

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Факультет Математики, фізики та інформаційних технологій Кафедра фізики та астрономії

Силабус курсу

Квантова механіка

Обсяг	7 кредитів ECTS (210 академічних годин)
Семестр, рік навчання	6, 7 семестр, 3, 4 рік навчання
Дні, час, місце	відповідно до затвердженого розкладу занять
Викладач (-і)	Кулінський Володимир Леонідович, доктор фіз.-мат. наук, професор
Контактний телефон	097 377 99 30
Е-mail	kulinskij@onu.edu.ua
Робоче місце	Вул. Пастера 42, ауд. 30
Консультації	Вул. Пастера 42, ауд. 31

КОМУНІКАЦІЯ Е-mail, телефон, Telegram

АНОТАЦІЯ КУРСУ

Метою викладання навчальної дисципліни є: вивчення майбутнім бакалаврами з фізики та астрономії основних положень квантової теорії та методів розв'язок задач; формування навичок аналізу квантових явищ, знайомство студентів з теоретичними основами сучасних нанотехнологій. Засвоєння фундаментальних фізичних складових, отримання практичних навичок, що здобуваються в межах дисципліни «Квантова механіка» є умовою для подальшого ефективного вивчення дисциплін за вибором з циклу професійної підготовки, успішного виконання дипломної роботи.

Завдання:

- засвоєння бакалаврами основних понять та методів квантової теорії

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей:**

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.

Загальні компетентності:

- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
K04. Здатність бути критичним і самокритичним.
K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
K21. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.
K26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
K27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

Заплановані результати навчання: по проходженні курсу студенти будуть *знати*: основні положення нерелятивістської квантової теорії та методи розв'язання типових задач; розуміти принципи застосування фундаментальних законів квантової механіки у сучасних технологіях

вміти: застосовувати принципи квантової теорії для пояснення явищ і оцінки основних фізичних характеристик квантових об'єктів.

розуміти: роль квантової теорії у технологічному прогресі людства, що забезпечує

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.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

3.Зміст навчальної дисципліни

6 семестр

Змістовий модуль 1. Основи квантової механіки

Тема 1. Хвильові пакети. Співвідношення невизначеності для хвильових пакетів. Дисперсія хвиль де Бройля.

Тема 2. Проекційний постулат. Імовірнісний зміст амплітуд розподілу хвильової функції по плоским хвилям.

Тема 3. Зображення фізичних величин операторами у гільбертовому просторі хвильових функцій.

Тема 4. Операторне формулювання принципу невизначеності. Комутатор операторів.

Тема 5. Зміна квантового стану з часом. Оператор еволюції. Рівняння Шредингера і Гейзенберга.

Тема 6. Стаціонарні стани частинки у потенціальному полі. Одновимірне розсіяння.

Тема 7. Симетрія і закони збереження. Закон збереження імпульсу. Обертальна симетрія.

Тема 8. Поняття про спин. Складення орбітального і спінового моментів. Гамільтоніан Паулі.

Тема 9. Лінійний гармонічний осцилятор

Тема 10. Атом водню. Спектр, інтеграли руху та хвильові функції.

Змістовий модуль 2. Наближені методи квантової механіки

7 семестр

Тема 11. Квазікласичне наближення у квантовій механіці. Правила квантування Бора-Зоммерфельда.

Тема 12. Стаціонарна теорія збурень для невиродженого рівня. Поправки 1-го та 2-го порядку до енергетичного рівня та хвильової функції.

Тема 13. Природа ван дер ваальсових сил. Стаціонарна теорія збурень для виродженого рівня. Зникнення виродження у першому порядку. Ефект Штарка у атомі водню і воднеподібних атомах.

Тема 14. Постановка задачі нестационарної теорії збурень. Перше наближення для хвильової функції.

Тема 15. Переходи під дію гармонічного за часом збурення. Ймовірність переходу за одиницю часу. Переходи у стан неперервного спектру. Золоте правило Фермі.

Тема 16. Постановка задачі розсіяння у квантовій механіці. Амплітуда розсіяння та її основні властивості.

Тема 17. Принцип тотожності частинок. Бозони та ферміони. Хвильова функція системи взаємодіючих бозонів, ферміонів. Обмінна взаємодія. Структура багатоелектронних атомів та молекул.

Тема 18. Поглинання та випромінювання світла квантовими системами. Електромагнітне поле у порожнині як система осциляторів.

Тема 19. Формалізм ізотопічного спіна. Алгебра операторів ізоспіна. Ізотопічна інваріантність ядерних сил. Рівні енергії ядер. Квантові числа елементарних частинок.

Тема 20. Елементи релятивістської квантової теорії. Рівняння Дірака та Клейна-Гордона.

Перелік рекомендованої літератури

Основна

1. Вакарчук І.О. Квантова механіка, ЛДУ, Львів 1998, 879с.
2. Юхновський І.Р., Квантова механіка, К. Либідь 1995, 392с.
3. Висоцький В.І., Квантова механіка та її використання у прикладній фізиці, КНУ 2008, 367с.
4. Бродин О.М. Теоретична фізика. Квантова механіка, К. КПІ, 2022, 233с.

5. Давидов О.С. Квантова механіка, К.Академперіодика, 2012, 708с.

Додаткова

1. Landau L.D., Lifshitz E.M. Quantum Mechanics: Non-relativistic theory, Pergamon Press 2013. <http://surl.li/fngch>
2. [Кулінський В.Л. Курс лекцій з Квантової Механіки для студентів відділення фізика та астрономія](https://drive.google.com/drive/folders/0BzX-VEgOwDJ9NVRIQ2dNZ000NVU?resourcekey=0-VDzWomqHEuaUgdGT2_c3w) https://drive.google.com/drive/folders/0BzX-VEgOwDJ9NVRIQ2dNZ000NVU?resourcekey=0-VDzWomqHEuaUgdGT2_c3w
3. Dirac P.A., Principles of Quantum Mechanics, OUP

ОЦІНЮВАННЯ

Контроль навчальних досягнень здобувачів освіти за дисципліною забезпечується за допомогою поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль успішності – систематична перевірка знань студентів, що проводиться викладачем під час аудиторних занять: у ході опитування, виконання контрольних робіт у письмовій формі. Роботи виконуються по варіантах.

Підсумковий контроль успішності проводиться у формі заліку після першого семестру та іспиту в кінці другого семестру навчання. Під час заліку або іспиту студент може отримати додаткове питання (додаткове практичне завдання), відповідь на яке оцінюється у 2 бали.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль 1 Поточний контроль на лекціях та практичних	Модульна контрольна робота	Практичні завдання	Самостійна робота	Разом		
T1-T10						
1-10	30	30	30	100		100
Змістовий модуль 2 Поточний контроль на лекціях та практичних						
T11-T20						
1-10	20	20	20	70	30	100

T1, T2, ... T10 – теми змістових модулів

Самостійна робота студентів.

Форми самостійної роботи:

- індивідуальна (реферативні повідомлення, індивідуальні консультації);

- групова (навчання у співпраці, факультативні заняття);

Методи контролю:

- Рефлексивний. Контроль у формі обміну думками між студентом і викладачем у рівноправному діалозі.

- Індивідуальна співбесіда. Використовується зі студентами, які пропустили одне чи кілька навчальних занять або отримали незадовільну оцінку.

- Письмові завдання і контрольні роботи. Пропонуються за пропущеними темами курсу, що зобов'язує студента самостійно опрацювати ці теми.

Критерії оцінювання:

практичних робіт – кожна робота оцінюється максимум у 10 балів:

Студент правильно розв'язав практичне завдання (задачу), вміє пояснити методику розв'язання та зміст застосовуваного понятійного апарату і формул, вміє аргументувати свої думки – 9-10 балів.

Студент показує знання методики розв'язання практичного завдання (задачі) та змісту застосовуваного понятійного апарату і формул. Проте допущені окремі незначні помилки у розв'язанні – 7-8 балів.

Студент показує знання методики розв'язання практичного завдання (задачі) та змісту застосовуваного понятійного апарату і формул. Проте допущені помилки у розв'язанні не дають можливості зробити правильні висновки – 5-6 балів.

Студент частково розв'язав практичне завдання (задачу), але не зміг аргументувати свою відповідь, помилився у використанні понятійного апарату та методики розв'язання задачі – 1-4 бали.

Активна участь у кожному лекційному занятті оцінюється максимум 5 балів, та включає наступні показники:

- залученість у тематичних дискусіях на лекціях – максимум 3 бали

- відповіді на тематичні запитання за лекцією – максимум 2 бали.

Строки здачі робіт – до проведення підсумкового контролю.

ПОЛІТИКА КУРСУ

Політика щодо перескладання.

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності.

Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів) що можуть використовуватися в освітньому процесі.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему роботи.

Політика щодо відвідування та запізнь.

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим – в оффлайн або онлайн режимі.

Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, відрядження, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

Оцінки неможливо отримати під час консультацій або інших додаткових годин спілкування з викладачем. За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись дистанційно – в онлайн-формі, за погодженням з викладачем.

Мобільні пристрої.

Використання мобільних пристроїв – смартфонів, планшетів або ноутбуків дозволяється під час виконання практичних робіт.

Поведінка в аудиторії.

Поведінка в аудиторії повинна відповідати загальним вимогам ділової та наукової етики.