



Силабус
навчальної дисципліни
Квантова механіка
2025-2026 навчальний рік

Освітня програма: Середня освіта (Фізика та астрономія)
Спеціальність: 014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)
Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Викладач	Доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри фізики та методики навчання фізики Школа Олександр Васильович
Посилання на сайт	https://bdpu.org.ua/teachers/shkola-oleksandr-vasylovych/
Контактний тел.	+38(099) 304-28-42
Е-mail викладача:	aleksandrshkola99@gmail.com
Графік консультацій	середа: 12.50 – 14.10

Обсяг курсу на поточний навчальний рік:

Кількість кредитів/ годин	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	звітність
6/180	20	40	120	екзамен

Семестр: 6-й.

Мова навчання: українська.

Ключові слова: теоретична фізика, квантова механіка, гіпотеза квантів, постулати Бора, корпускулярно-хвильовий дуалізм, співвідношення невизначеностей, хвильова функція, рівняння Шредінгера, потенціальні яма та бар'єр, тунельний ефект, спіні, принцип Паулі, квантові розподіли, вироджений електронний газ, надпровідність.

Мета курсу: формування фахової компетентності здобувачів шляхом формування найповніших і цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу на основі цілеспрямованого і послідовного засвоєння змісту однієї з фундаментальних фізичних теорій, що включає в себе систему емпіричних фактів, фізичних понять, моделей, принципів, розподілів і законів про сутність і закономірності перебігу явищ і процесів мікросвіту; формування наукового світогляду здобувачів, умінь практичного застосування набутих знань, розвиток їх пізнавального інтересу, інтелектуальних і творчих здібностей, схильності до креативного мислення.

Предмет курсу: система наукових, методологічних і світоглядних знань, що складає основи квантової механіки як фундаментальної фізичної теорії, яка досліджує природу і закономірності явищ і процесів мікросвіту (емпіричні факти, фізичні поняття, математичний апарат, моделі, принципи, розподіли, закони) та їх практичне застосування.

Компетентності та програмні результати навчання здобувачів вищої освіти:

<i>Компетентності:</i>	
<i>ЗК-1</i>	Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу та застосування знань у практичних ситуаціях.
<i>ФК-1</i>	Здатність перенесення системи наукових знань у професійну діяльність і площину навчального предмету.
<i>ПК-1</i>	Здатність використовувати комплекс наукових знань з фізики та відповідний математичний апарат для опису і пояснення явищ природи, розуміння сучасної природничо-наукової картини світу.
<i>ПК-3</i>	Здатність виокремлювати істотні ознаки основних одиниць навчального змісту курсу фізики (науковий факт, явище, поняття, величина, модель, закон, теорія); обґрунтовано обирати та застосовувати методи й засоби навчання, відповідний дидактичний матеріал для їх пояснення.
<i>ПК-5</i>	Здатність розв'язувати задачі з фізики й астрономії та навчати учнів їх розв'язуванню.
<i>Програмні результати навчання:</i>	
<i>СРН-1</i>	Демонструє знання основних концепцій та принципів фундаментальних і прикладних наук (відповідно до предметної спеціальності) у практичних ситуаціях здійснення освітньої діяльності; обирає ресурси для поглиблення знань з предметної області.
<i>СРН-4</i>	Застосовує сучасні цифрові ресурси та інформаційно-комунікаційні технології в самоосвітній та професійній діяльності.
<i>ПРН-1</i>	Класифікує і пояснює основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження фізики, місце і зв'язки в системі наук; історичні етапи розвитку та роль у житті суспільства і науково-технічному прогресі людства.
<i>ПРН-2</i>	Аналізує фізичні явища і процеси на основі наукових понять, принципів, законів і теорій із застосуванням відповідних математичних методів.
<i>ПРН-4</i>	Демонструє вміння розв'язувати задачі з різних розділів фізики, чітко й раціонально пояснює їх зв'язки.

Зміст курсу:

Змістовий модуль №1. Теорія атома водню Резерфорда-Бора

Тема 1. Предмет і місце квантової механіки в сучасній фізиці. Специфіка фізики мікрооб'єктів. Обмеженість класичної фізики при поясненні явищ мікросвіту та експериментальних фактів на межі ХІХ-ХХ століть (закони теплового випромінювання і фотоефекту, явища Комптона, тиску світла, проблеми класичних теорій теплоємності газів і твердих тіл).

Тема 2. Моделі атома Томсона і Резерфорда. Гіпотеза квантів. Стала Планка. Лінійчастий спектр атома водню. Постулати Бора. Досліди Франка і Герца. Спектр атома водню за Бором.

Змістовий модуль №2. Фізичні основи і математичний апарат квантової механіки

Тема 3. Корпускулярно-хвильовий дуалізм властивостей речовини. Хвилі де Бройля. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Імовірнісний характер поведінки мікрооб'єктів та необхідність статистичної інтерпретації квантових явищ.

Тема 4. Оператори і дії з ними. Лінійні та самоспряжені оператори. Опис стану мікросистеми. Власні функції і власні значення самоспряжених операторів та їх фізичний зміст. Середні значення фізичних величин та імовірність їх дозволених значень. Комутуючі оператори. Умови можливості одночасного вимірювання різних величин у квантовій механіці. Повний набір спостережуваних.

Змістовий модуль №3. Одновимірний рух або деякі застосування квантової теорії

Тема 5. Хвильова функція та її статистичний зміст. Загальне рівняння Шредінгера. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів. Принцип причинності у квантовій механіці.

Тема 6. Рух вільної частинки. Частинка в одновимірній прямокутній потенціальній ямі з нескінченно високими стінками. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Тунельний ефект. Лінійний гармонічний осцилятор у квантовій механіці.

Змістовий модуль №4. Рух частинки в полі центральних сил

Тема 7. Загальні властивості руху в полі центральних сил. Рух в кулонівському полі. Теорія атома водню. Власні функції і власні значення операторів моменту імпульсу і проєкції моменту імпульсу в полі центральних сил. Перестановчі співвідношення.

Тема 8. Власний механічний і магнітний моменти електрона (спін). Повний набір квантових чисел для електрона в атомі. Принцип Паулі. Розподіл електронів в атомі за станами. Періодична система елементів Менделєєва. Повний магнітний момент атома. Множник Ланде.

Змістовий модуль №5. Фізика атомів і молекул

Тема 9. Наближені методи квантової механіки. Стаціонарна теорія збурень в квазікласичному наближенні. Система тотожних частинок. Принцип тотожності частинок: симетричні і антисиметричні стани. Зв'язок спіну із статистикою: бозони, ферміони. Якісна теорія атома гелію.

Тема 10. Багатоелектронні атоми. Рух електрона в періодичному полі кристала. Методи Хартрі-Фока. Адіабатичне наближення. Елементи зонної теорії твердих тіл. Розщеплення спектральних ліній атома в зовнішніх полях.

Змістовий модуль №6. Елементи теорії квантових переходів

Тема 11. Рентгенівські спектри. Молекули: хімічні зв'язки, поняття енергетичні рівні. Молекулярні спектри. Комбінаційне розсіяння світла.

Тема 12. Спонтанне та індуковане випромінювання. Правила відбору для випромінювання і поглинання світла атомом. Природна ширина спектральних ліній. Квантові оптичні генератори та їх застосування.

Методи навчання:

– методи організації навчально-пізнавальної діяльності здобувачів: словесні (розповідь, пояснення, бесіда, лекція, навчальна дискусія), наочні (ілюстрації, презентації), практичні (виконання вправ) з використанням засобів дистанційного навчання (on-line відеоконференції і консультації на платформі (Zoom) та месенджерів (Viber, Whats App);

– пояснювально-ілюстративний; частково-пошуковий (евристичний); проблемний виклад навчального матеріалу; індуктивні, дедуктивні, метод аналогій, опитування, самостійна робота з науковими і навчально-методичними джерелами та електронним навчально-методичним комплексом дисципліни.

Політика курсу (особливості проведення навчальних занять): навчальний курс передбачає лекційні, семінарські і практичні заняття, самостійну та індивідуальну роботу здобувачів. За підсумками лекційних занять здобувачі мають підготувати відповідний конспект основних теоретичних питань навчального курсу. Семінарські і практичні заняття передбачають усне опрацювання теоретичного матеріалу та дискусію за темою, а також розв'язування практичних задач. Підготовка завдань до самостійних та індивідуальних робіт здійснюється у друкованому або електронному вигляді за визначеним шаблоном (формат MicrosoftWord або PowerPoint) та передбачає усне опитування здобувачів за певною темою та результатами самостійного розв'язування задач протягом семінарського заняття або на груповій/індивідуальній консультації. Для зручного опрацювання здобувачами змісту курсу передбачено використання навчально-методичних матеріалів на платформі Moodle у відповідній вкладці сайту БДПУ.

Політика освітньої компоненти ґрунтується на засадах академічної доброчесності прийнятої в Університеті (<https://bdpu.org.ua/wp-content/uploads/2025/05/pro-akademichnu-dobrochesnist-u-bdpu.pdf>). Здобувачі вищої освіти мають надавати достовірну інформацію про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела. Не допускається академічний плагіат, фальсифікація, фабрикація, списування; забороняється використання додаткових джерел інформації під час оцінювання навчальних досягнень (у тому числі засобами

електронного зв'язку). У разі використання ідей, розробок, тверджень (цитат), теоретичних відомостей, експериментальних даних інших авторів здобувачі освіти мають надавати відповідні посилання на використані Інтернет-ресурси або інші джерела інформації.

Технічне і програмне забезпечення/обладнання, наочність: технічне (комп'ютер, мультимедійний проектор); програмне (Microsoft Office: PowerPoint, Word, Moodle, Інституційний репозитарій БДПУ); наочність (презентації у форматі PowerPoint).

Система оцінювання та вимоги:

№ з/п	Вид роботи за темами	бали (денна та заочна форми навчання)
1.	Правильне, сумлінне та охайне ведення конспектів лекцій, семінарських і практичних занять.	2,5
2.	Активна пізнавальна робота на семінарському і практичному занятті під час аналізу теоретичних питань та у процесі розв'язування задач.	2,5
3.	Розв'язання домашніх практичних задач.	2,5
4.	Виконання завдань самостійної роботи з наступним звітуванням у години індивідуальних консультацій викладача.	2,5
	<i>максимум за ЗМ I-б:</i>	60
	<i>підсумковий модульний контроль (екзамен)</i>	40
	<i>Загалом:</i>	100

За підсумками навчання за один семестр здобувач вищої освіти може отримати 100 балів із розрахунку: 60 балів за поточне оцінювання, 40 – підсумковий контроль (у формі екзамену). Підсумкова кількість балів визначається за формулою:

$$Kб = T_1 + T_2 + \dots + ПМК = 100,$$

де $Kб$ – загальна кількість балів, T_1, T_2, \dots – кількість балів за темами, $ПМК$ – кількість балів за підсумковий модульний контроль.

Для оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти застосовують внутрішню університетську шкалу. Мінімальний пороговий рівень оцінки з освітньої компоненти є єдиним в Університеті, не залежить від форм і методів оцінювання і складає 50 балів.

Оцінка за університетською шкалою	Оцінка за шкалою ECTS
90 – 100	A
78 – 89	B
65 – 77	C
58 – 64	D
50 – 57	E
35 – 49	FX (з можливістю повторного складання)
1 – 34	F (з обов'язковим повторним вивченням ОК)

Список рекомендованих джерел:

Основні:

1. Бродін О.М. Теоретична фізика. Квантова механіка : навч. посібник. К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 233 с.
2. Вакарчук І.О. Квантова механіка : підручник. Львів : ЛНУ імені І.Франка, 2004. 784 с.

3. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. Основи квантової механіки : навч. посібник. К. : Вища школа, 2002 . 286 с.
4. Висоцький В.І. Квантова механіка та її використання в прикладній фізиці: підручник. К. : Вид-во КНУШ, 2008. 367 с.
5. Гречко Л.Г., Єжов С.М., Сугаков В.О.. Збірник задач з теоретичної фізики. Квантова механіка. Вид. КНУ ім. Тараса Шевченка, 2013. 254 с.
6. Давидов О. С. Квантова механіка : підручник. К. : Електронне видання, 2013. 708 с. http://bitp.kiev.ua/files/doc/lectures/davydov_qm.pdf.
7. Збірник задач з квантової механіки: навч. посібник /О.П. Кобушкін, Я.Д. Кривенко-Еметов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 110 с.
8. Кобушкін О.П. Квантова механіка : навч. посібник. К. : Знання, 2016. 317 с.
9. Кулинський Л.В. Лекції з квантової механіки. Одеса: ОНУ імені І.Мечнікова, 2002, 197 с.
10. Кулинський Л.В. Методичні вказівки за рішенням задач з курсу квантової механіки. Одеса: ОНУ імені І.Мечнікова, 2004, 87 с.

Додаткові:

11. Білий М.С. Атомна фізика. К.: Знання, 2009. 599 с.
12. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика : підручник. К.: Знання, 2005. 440 с.
13. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики : навч. посібник : у 3-х т. К. : Либідь, 2002. Т.1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. 376 с. Т.2. Електрика і магнетизм. 2003. 278 с. Т.3. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. 2003. 312 с.
14. Величко С.П., Костенко Л.Д. Вивчення основ квантової фізики : навч. посібник. Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2002. 274 с.
15. Гаркуша І.П., Курінний В.П., Певзнер М.Ш. Збірник задач з фізики. К. : Вища школа, 1995. 176 с.
16. Федорченко А.Ф. Теоретична фізика: Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. К. : Вища школа, 1993. Т.2. 416 с.
17. Фізика для університетів / П.Воловик. К.: Перун, 2005. 864 с.
18. Чолпан П.П. Фізика: підручник. К.: Вища школа, 2004. 567 с.
19. Школа О.В. Еволюція фізичної картини світу в курсі теоретичної фізики Збірник наукових праць Херсонського держ. ун-ту. Серія: Педагогічні науки. Херсон : ХДУ, 2014. Вип. 66. С.92-100.
20. Юхновський І.Р. Основи квантової механіки: навч. посібник для студ. фізичн. спец. вищ. навч. закл. К.: Либідь. 2002. 390 с.

Інтернет-ресурси:

- Сайт Міністерства освіти і науки України. URL: <http://www.mon.gov.ua>.
- Електронні версії підручників. URL: <https://imzo.gov.ua/pidruchniki/elektronni-versiyi-pidruchnikiv>.
- Сайт “Шкільні підручники”. URL: <http://pidruchnyk.com.ua>.
- Сайт Підручники з фізики для вищих навчальних закладів. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/knigi/uchebnaja-literatura-pedagogika/studentam-i-aspirantam/fizika.html>.
- Бібліотека Бердянського державного педагогічного університету. Веб-ресурси. Інституційний депозитарій. URL: <https://library.bdpu.org/elektronni-haluzevi-biblioteki>.