

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
Кафедра прикладної фізики та вищої математики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії
та інформаційних технологій

Ігор ПАНАСЮК

2025 року



РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни	<u>Елементи квантової механіки</u>
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Спеціальність	<u>Е6 Прикладна фізика та наноматеріали</u>
Освітня програма	<u>Нано- та мікротехнології у креативному проєктуванні</u>
Факультет інженерії та інформаційних технологій	

Київ
2025 рік

РОЗРОБЛЕНО: Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Теслик М.В., PhD, доцент кафедри ПФВМ; Олейнікова І.В., к.ф-м.наук, доцент, зав. кафедри ПФВМ

Схвалено вченою радою факультету інженерії та інформаційних технологій

від «11» червня 2025 року, протокол № 2

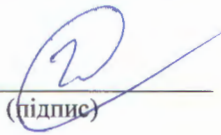
Схвалено науково-методичною радою факультету інженерії та інформаційних технологій

від «11» червня 2025 року, протокол № 3

Обговорено та рекомендовано на засіданні кафедри прикладної фізики та вищої математики

Протокол від “29” травня 2025 року № 10

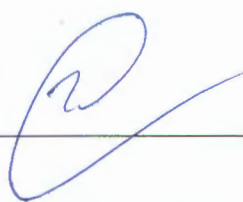
Завідувачка кафедри


(підпис)

Ірина ОЛЕЙНІКОВА

Погоджено:

Гарант ОП кафедри прикладної фізики
та вищої математики


Ірина ОЛЕЙНІКОВА

«29» 05 2025р.

1 ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Характеристика дисципліни	
	очна форма здобуття вищої освіти	заочна, дистанційна форма здобуття вищої освіти
Кількість годин / кредитів – 180 / 6	обов'язкова	
Змістові модулі – 3	Рік підготовки:	
Загальна кількість тижневих годин для денної форми здобуття вищої освіти: лекцій – 1 (3-й семестр) лабораторних – 1 (3-й семестр) аудиторних – 2 (3-й семестр) самостійної роботи – 5,5 (3-й семестр) лекцій – 2 (4-й семестр) лабораторних – 1 (4-й семестр) практичних – 1 (4-й семестр) аудиторних – 4 (4-й семестр) самостійної роботи – 3,5 (4-й семестр)	2-й	-
	Семестр	
	3-й / 4-й	-
	Лекції	
	12 год. / 24 год.	-
	Практичні, семінарські	
	- год. / 12 год.	-
	Лабораторні	
	12 год. / 12 год.	-
	Самостійна робота	
	66 год. / 42 год.	-
	Індивідуальні завдання: - год.	
	Вид контролю: залік (семестр 3) екзамен (семестр 4)	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
 для денної форми навчання – 72/108

2 АНОТАЦІЯ ДИСЦИПЛІНИ

Робоча програма навчальної дисципліни складається з трьох змістових модулів:

Змістовий модуль 1. Елементи квантової механіки

Змістовий модуль 2. Квантова статистика та багаточастинкові системи

Змістовий модуль 3. Матриця густини та вимірювання

Мета курсу – набуття компетентностей зрозуміти зв'язок абстрактних фізичних понять з практично важливими властивостями матеріалів, а також з вирішенням прикладних задач; набуття здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях та здатності використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем, розширити розуміння професійної діяльності, розвиток здатності до проведення досліджень на відповідному рівні, набуття здатності використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

Результати навчання дисципліни:

знати: сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики, сучасні тенденції розвитку комп'ютерних технологій з використанням квантових обчислень;

вміти: обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень, застосовувати знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності для вирішення актуальних питань;

здатен: використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем, аналізувати сучасну інформацію про тенденції розвитку квантової фізики, застосовувати здатність аналізувати можливості використання наноструктурних матеріалів для забезпечення функціональних властивостей об'єктів дизайну;

володіти навичками: розробляти математичні моделі поведінки квантових частинок в різних фізичних задачах, визначати різницю класичного та квантового підходу до аналізу використання певних технологій і в дизайні, зокрема, застосування основ квантової фізики для опису властивостей наночастинок в різних матеріалах.

Програмні результати навчання:

ІК	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
ЗК 1	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 2	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК 6	Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.
ФК 6	Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.
ФК 7	Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.
ФК 14	Здатність аналізувати можливості використання наноструктурних матеріалів для забезпечення функціональних властивостей об'єктів дизайну.
ПРН 1	Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.
ПРН 2	Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.
ПРН 7	Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

ПРН 9	Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.
ПРН 12	Оцінювати вплив передових досягнень та новітніх відкриттів при проєктуванні дизайнерських об'єктів з використанням нанотехнологій.
ПРН 16	Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.
ПРН 25	Вміти обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

Необхідні передумови: фізика, концепції використання наноматеріалів в дизайні, лазерні технології, основи спектрального аналізу.

Види навчальних занять: лекція, практичне, лабораторне, консультація.

Методи навчання: словесний, пояснювально-демонстраційний, дослідницький.

Методи контролю: усний (усне опитування), письмовий (індивідуальні завдання, задачі, звіти по лабораторних роботах), тестовий.

Форми підсумкового контролю: залік (семестр 3), екзамен (семестр 4).

Засоби діагностики успішності навчання: індивідуальні завдання для розрахункових робіт, перелік питань для модульного, підсумкового контролю, проведення практичних занять та захисту лабораторних робіт, комплекти тестових завдань для захисту лабораторних робіт, до модульного та підсумкового контролю.

Мова навчання: українська

3 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Тематичний план навчальної дисципліни

№ теми	Назва теми лекції, практичного, індивідуального заняття	Кількість годин за формами здобуття вищої освіти:	
		очна	заочна, дистанційна
Змістовий модуль 1. Елементи квантової механіки			
1	Тема: Вступ до курсу квантової механіки. Корпускулярно-хвильовий дуалізм світла та квантових частинок	32	-
	Лекція 1. Квантова природа світла та хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля. Експериментальне підтвердження хвильової природи частинок. Дослід Томсона.	2	-
	Лекція 2. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Принцип додатковості. Співвідношення невизначеностей.	2	-
	Лабораторна робота 1. Дослідження дискретності енергетичних рівнів атомів за допомогою ефекту Франка і Герца	3	-
	Лабораторна робота 2. Експериментальна перевірка співвідношення невизначеностей Гейзенберга для фотонів	3	-
	Самостійна робота (підготовка презентації). Загальні властивості квантових систем. Принцип невизначеностей та його наслідки.	22	-
2	Тема: Математичний апарат квантової механіки	29	-
	Лекція 3. Математичний апарат квантової механіки. Постулати квантової механіки та теорія операторів.	2	-

	Лекція 4. Власні функції і власні значення операторів їх фізична інтерпретація. Властивості власних функцій і власних значень ермітових операторів.	2	-
	Лабораторна робота 3. Дослідження квантового тунелювання електронів через потенціальний бар'єр)	3	-
	Самостійна робота (підготовка презентації). Властивості лінійних операторів. Ермітове спряження. Комутативність операторів.	22	-
3	Тема: Хвильова функція. Стаціонарне та нестаціонарне рівняння Шредінгера та приклади його застосування	29	-
	Лекція 5. Ймовірнісна інтерпретація хвильової функції. Стаціонарне та нестаціонарне рівняння Шредінгера. Приклади розв'язання рівняння Шредінгера для фізичних систем.	2	-
	Лекція 6. Атом водню в квантовій механіці. Частинка в потенційному ящику з нескінченно високими стінками. Тунельний ефект. Квантовий гармонічний осцилятор.	2	-
	Лабораторна робота 4. Дослідження молекулярних спектрів поглинання і визначення сталої Планка.	3	-
	Самостійна робота (підготовка презентації). Тунелювання крізь потенціальний бар'єр у квантовій механіці.	22	-
	Разом за семестр	90	-
Змістовий модуль 2. Квантова статистика та багаточастинкові системи			
4	Тема: Основні поняття квантової статистики. Особливості квантової статистики для ферміонів та бозонів	16	—
	Лекція 7. Розподіл Фермі – Дірака. Розподіл Бозе – Ейнштейна. Розподіл Больцмана. Енергія Фермі.	4	-
	Практична робота 1. Синглетний та триплетні стани.	2	-
	Лабораторна робота 5. Дослідження принципу Паулі (віртуальна робота).	2	-
	Самостійна робота. Принцип Паулі.	8	-
5	Тема: Елементи зонної теорії кристалів	19	-
	Лекція 8. Елементи зонної теорії кристалів: метали, діелектрики, напівпровідники. Розташування зон та класифікація матеріалів.	5	-
	Практична робота 2. Нескінченний періодичний потенціал (гребінка).	2	-
	Лабораторна робота 6. Визначення ширини забороненої зони напівпровідників з температурної залежності їх провідності.	2	-
	Самостійна робота. Модель Кроніга-Пенні.	10	-
6	Тема: Квантові явища в наноматеріалах та наноб'єктах	20	-
	Лекція 9. Приклади квантових явищ в практичних використаннях наноматеріалів. Взаємодія наноб'єктів зі світлом. Квантові комп'ютери та обчислення.	5	-
	Практична робота 3. Випромінювання та поглинання світла.	2	-
	Практична робота 4. Кубіт та кубітові регістри.	2	-

	Лабораторна робота 7. Фотонний кубіт.	3	-
	Самостійна робота. Квантові логічні вентиля.	8	-
Змістовий модуль 3. Матриця густини та вимірювання-			
7	Тема: Чисті та змішані стани	15	-
	Лекція 10. Чисті та змішані стани. Матриця густини.	5	-
	Практична робота 5. Обчислення матриці густини.	2	-
	Лабораторна робота 8. Поляризоване та неполяризоване світло.	2	-
	Самостійна робота. Квантова декогеренція.	6	-
8	Тема: Вимірювання	20	-
	Лекція 11. Вимірювання у квантовій механіці. Проекційний оператор.	5	-
	Практична робота 6. Обчислення результатів вимірювання для чистих та змішаних станів.	2	-
	Лабораторна робота 9. Вимірювання у заданому базисі.	3	-
	Самостійна робота. Проективні вимірювання для змішаних станів.	10	-
Разом за семестр		90	-
Разом за рік		180	-

4. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Семестр 3 (залік)

Поточне оцінювання та самостійна робота						ПК	Сума
T1	ПП	T2	ПП	T3	ПП		
15	15	15	15	15	15	10	100

Семестр 4 (екзамен)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Екзамен	Сума
T4	T5	T6	ПК	T7	T8	I3		
15	10	15	10	15	15	10	10	100

Розподіл балів за видами робіт

Семестр 3 (залік)

Види робіт, що оцінюються в балах	T1	T2	T3	Усього
Виконання і захист лабораторних робіт	15	15	15	45
Підготовка та представлення презентації (ПП)	15	15	15	45
Підсумковий контроль (ПК)				10
Всього з дисципліни				100

Розподіл балів за видами робіт

Семестр 4 (екзамен)

Види робіт, що оцінюються в балах	T4	T5	T6	T7	T8	Усього
Виконання і захист лабораторних робіт	10	5	5	10	5	35
Оцінювання практичних робіт	5	5	10	5	10	35
Індивідуальні завдання (презентація) (ІЗ)	-			10		10
Поточний контроль (тестовий) (ПК)	10			-		10
Екзамен	10					10

Критерії оцінювання розрахункових індивідуальних робіт

Кількість балів пропорційне кількості правильно виконаних задач. Максимально можлива оцінка вказана в таблиці розподілу балів.

Оцінка (%)	Критерії оцінювання виконання практичних та індивідуальних завдань
90-100	В повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних/розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив усі розрахункові/тестові завдання. Студент здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.
75-89	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість розрахункових/тестових завдань. Студент здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, у яких можуть бути окремі несуттєві помилки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.
60-74	В цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових розрахунків, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Студент має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
0-59	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає його під час усних виступів та письмових розрахунків, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання. Безсистемне відділення випадкових ознак вивченого; невміння робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки.

Критерії оцінювання лабораторних робіт

Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу переводиться відповідно до кількості лабораторних робіт в даній темі. Наприклад, якщо тема 2 включає 2 лабораторні роботи, то максимальний бал за кожну буде по 5 балів. Критерії оцінювання кожної лабораторної роботи наведені в таблиці.

Оцінка (%)	Критерії оцінювання виконання та захисту лабораторних робіт
------------	---

90-100	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав в повному обсязі всі необхідні вимірювання та розрахунки та зміг правильно інтерпретувати отримані результати та зробити висновки. Під час захисту лабораторних робіт демонструє повне володіння навчальним матеріалом, вільно користується спеціальною термінологією, вміє аргументувати кожну відповідь. Швидко аналізує та знаходить відповіді на нестандартні питання, не допускаючи при цьому помилок.
75-89	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав всі необхідні вимірювання, правильно порахував потрібні величини та похибки, зміг пояснити отримані результати та зробити висновки. Під час захисту лабораторних робіт демонструє повне володіння навчальним матеріалом, користується фізичною термінологією, розкриває основний зміст процесів та явищ. Але при висвітленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються незначні помилки при відповідях на поставлені питання.
61-74	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав всі необхідні вимірювання, правильно порахував потрібні величини та похибки, зміг пояснити отримані результати та зробити висновки. Під час захисту лабораторних робіт висвітлює лише основний зміст фізичних процесів та явищ, демонструє елементарні знання окремих положень, проте не здатний швидко орієнтуватися в термінології, допускає істотні неточності та помилки при відповідях на поставлені питання, володіє лише обов'язковим мінімумом фізичних знань.
50-60	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав всі необхідні вимірювання, правильно порахував потрібні величини та похибки, але не зміг інтерпретувати результати розрахунків. При захисті теоретичного матеріалу демонструє досить поверхневі знання, не може своєчасно знайти відповідь на поставлене питання, не володіє термінологією.
1-49	оцінюється лабораторна робота здобувача вищої освіти, якщо він виконав лабораторні вимірювання, але не зміг правильно порахувати результати та похибки вимірювань, не надав правильні відповіді на контрольні питання, отже володіє навчальним матеріалом не у достатньому обсязі, а лише фрагментарно, а в окремих випадках – не розуміє матеріалу поточної теми.

Критерії оцінювання презентації

Максимально можлива оцінка вказана в таблиці розподілу балів.

Оцінка (%)	Критерії оцінювання при виконанні презентації
90-100	оцінюється презентація здобувача вищої освіти, якщо тема розкрита повно, з авторським внеском; слайди легко читаються; ідея проекту є оригінальною і відповідає поставленій задачі, аргументовано і повно виконано всі завдання, продемонстровано глибокі, узагальнені знання і розуміння вивченого матеріалу.
75-89	оцінюється презентація здобувача вищої освіти, якщо тема розкрита повно; слайди легко читаються; ідея проекту є оригінальною, але частково використані відомі технології; аргументовано виконано всі завдання, продемонстровано узагальнені знання і розуміння вивченого матеріалу.
60-74	оцінюється презентація здобувача вищої освіти, якщо тема розкрита недостатньо повно; оригінальність проекту є лише частковою, більшість слайдів легко читаються; недостатньо послідовно виконано завдання, продемонстровано знання і розуміння вивченого матеріалу.
35-59	оцінюється презентація здобувача вищої освіти, якщо тема розкрита частково; деякі слайди складно читаються; авторський внесок складає менше 10%; недостатньо

	послідовно і з неточностями виконано завдання, має недостатні знання і засвоєння вивченого матеріалу.
1-34	оцінюється презентація здобувача вищої освіти, якщо тема неповно розкрита; робота не є оригінальною; ілюстрації загалом не відповідають темі презентації; завдання виконано непослідовно, не у повному обсязі і з грубими помилками.
0	оцінюється презентація здобувача вищої освіти, якщо він не виконує завдання роботи.

Критерії оцінювання поточного та модульного контролю

Оцінювання контролю здійснюється за 10-бальною шкалою у вигляді тесту у Модульному середовищі освітнього процесу КНУТД (МСОП КНУТД). Кількість балів за кожну правильну відповідь залежить від складності питань і вказується при проходженні тесту.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий контроль (ПК) включає в себе теоретичні питання та розрахункові задачі: 2 питання по 5 балів за кожне. Мінімальна оцінка не може бути меншою за 6 балів.

Критерії оцінювання екзамену

Екзамен включає в себе теоретичні питання та розрахункові задачі: 5 питань по 2 бали за кожне. Мінімальна оцінка на екзамені не може бути меншою за 6 балів.

Відповідність шкал оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Оцінка за національною шкалою для екзамену, КП, КР /заліку/	Оцінка в балах	Оцінка за шкалою ECTS	Пояснення
Відмінно/зараховано	90-100	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
Добре/зараховано	82-89	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
	74-81	C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
Задовільно/зараховано	64-73	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
	60-63	E	Достатньо (виконання відповідає мінімальним критеріям)
Незадовільно/незараховано	35-59	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
	0-34	F	Незадовільно (з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)

5. ПОЛІТИКА КУРСУ:

5.1. Відвідування занять є обов'язковим, як важлива складова освітнього процесу.

5.2. Пропущені заняття (з поважних причин / без поважних причин) мають бути відпрацьованими в позааудиторний час.

5.3. За кожну виконану контрольну, індивідуальну роботу, поточний (теоретичний) контроль, тест і активність на занятті отримується кількість балів, відповідно до таблиці розподілу балів. Для отримання позитивної оцінки необхідно отримати не менше 60 відсотків від максимальної кількості балів для кожного виду робіт.

5.4. Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонено (в т. ч. із використанням мобільних пристроїв).

- 5.5. Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час виконання розрахунків практичних завдань.
- 5.6. При виявленні плагиату робота не оцінюється, а виконується повторно зі зміною завдань.
- 5.7. Усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконаними у встановлений термін. В разі несвоєчасного виконання роботи без поважних причин, бали будуть пониженими пропорційно часу запізнення..
- 5.8. Перенесення терміну здачі роботи/перездача з поважних причин (лікарняний, академічна мобільність тощо) не впливатиме на оцінку.
- 5.9. Незадовільні оцінки, отримані студентом протягом семестру мають бути перескладеними за тиждень до складання підсумкового контролю.
- 5.10. Студент має можливість зарахувати оцінку підсумкового контролю і не складати екзамен або підвищити підсумкові бали за семестр на екзамені.
- 5.11. За наукову роботу та участь в олімпіадах студенти отримують додаткові бали.
- 5.12. Допускається визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті, при цьому рішення щодо кількості балів приймається колегіально за результатами засідання комісії, яка складається з трьох членів кафедри.
- 5.13. Обов'язковим є дотримання академічної доброчесності студентами, а саме:
- самостійне виконання всіх видів робіт, завдань, форм контролю, передбачених робочою програмою навчальної дисципліни «Елементи квантової механіки»;
 - посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
 - дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
 - надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.
- 5.14. Будь-які конфліктні ситуації між студентом та викладачем (академічна недоброчесність, упереджене ставлення, сексуальне домагання, тощо) вирішуються на засіданні комісії, яка складається з викладача, завідувача кафедри, представника студентського самоврядування та куратора.
- 5.15. Оскарження оцінювання відбувається згідно з «Положенням про порядок і методику рейтингового оцінювання академічних досягнень студентів КНУТД» і таким чином: здобувач вищої освіти, який не погоджується з результатом підсумкового контролю, має право подати заяву на ім'я ректора за погодженням декана факультету / директора інституту в день проведення екзамену або не пізніше 15:00 наступного робочого дня. Для розгляду апеляції протягом трьох робочих днів після подачі заяви на факультеті / інституті наказом ректора створюється апеляційна комісія в такому складі: голова комісії (проректор, декан факультету / директор інституту, їх заступники або директор Навчально-методичного центру управління підготовкою фахівців), секретар та члени комісії (обов'язково має бути представник від студентського самоврядування). Апеляційна комісія оцінює письмові відповіді студента, який подав апеляцію, на кожне завдання окремо за критеріями, що визначені в робочій програмі навчальної дисципліни. Додаткове опитування студента під час розгляду його роботи не допускається. Апеляційна комісія після розгляду апеляції студента ухвалює одне з двох рішень: або виставлена оцінка з навчальної дисципліни відповідає рівню і якості виконаної роботи та не змінюється, або виставлена оцінка з навчальної дисципліни не відповідає рівню і якості виконаної роботи та збільшується / зменшується на певну кількість балів (указується нова оцінка та бали відповідно до прийнятої системи оцінювання знань).

6. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Олейнікова І.В. Елементи квантової механіки. Методичні вказівки до лабораторних робіт [Електронний ресурс] – Київ, КНУТД, МСОП, ННІПТ, кафедра прикладної фізики та вищої математики, 2024. – 24 с.
2. Олейнікова І.В. Елементи квантової механіки. Конспект лекцій [Електронний ресурс] – Київ, КНУТД, МСОП, ННІПТ, кафедра прикладної фізики та вищої математики, 2024. –85 с.

3. Олейнікова І.В.. Елементи квантової механіки. Методичні вказівки до практичних робіт [Електронний ресурс] – Київ, КНУТД, МСОП, ННІПТ, кафедра прикладної фізики та вищої математики, 2024. –52 с.

7 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Introduction to Quantum Mechanics / Idema, T. – TU Delft OPEN Books, 2025. – Interactive Textbook. <https://books.open.tudelft.nl/home/catalog/book/206>.
2. Квантова механіка. Практичні заняття 1 семестр. Навчальний посібник для студентів фізичного факультету / О.М. Теслик, А.В. Чумаченко, В.М. Хотяїнцев, С.Й. Вільчинський. – К.: КНУ, Електронне видання, 2022. – 164 с.
3. Quantum Mechanics for Tomorrow's Engineers / Kono, J. – Cambridge: Cambridge University Press, 2022. – 220 pp.
4. Теоретична фізика. Квантова механіка / О.М. Бродин. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Електронний ресурс, 2022. – 233 с.
5. Quantum Logic under Semiclassical Limit: Information Loss. / M.V. Teslyk, O.M. Teslyk, and L.V. Zadorozhna. – Ukr. J. Phys., vol. 67, № 5, 2022. – p. 352.
6. Кобушкін О.П. Квантова механіка. Навчальний посібник – Київ, 2016, -253 с.
7. Крохмальський Т.Є. Вступ до квантових обчислень: Навчальний посібник. - Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. - 204 с.
8. Вакарчук І. О. Квантова механіка : підручник / І. О. Вакарчук. — 4-те вид., доп. — Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. — 872 с.
9. Висоцький, В.І. Квантова механіка та її використання у прикладній фізиці: підручник / В.І. Висоцький. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. - 367 с.
10. Кобушкін, О. П. Збірник задач з квантової механіки [Електронний ресурс]: навчальний посібник / О. П. Кобушкін, Я. Д. Кривенко-Еметов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 110 с.
11. Висоцький В. І., Максютя М. В., Ястремський І. О. Збірник задач з квантової механіки. — К. 2019. — 287 с.

Додаткова

1. Kathryn D. de Ridder-Vignone Public Engagement and the Art of Nanotechnology Leonardo 2012; 45 (5): 433–438.
2. Боровий М.О., Оліх О.Я. Фізичні основи квантової механіки. Для студентів природничих факультетів. Частина 1. – К.:2011, -121 с.

8 ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ

1. Фізика; <https://www.fizykaua.com/>
2. Віртуальні лабораторні роботи https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=atom_franckhertz&l=ua
3. <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/c03d2jwzx0wo>
4. Час науки: <https://chasnauki.com/novosti/kvantovaya-mekhanika-osnovnye-principy-teoriya-i-poluprovodniki.html>

ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕНО

Протокол засідання кафедри від “ ____ ” _____ 20__ р. № ____

Завідувач кафедри _____
(підпис)

ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕНО

Протокол засідання кафедри від “ ____ ” _____ 20__ р. № ____

Завідувач кафедри _____
(підпис) _____