАМЕНІ

Підсумкове оцінювання на екзамені обраховується як сума балів за виконані завдання в екзаменаційному білеті. Зміст екзаменаційних білетів складається з теоретичного і

практичного складників (2 теоретичних питань за програмою курсу – 5 балів за кожне (5+5)×2=20 балів; 1 практичне завдання з розв'язування задачі – 5 балів×4=20 балів. Усього 40 балів).

Оцінювання теоретичного питання:

5 балів ставиться тоді, коли студент: виявляє правильне розуміння фізичного змісту розглядуваних явищ і закономірностей, законів і теорій, дає точне визначення і тлумачення основних понять, законів і теорій, а також правильне визначення фізичних величин будує відповідь за власним планом, супроводжує розповідь власними прикладами, вміє застосувати знання в новій ситуації; може встановити зв'язок між матеріалом, що вивчається, і раніше вивченим.

4 бали студент одержує в разі неповного відтворення відповіді, пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, постулатів, принципів і невмінням визначити їх за довідниками, посібниками.

3 бали оцінюється відповідь, у якій лише відтворено основні постулати й принципи, на яких ґрунтується зміст відповідей без математичного виведення лише фрагментарним описом окремих елементів.

У 0 балів оцінюється відповідь, що складають логічно не зв'язані фрагментарні відомості, які не дозволяють судити про розуміння суті відповіді; відсутність знань законів, постулатів і їх математичних виразів.

Оцінювання завдань з розв'язування задачі:

5 балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

4 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

3 бали ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у 0 балів.

При оцінюванні письмових робіт враховується частка завдання, яка виконана правильно.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ (ПОТОЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ)

Теоретичний блок: виконання тестових завдань Т	
Т1	Т2
5	5

Практичний блок: Дз – розв'язування домашніх задач за програмою практичного заняття; ІДЗ – виконання індивідуальних завдань; КР – розв'язування задач контрольної роботи за варіантами

Дз1	Дз2	Дз3	Дз4	Дз5	Дз6	Дз7	Дз8	Кр	ІДЗ
6	6	6	6	6	6	6	6	10	16

Підсумковий бал до екзамену обраховується як сума всіх накопичених балів з теоретичної і практичної підготовки:

ПБ=(Т1+Т2+Пр1+Пр2+ Пр3+ Пр4+ Пр5+ Пр6+ Пр7+ Пр8+Кр+ІДЗ)*0,71,

З урахуванням коригувального коєфіцієнту 0,71 відповідно до максимально можливої кількості балів:

ПБ (max)=84*0,71=60 балів.

Додаткові до 10 балів для підвищення рейтингу корелюють підсудкові бали до екзамену, який у підсумку не може перевищувати 60 балів.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ (Екзамен)			
1 теоретичне питання	2 теоретичне питання	Розв'язування задачі	Загальна кількість балів
5×2=10	5×2=10	5×4=20	40

Усього за курс: 60+40=**100 балів,** які переводяться в оцінку за шкалою ECTS Європейської трансферної накопичувальної системи і за національною системою оцінювання.

<table>
<tr><td></td><td>

Шкала оцінювання: національна та ECTS

<table>
<tr><th rowspan="2">Сума балів за всі види навчальної діяльності</th><th rowspan="2">Оцінка ECTS</th><th>Оцінка за національною шкалою</th></tr>
<tr><th>для екзамену</th></tr>
<tr><td>90 – 100</td><td>A</td><td>відмінно</td></tr>
<tr><td>82-89</td><td>B</td><td rowspan="2">добре</td></tr>
<tr><td>74-81</td><td>C</td></tr>
<tr><td>64-73</td><td>D</td><td rowspan="2">задовільно</td></tr>
<tr><td>60-63</td><td>E</td></tr>
<tr><td>35-59</td><td>FX</td><td>незадовільно з можливістю повторного складання</td></tr>
<tr><td>0-34</td><td>F</td><td>незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>Політика курсу (правила поведінки)</td><td>

Вимоги щодо відвідування занять, виконання завдань тощо:

- Присутність та активна участь на заняттях
- Своєчасне та якісне виконання завдань

Очікується, що здобувачі освіти відвідуватимуть заняття.

Під час відвідування занять очікується дотримання Правил внутрішнього трудового розпорядку в ЦДУ ім. В. Винниченка та етичних норм поведінки відповідно до Етичного кодексу університетської спільноти в ЦДУ ім. В. Винниченка.

Очікується, що здобувачі дотримуватимуться строків виконання всіх видів робіт, передбачених курсом. За несвоєчасно подані роботи / завдання (з порушенням визначених строків) знижуватимуться бали.

Якщо здобувач не відпрацював пропущені навчальні заняття, не виправив оцінки 0,1,2 отримані на заняттях, не виконав завдання самостійної роботи та поточного контролю або виконав менше ніж на 60% від максимальної кількості балів, виділених на цей вид роботи, він вважається таким, що має академічну заборгованість за результатами поточного контролю.

Пропущені заняття здобувач має відпрацювати. За відпрацьовані заняття нараховуються бали достатнього (3), високого (4) та високого рівня (5) відповідно до критеріїв оцінювання відповідного завдання.

Очікується, що здобувачі освіти не будуть запізнюватися на заняття, а мобільні телефони під час занять використовуватимуть лише з освітньою метою.

Під час організації занять з використанням технологій дистанційного навчання (із використанням платформ для відеоконференцій) очікується, що здобувачі працюватимуть на заняттях з увімкненою веб камерою

Вимоги щодо академічної доброчесності:

- Не списувати
- Формування та формулювання авторської позиції однієї і тої ж самої теми різними студентами академічної групи

Дотримання академічної доброчесності регулюється ЕТИЧНИМ КОДЕКСОМ університетської спільноти в Центральноукраїнському державному університеті імені Володимира Винниченка

Враховуючи нульову толерантність до вияву академічної недоброчесності, очікується, що роботи здобувачів будуть містити їхні оригінальні міркування.

Вияви недоброчесності:

✓відсутність покликань на використані джерела,

✓фабрикування джерел списування,

✓втручання в роботу інших здобувачів,

✓списування під час занять та виконанні завдань, підготовки до них, самостійної роботи тощо.

- Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмових роботах здобувачів та фактів списування є підставою для їхнього не зарахування викладачем (незалежно від масштабів плагіату чи обману)

</td></tr>
<tr><td>Інформаційне забезпечення</td><td>Google Classroom в корпоративному домені @cuspu.edu.ua:
https://classroom.google.com/c/NjE3NDIwOTQ2OTc0?cjc=w6j5csg
Код класу: w6j5csg</td></tr>
</table>

	Meet для відео зустрічі в Classroom: https://meet.google.com/jso-tkdg-yup
Матеріально-технічне забезпечення	*Навчання: за розкладом, визначеним деканатом факультету* *Засоби навчання: смартфон або комп'ютер, доступ до мережі інтернет, наукова література за програмою курсу в бібліотеці університету або на відкритих онлайн ресурсах Інтернету, презентаційні матеріали в* Classroom курсу