

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КВАНТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету
В.Ю. Лазур /Лазур В.Ю./

«28» червня 2023 р.


РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС) НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«КВАНТОВА ФІЗИКА»

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	163 Біомедична інженерія
Освітня програма	Біомедична інженерія
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «**Квантова фізика**» для здобувачів першого рівня вищої освіти галузі знань 16 **Хімічна та біоінженерія** спеціальності **163 Біомедична інженерія** освітньої програми «**Біомедична інженерія**».

Розробники програми: Шуаїбов О.К., доктор фіт.-мат. наук, професор кафедри квантової електроніки УжНУ, Маргітич М.О., кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової електроніки УжНУ.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри квантової електроніки, протокол №10 від «23» червня 2023 р.

Завідувач кафедри  проф. Шафраньош І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету, протокол №10 від «28» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 210	2
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: 12 аудиторних – 6 самостійної роботи студента – 6	3
	Лекції:
	52
	Практичні (семінарські):
Вид підсумкового контролю: іспит	52
	Лабораторні:
Форма підсумкового контролю: усна	Лабораторні:
	Самостійна робота:
	106

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Квантова фізика»

Фундаментальність підготовки спеціалістів у будь-якій із галузей природничих чи технічних наук полягає у знанні основних законів природи та вмінні їх використовувати під час розв'язку конкретних практичних завдань дослідницької роботи та сфери матеріального виробництва.

Квантова фізика є одним з основних розділів курсу загальної фізики.

Метою курсу є, з одного боку, висвітлення ідей, що привели до розуміння непридатності класичної фізики для дослідження мікросвіту, а з іншого - формування квантових уявлень про природу атомів і молекул, їх будову, властивості і взаємодії.

Особливістю курсу є те, що основні поняття, які вводяться в курсі, принципово відрізняються від звичних понять класичної фізики і не мають в ній аналогів (наприклад, корпускулярно-хвильовий дуалізм, співвідношення невизначеностей та ін.). Крім того, в межах відведених годин даний курс не може

охопити всього спектру проблем сучасної квантової фізики і обмежений в демонстраціях із-за їх складності. Все це вимагає підвищеної уваги при засвоєнні матеріалу на лекціях і лабораторних заняттях та інтенсивної самостійної роботи студента.

Під час навчання застосовуються:

- метод проблемно-орієнтованого навчання;
- стратегія активного навчання, за якою зв'язок педагога зі студентами здійснюється за допомогою опитувань, самостійних, контрольних робіт, тестів тощо.

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни і засвоєння матеріалу використовується електронна пошта, платформа дистанційного навчання e-learn uzhnu на основі системи Moodle, сервіс для проведення онлайн-нарад Google Meet, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та оцінювання студентів.

– Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у студентів таких **компетентностей**:

інтегральна компетентність: здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

загальні компетентності:

ЗК1 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК6 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.;

ЗК8 - Здатність приймати обґрунтовані рішення.;

ЗК13 - Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

фахові компетентності:

ФК5 - Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем;

ФК8 - Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Квантова фізика**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

Вища математика;

Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка;

Електрика і магнетизм, оптика;

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми **Біомедична інженерія**, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення студентами програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.	ПРН1.
Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.	ПРН8.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Квантова фізика**»

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Вміти застосовувати отримані знання з навчальної дисципліни « Квантова фізика » на для вирішення задач біомедичної інженерії.	ПРН1
На основі отриманих знань з даної дисципліни розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.	ПРН8.

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

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

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- модульні контрольні роботи;

- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- іспит.

Форми поточного контролю:

- індивідуальне та групове опитування;
- контрольна робота;
- розрахункові завдання;
- тести;

Форма модульного контролю: модульний контроль здійснюється в формі виконання студентом модульного контрольного завдання, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: іспит. До іспиту 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-T6	80	100
20		

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

Поточне оцінювання та самостійна робота	Модульна контрольна робота	Сума
T7-T12	75	100
25		

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 виставляється за 100-бальною шкалою та національною 5-бальною шкалою.

Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка відмінно (A) виставляється, коли студент дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання студент застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка добре (B) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка добре (С) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання, а програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.

Оцінка задовільно (D) виставляється, коли студент розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння програмного матеріалу.

Оцінка задовільно (E) виставляється, коли студент неповністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі у студента.

Оцінка незадовільно (FX) виставляється студенту, який не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий студент виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.

Оцінка незадовільно (F) виставляється студенту, який не виконав навчальну програму або якийсь елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий студент не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні. За результатами контролю знань студентів, дозволяється виставлення екзаменаційної оцінки (без підсумкового іспиту) – «відмінно», «добре», та «задовільно». Студент має право підвищити оцінку, складаючи іспит.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни здійснюється у формі іспиту.

Іспит проводиться в усній формі. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 4-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення заліку 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 курсу 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 відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму курсу. 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 курсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за відповідь, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його відповідях є як принципи, так і грубі помилки.

Переведення результатів, отриманих за національною 4-х бальною шкалою у 100-бальну шкалу оцінювання в та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен та диференційований залік	Залік
90 – 100	A	відмінно	Зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни і скласти залік. Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової відомості.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «КВАНТОВА ФІЗИКА»

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Вступ. Предмет і завдання квантової фізики.

Тема 2. Теплове випромінювання. Корпускулярні властивості випромінювання.

Тема 3. Класична модель атома. Теорія Бора для атома гідрогену.

Тема 4. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля.

Змістовий модуль 2.

Тема 5. Хвильова функція та її властивості.

Тема 6. Основи квантової механіки. Рівняння Шредінгера.

Тема 7. Застосування рівняння Шредінгера до найпростіших задач квантової механіки.

Тема 8. Рівняння Шредінгера для атома гідрогену.

Змістовий модуль 3.

Тема 9. Фізичні основи періодичної системи елементів Д.І.Менделєєва.

Тема 10. Векторна модель багатоелектронних атомів.

Тема 11. Спектри лужних металів.

Змістовий модуль 4.

Тема 12. Будова і спектри молекул.

Тема 13. Основи фізики твердого тіла. Поняття про зонну теорію твердого тіла.

Тема 14. Елементи ядерної фізики.

6.2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «КВАНТОВА ФІЗИКА»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Усього	у тому числі		
		Лк	Пр.	с.р.
1	2	3	4	5
Тема 1. Вступ. Предмет і завдання квантової фізики.		2		
Тема 2. Теплове випромінювання. Корпускулярні властивості випромінювання.		4	4	
Тема 3. Класична модель атома. Теорія Бора для атома гідрогену.		5	6	
Тема 4. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля.		3	4	
Разом за змістовим модулем 1	52	14	14	26
Тема 5. Хвильова функція та її властивості.		3	3	
Тема 6. Основи квантової механіки. Рівняння Шредінгера.		3	3	
Тема 7. Застосування рівняння Шредінгера до найпростіших задач квантової механіки.		6	6	
Тема 8. Рівняння Шредінгера для атома гідрогену.		3	3	
Разом за змістовим модулем 2	52	18	18	26
Тема 9. Фізичні основи періодичної системи елементів Д.І.Менделєєва.		3	3	
Тема 10. Векторна модель багатоелектронних атомів.		4	4	
Тема 11. Спектри лужних металів.		3	3	
Разом за змістовим модулем 3	52	10	10	26
Тема 12. Будова і спектри молекул.		3	3	
Тема 13. Основи фізики твердого тіла. Поняття про зонну теорію твердого тіла.		3	3	
Тема 14. Елементи ядерної фізики.		4	4	
Разом за змістовим модулем 4.	54	10	10	28
РАЗОМ	210	52	52	106

6.3. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ практичного заняття	Тема заняття	Література
1.	Корпускулярні властивості випромінювання.	[1-3,8,9]
2.	Класична і модель атома.	[1-3,8,9]
3.	Хвильові властивості матерії	[1-3,8,9]
4.	Хвильова функція та її властивості.	[1-3,8,9]
5.	Співвідношення невизначеностей Гайзенберга	[1-3,8,9]
6.	Рівняння Шредінґера та його властивості.	[1-3,8,9]
7.	Найпростіші задачі квантової механіки	[1-3,8,9]
8.	Рівняння Шредінґера для атома гідрогену	[1-3,8,9]
9.	Фізичні основи Періодичної системи	[1-3,8,9]
10.	Векторна модель атома. Систематика атомних станів.	[1-3,8,9]
11.	Спектри лужних металів.	
12.	Спектри молекул	[1-3,8,9]
13.	Основи фізики твердого тіла. Поняття про зонну теорію твердого тіла.	
14.	Елементи ядерної фізики	[1-3,8,9]

6.4. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ модуля	Зміст	Літера-тура
1.	Світлові корпускули.	[1- 3, 5- 7]
2.	Основи квантової механіки.	[1- 3, 5-7]
3.	Розв'язування задач по темам курсу.	[1- 3, 5-7]
4.	Багатоелектронні атоми.	[1- 3, 5-7]
5.	Основи квантової електроніки.	[1- 3, 5-7]
6.	Розв'язування задач по темам курсу	[1- 3, 5-7]

6.5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ

1. Короткий історичний огляд розвитку сучасних уявлень про будову атома.
2. Корпускулярні властивості частинок. Світлові кванти. Фотоефект.
3. Ефект Комптона. Фотони.
4. Класична модель атома. Досліди Резерфорда з розсіяння α -частинок. Планетарна модель атома.
5. Досліди Франка і Герца. Доказ існування дискретних енергетичних станів атомів.
6. Визначення потенціалів збудження та іонізації атомів.
7. Серії в спектрі атомарного водню. Узагальнена формула Бальмера. Комбінаційний принцип Рітца.
8. Постулати Бора. Теорія Бора для атому водню. Колові орбіти.
9. Труднощі теорії Бора.
10. Оптико-механічна аналогія. Гіпотеза де Бройля.
11. Експериментальне підтвердження гіпотези де Бройля.
12. Фізичний зміст хвильової функції. Умови нормування і ортогональності хвильових функцій.
13. Рівняння монохроматичної хвилі де Бройля. Властивості хвиль де Бройля.
14. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. Помилкові тлумачення співвідношень невизначеностей.

15. Застосування співвідношень невизначеностей для оцінки природної ширини спектральних ліній та потенціалу іонізації атому водню.
16. Рівняння Шредінгера. Умови, що накладаються на його розв'язок.
17. Відбивання і проходження частинки через потенційний бар'єр. Прозорість потенціального бар'єру.
18. Автоелектронна емісія з металів. Тунельний ефект.
19. Частинка в потенціальній ямі. Квантування енергії частинки.
20. Розв'язок рівняння Шредінгера для гармонічного осцилятора.
21. Рівняння Шредінгера для атома гідрогену. Кутовий і радіальний розподіл електронної густини для атома гідрогену.
22. Фізичний зміст квантових чисел.
23. Імовірності переходів. Коефіцієнти Айнштейна і зв'язок між ними.
24. Правила відбору для квантових чисел при електронних переходах в атомах.
25. Середній час життя атомів у збуджених станах. Оцінка радіаційної ширини спектральної лінії. Розширення спектральних ліній.
26. Спектри лужних металів. Енергія рівнів атомів лужних металів. Квантовий дефект. Дублетне розщеплення рівнів атомів лужних металів.
27. Векторна модель атома. Загальні принципи зв'язку Рассела-Саундерса та $j-j$ зв'язку і області їх застосування.
28. Принцип Паулі і заповнення електронних оболонок атомів. Фізичне пояснення періодичної системи елементів.
29. Іонний і ковалентний зв'язок в молекулах. Види руху в молекулі і типи молекулярних спектрів.
30. Електронні спектри молекул і їх коливально-обертова структура.
31. Розподіл інтенсивностей в спектрах двоатомних молекул. Принцип Франка-Кондона.
32. Основи теорії оптичних квантових підсилювачів і генераторів. Від'ємний коефіцієнт поглинання. Методи створення інверсної заселеності рівнів.
33. Основні типи квантових генераторів. Застосування квантових генераторів.
34. Основи зонної теорії твердого тіла. Розширення енергетичних рівнів атомів до зон при утворенні твердих тіл.
35. Елементарні електронні збудження в твердих тілах.

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

Технічні засоби: Мультимедійний проектор, інтерактивна дошка.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, смартфони, вебкамери.

Програмне забезпечення: Microsoft Office, Open Office, веб браузер Microsoft Edge (або Microsoft Internet Explorer або Google Chrome або Opera або інший), Adobe Acrobat Reader.

Засоби онлайн навчання: Система електронного навчання Moodle,

<https://e-learn.uzhnu.edu.ua/> .

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

8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. І.О. Вакарчук. Квантова механіка. -Львів: ЛНУ ім. І.Франка.- 2004. -784 с.
2. М.О. Маргітич, Р.В. Грицак, І.І. Шафраньош. Квантова фізика. Навчальний посібник.— Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Видавництво «Говерла», 2021 р. – 154 с.
3. І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук. Оптика. Квантова фізика.т.3. -К.: Техніка. 1999, -511 с.
4. М.У. Білий, Б.А. Охріменко. Атомна фізика. — К. : Знання, 2009. — 559 с.
5. Г.Ф. Бушок, Є.Ф.Венгер. Курс фізики. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Кн.3. -К.:Вища школа. 2003.-311с..
6. О.П. Кобушкін. Атомна фізика.- К.: КПІ ім. І.Сікорського.- 2018.- 269 с.:
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26381/2/Atomna_fizyka.pdf
7. О.С. Давидов. Квантова механіка: підручник. – К: Електронне видання, 2013.- 708 с. : http://bitp.kiev.ua/files/doc/lectures/davydov_qm.pdf