

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Факультет ФІЗИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Кафедра ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи

“ _____ ” _____ 2017 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КВАНТОВА МЕХАНІКА

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 10 «ПРИРОДНИЧІ НАУКИ»

(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціальність 105 «ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА НАНОМАТЕРІАЛИ»

(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціалізація _____

(назва спеціалізації)

факультет/центр ФІЗИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

(назва факультету/центру)

Дніпро – 2017 рік

Робоча програма «КВАНТОВА МЕХАНІКА» для студентів
(назва навчальної дисципліни)
 з галузі знань 10 «ПРИРОДНИЧІ НАУКИ»
 за спеціальністю 105 «ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА НАНОМАТЕРІАЛИ»
 „31” серпня, 2017 року- 15 с.

Розробник: Турінов Андрій Миколайович, доцент кафедри теоретичної фізики,
 кандидат фізико-математичних наук.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики
 Протокол від “31” травня 2017 року № 70

Завідувач кафедри теоретичної фізики

_____ (Скалозуб В.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)
“31” травня 2017 року

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю підготовки:

105 «Прикладна фізика та наноматеріали»
(шифр, назва)

Протокол від “__” _____ 2017 року № __

Голова _____ (Дробахін О.О.)
(підпис) (прізвище та ініціали)
“__” _____ 2017 року

Схвалено Вченою радою факультету фізики, електроніки та комп’ютерних
 систем _____

(шифр, назва)

Протокол від “15” червня 2017 року № 77

Голова _____ (Коваленко О.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)
“15” червня 2017 року

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>10 «Природничі науки»</u> (шифр і назва)	Нормативна	
	Напрямок підготовки <u>105 «Прикладна фізика та наноматеріали»</u> (шифр і назва)		
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): _____	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		3-й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 150.		4-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4. самостійної роботи студента – 5.	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>бакалавр</u>	Лекції	
		32 год.	
		Практичні, семінарські	
		32 год.	
		Лабораторні	
		0 год.	
		Самостійна робота	
		86 год.	
		У тому числі індивідуальні завдання:	
		Вид контролю: екзамен.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Вивчення основних методів сучасної квантової механіки. Квантова механіка є найбільш складним для розуміння розділом теоретичної фізики, яка вивчається в університеті. Вона є важливою частиною сучасної природничої та інженерної освіти. Курс включає основні теоретичні положення квантової механіки, низку їхніх застосувань, а також необхідні для її вивчення математичні питання (основи теорії ймовірностей, основи функціонального аналізу). Завдання дисципліни –

засвоїти основні поняття та методи квантової механіки та вміти їх практично застосовувати. У результаті вивчення дисципліни студент повинен мати тверді теоретичні знання та вміти використовувати їх при вирішенні конкретних задач.

3. Програма навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Хвильова функція

ТЕМА 1. Вступ. Загальна характеристика дисципліни.

ТЕМА 2. Хвильова функція. Статистичний сенс ХФ. Умова нормування ХФ. Процедура нормування ХФ. Середнє значення координати x , середньоквадратичне відхилення координати Δx (дисперсія координати, невизначеність координати). Рівняння Шредінгера для одновимірного руху частинки. Стала Планка $\hbar$. Опис одновимірного руху у зовнішньому полі у класичній та квантовій механіці.

ТЕМА 3. Принцип суперпозиції. Множина усіх ХФ системи H як лінійний простір. ХФ як вектор. Скалярний добуток ХФ (ψ_1, ψ_2) . Множина усіх ХФ системи H як гільбертів простір. Норма ХФ (вектора) $\|\psi\|$.

ТЕМА 4. Оператори фізичних величин. Лінійні оператори. Комутатор операторів. Властивості комутаторів. Фізичні величини (ФВ) в класичній механіці. Оператори фізичних величин. Побудова операторів фізичних величин за Вейлем. Оператори координати $\hat{x}$ та імпульсу $\hat{p}_x$. Канонічне комутаційне співвідношення. Статистичний сенс ХФ та середнє значення довільної функції координати. Оператор $\hat{A}$ фізичної величини A . Середнє значення $\bar{A}(\bar{A})$ довільної ФВ A . Оператори кінетичної $\hat{T}$, потенціальної $\hat{U}$ та повної енергії системи $\hat{E}$. Оператор Гамільтона $\hat{H}$ (повної енергії) та рівняння Шредінгера. Оператор, спряжений за Ермітом. Властивості спряження за Ермітом. Ермітів оператор (ермітовість оператора). Ермітовість операторів координати $\hat{x}$, імпульсу $\hat{p}_x$, кінетичної енергії $\hat{T}$, потенціальної енергії $\hat{U}$.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Вимірювання фізичних величин

ТЕМА 1. Основи спектральної теорії операторів. Власна функція (ВФ) та власне значення (ВЗ) оператора. Спектр оператора. Дійсність ВЗ ермітова оператора. Дискретний спектр оператора. ВФ цього спектру. Неперервний спектр оператора. ВФ цього спектру. Нескінченість норми ВФ неперервного спектру та гільбертів простір. Спектр оператора ФВ та результати її вимірювання. Уявлення про прилад. Ортогональність ВФ, які відповідають різним ВЗ оператора ФВ. Виродження ВЗ оператора ФВ. Лінійна незалежність векторів та кратність виродження ВЗ. Ортонормування ВФ дискретного спектру. Дельта-функція (δ -функція) Дірака як граничне значення послідовності звичайних функцій. Основні властивості δ -функції. Теорема Фур'є. Фур'є - розвинення δ -функції. Ортонормування ВФ неперервного спектру. Визначення довільної функції $f(\hat{A})$ від оператора $\hat{A}$.

ТЕМА 2. Основи теорії представлень. Базис $\{\psi_n(x)\}$ у множині ХФ H (у гільбертовому просторі). Повнота множини ХФ (векторів). Коефіцієнти розвинення $\{c_n\}$ ХФ $\psi(x)$ по функціях базису (коефіцієнти Фур'є). Повнота системи ВФ $\{\psi_n(x), \psi_A(x)\}$ оператора ФВ $\hat{A}$. ВФ оператора ФВ як узагальнений базис у множині ХФ. Коефіцієнти розвинення $\{c_n, c_A\}$ ХФ по функціях узагальненого базису $\{\psi_n(x), \psi_A(x)\}$ оператора $\hat{A}$ (узагальнені коефіцієнти Фур'є, ХФ у A -представленні).

ТЕМА 3. Вимірювання фізичних величин. Формула для середнього значення $\bar{A}$ ФВ через ВЗ її оператора $\hat{A}$ та ХФ у A -представленні. Статистичний сенс ХФ у A -представленні $\{c_n, c_A\}$. Умова нормування ХФ у A -представленні. Приклад вимірювання ФВ A у стані, який є суперпозицією ВФ дискретного спектру $\psi_n(x)$. Приклад вимірювання ФВ A у стані, який є суперпозицією ВФ $\psi_A(x)$ неперервного спектру. Нормовані ХФ з майже визначеним значенням ФВ з її неперервного спектру.

ТЕМА 4. Енергетичне та імпульсне представлення. ВФ та ВЗ оператора Гамільтона $\hat{H}$ (повної енергії). ХФ у енергетичному представленні (E -представленні) $\{c_n, c_E\}$. Залежність ХФ у E -представленні $\{c_n(t), c_E(t)\}$ від часу. Загальний розв'язок часового рівняння Шредінгера. Стаціонарні стани системи та їх ХФ $\psi_n(x, t)$, $\psi_E(x, t)$. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів. ВФ $\psi_p(x)$ та ВЗ оператора імпульсу $\hat{p}_x$. ХФ у імпульсному представленні (p -представленні) $\{c_p\}$. Стаціонарні стани частинки при вільному русі $\psi_p(x, t)$. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. Гармонічний осцилятор

ТЕМА 1. Теорія гармонічного осцилятора в координатному представленні. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів гармонічного осцилятора. Приведення до безрозмірного вигляду. ХФ осцилятора та поліноми Ерміта. Гармонічний осцилятор в класичній механіці та результати його квантового розгляду. Гармонійні осцилятори вільного електромагнітного поля та фотони. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.

ТЕМА 2. Метод Дірака в теорії гармонічного осцилятора. Оператори Дірака a, a^+ . Вирази для операторів координати $\hat{x}$, імпульсу $\hat{p}_x$ та енергії $\hat{H}$ через a, a^+ . ВЗ оператора числа заповнення $\hat{n} = a^+a$. Тотожність $\hat{n}(a^+)^n = (a^+)^n \hat{n} + n(a^+)^{n-1}$. ВФ $\psi_n(x)$ оператора числа заповнення $\hat{n} = a^+a$. Нормування ВФ $\psi_n(x)$ оператора числа заповнення $\hat{n} = a^+a$. ХФ $\psi_n(x, t)$ та енергія E_n стаціонарних станів. ХФ $\psi_0(x)$ та енергія E_0 основного стану. Задача про гармонічний осцилятор.

ТЕМА 3. Закони збереження в квантовій механіці. Оператор $\hat{A}$ швидкості зміни ФВ A . Шредінгерівська картина часової залежності операторів ФВ. Інтеграли руху та їх оператори. Оператори $\hat{x}, \hat{p}_x$. II закон Ньютона в операторній

формі. Закон збереження кількості частинок як наслідок рівняння Шредінгера. Середня густина кількості частинок $\rho(x,t)$ та густина потоку частинок $j_x(x,t)$. Оператори густини кількості частинок $\hat{\rho}(x)$ та густини потоку частинок $\hat{j}_x(x)$. Закон збереження кількості частинок в операторній формі. Середнє значення $\overline{\hat{\rho}(x)}$ густини кількості частинок $\rho(x)$. Середнє значення $\overline{\hat{j}_x(x)}$ густини потоку частинок $j_x(x)$.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. Деякі особливості квантових систем

ТЕМА 1. Рух частинки у полі кусково-постійного потенціалу. Рух частинки у полі кусково-постійного потенціалу. Умови неперервності ХФ та її похідної. Середня густина потоку частинок та її неперервність. Постановка задачі про відбиття частинок потенціальною ямою $U_1(x) = \begin{cases} 0, & |x| > a \\ -U_0, & |x| < a \end{cases}$. Задача про зв'язані

стани в потенціальній ямі $U_2(x) = \begin{cases} +\infty, & |x| > a \\ 0, & |x| < a \end{cases}$. Рівні енергії частинки. Задача про

зв'язані стани в потенціальній ямі $U_2(x)$. Парні ХФ частинки. Задача про зв'язані стани в потенціальній ямі $U_2(x)$. Непарні ХФ частинки. Можливість перебування квантової частинки в області, забороненій в класичній механіці. Тунельний ефект. Коефіцієнти проходження і відбиття та їх статистичний сенс. Надбар'єрне відбиття квантової частинки. Коефіцієнти проходження і відбиття та їх статистичний сенс. Зв'язані стани у квантовій механіці. Можливість відсутності зв'язаного стану у потенціальній ямі. Можливість розпаду зв'язаного стану.

ТЕМА 2. Співвідношення невизначеностей. Вимірювання ФВ A, B та комутативність їх операторів $\hat{A}, \hat{B}$. Повна система ФВ $A_1, \dots, A_n$ та її використання при розгляді квантової системи. Співвідношення невизначеностей $\Delta A \cdot \Delta B \geq \frac{1}{2} |\overline{C}|$ для ФВ A, B ($\hat{C} \equiv -i[\hat{A}, \hat{B}]$) та їх вимірювання. Співвідношення невизначеностей для координати та імпульсу. Обмеженість уявлення про траєкторію у квантовій механіці.

ТЕМА 3. Атом водню. Задача двох тіл у квантовій механіці. Повна система ФВ $E, \vec{M}^2, M_z$ ($\vec{M}$ - момент імпульсу) при русі у кулоновому полі. ХФ та рівні енергії частинки в кулоновому полі.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Хвильова функція						
Тема 1. Вступ. Загальна характеристика дисципліни.	9	2	2			5
Тема 2.	14	2	2			10
Хвильова функція						
Тема 3.	10	3	2			5
Принцип суперпозиції						
Тема 4.	14	2	2			10
Оператори фізичних величин						
Разом за змістовим модулем 1	47	9	8			30
Змістовий модуль 2. Вимірювання фізичних величин						
Тема 1.	14	2	2			10
Основи спектральної теорії операторів						
Тема 2.	7	2				5
Основи теорії представлень						
Тема 3.	8	1	2			5
Вимірювання фізичних величин						
Тема 4.	13	1	2			10
Енергетичне та імпульсне представлення						
Разом за змістовим модулем 2	42	6	6			30
Змістовий модуль 3. Гармонічний осцилятор						
Тема 1.	9	2	2			5

Теорія гармонічного осцилятора в координатному представленні						
Тема 2.	9	2	2			5
Метод Дірака в теорії гармонічного осцилятора						
Тема 3.	11	2	4			5
Закони збереження в квантовій механіці						
Разом за змістовим модулем 3	29	6	8			15
Змістовий модуль 4. Деякі особливості квантових систем						
Тема 1.	13	4	4			5
Рух частинки у полі кусково-постійного потенціалу						
Тема 2.	11	4	4			3
Співвідношення невизначеностей						
Тема 3.	8	3	2			3
Атом водню						
Разом за змістовим модулем 4	32	11	10			11
Усього годин	150	32	32			86

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	немає	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
зміст. модуль 1, Тема 1	<i>Вступ. Загальна характеристика дисципліни</i>	2
зміст.	<i>Хвильова функція</i>	2

модуль 1 Тема 2		
зміст. модуль 1 Тема 3	<i>Принцип суперпозиції</i>	2
зміст. модуль 1 Тема 4	<i>Оператори фізичних величин</i>	2
зміст. модуль 2, Тема 1	<i>Основи спектральної теорії операторів</i>	2
зміст. модуль 2 Тема 2	<i>Основи теорії представлень</i>	2
зміст. модуль 2 Тема 4	<i>Енергетичне та імпульсне представлення</i>	2
зміст. модуль 3, Тема 1	<i>Теорія гармонічного осцилятора в координатному представленні</i>	2
зміст. модуль 3 Тема 2	<i>Метод Дірака в теорії гармонічного осцилятора</i>	2
зміст. модуль 3 Тема 3	<i>Закони збереження в квантовій механіці</i>	4
зміст. модуль 4, Тема 1	<i>Рух частинки у полі кусково-постійного потенціалу</i>	4
зміст. модуль 4 Тема 2	<i>Співвідношення невизначеностей</i>	4
зміст. модуль 4 Тема 3	<i>Атом водню</i>	2

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	немає	

8. Самостійна робота

№	Вид роботи	Кількість годин
1.	Опрацювання програмного матеріалу, що не викладається на лекціях.	25
2.	Підготовка до практичних занять.	14
3.	Підготовка індивідуальних завдань.	0
4.	Підготовка курсової роботи.	0
5.	Підготовка до поточного контролю (КНР).	20
6.	Підготовка до екзамену.	27
	Разом:	86

9. Індивідуальні завдання

№ змістового модуля, теми	Вид завдання, тема	Кількість годин
	немає	

10. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні, наочні, практичні методи передачі та сприймання навчальної інформації, пояснювально-ілюстративний, проблемний та дослідницький характер пізнавальної діяльності з метою оволодіння новими знаннями, формування вмінь і навичок, перевірки та оцінювання знань й умінь за допомогою усного викладу знань, закріплення навчального матеріалу, самостійної роботи з осмислення й засвоєння нового матеріалу роботи з можливим застосуванням знань на практиці та вироблення вмінь і навичок.

Найпоширеніші в педагогіці такі класифікації методів навчання:

- за джерелом передачі та сприймання навчальної інформації - словесні, наочні, практичні
- за характером пізнавальної діяльності учнів - пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, проблемне викладання, частково-пошуковий, дослідницький

- залежно від основної дидактичної мети і завдань - методи оволодіння новими знаннями, формування вмінь і навичок, перевірки та оцінювання знань, умінь і; методи усного викладу знань, закріплення навчального матеріалу, самостійної роботи учнів з осмислення й засвоєння нового матеріалу роботи із застосування знань на практиці та вироблення вмінь і навичок, перевірки та оцінювання знань, умінь і навичок;
- класифікація з точки зору цілісного підходу до діяльності у процесі навчання - методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності; стимулювання й мотивація учіння, контролю, самоконтролю, взаємоконтролю і корекції, самокорекції, взаємокорекції в навчанні.

11. Методи контролю

У семестрі відбувається контроль з боку викладача та самоконтроль за такими формами контролю: поточний контроль, контроль за змістовними модулями, іспит.

Навчальна дисципліна оцінюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається з 4 модулів в одному семестрі.

До критеріїв оцінювання знань включені такі: своєчасність виконання завдань, самостійність, оригінальність мислення, відповідальність, уміння обстоювати свою думку, глибина засвоєння теоретичних знань (це перевіряється тестуванням), уміння структуровано викладати матеріал, використовувати наочність.

ОРІЄНТОВАНІ ПИТАННЯ ПОТОЧНОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ.

11.1.1. Питання поточного контролю.

Додаток А1.

11.3.1. Тестові запитання.

Додаток А2.

11.3.1. Теоретичні питання для екзамену.

Додаток С1.

11.3.2. Практичні питання для екзамену.

Додаток С2.

11.3.3. Приклади екзаменаційних білетів.

Додаток С3.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Екзамен

Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2	Змістовий модуль №3	Змістовий модуль №4	Екзамен	Сума
15	15	15	15	40	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
75 – 81	C		
64 – 74	D	задовільно	
60 – 63	E		
0 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
	F*	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Турінов А.М. Посібник до вивчення курсу «Квантова механіка». - ДНУ, Дніпропетровськ – 2013.

2. Соколовський О.Й., Лягушин С.Ф., Додаткові розділи квантової теорії. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т, 2006. – 116 с.

14. Рекомендована література

Основна література

1. Вакарчук І.О. Квантова механіка. – Л.: Вид-во Львів. ун-ту, 1998.– 616 с.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. – М.: Наука, 1983.– 664 с.
3. Давыдов А.С. Квантовая механика. – М.: Наука, 1973.– 748 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Наука, 1974.– 752 с.
5. Лягушин С.Ф., Соколовський О.Й. Посібник із квантової механіки. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т, 2005.– 36 с.

Додаткова література

6. Федорченко А.М. Теоретична фізика: У 2 т. – К.: Вища шк., 1993.– Т.2: Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика.– 415 с.
7. Глауберман А.Ю. Квантова механіка. – Л.: Вид-во Львів. ун-ту, 1962.– 506 с.
8. Фок В.А. Начала квантовой механики. – М.: Наука, 1976.– 376 с.
9. Мессиа А. Квантовая механика. – М.: Наука, 1978.– Т.1.– 480 с.; 1979.– Т.2.– 584 с.
10. Шифф Л. Квантовая механика. – М.: ИЛ, 1959.– 473с.
11. Дирак П.А. Принципы квантовой механики. – М.: Наука, 1979.– 480 с.
12. Фаддеев Л.Д., Якубовський О.А. Лекции по квантовой механике для студентов-математиков. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1980.– 200 с.
13. Функциональный анализ. – Под ред. С.Г. Крейна, М.: Наука, 1972.– 544 с.
14. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Наука, 1968.– 496 с.
15. Березин Ф.А., Шубин М.А. Уравнение Шредингера. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983.– 392 с.
16. Нейман фон И. Математические основы квантовой механики. – М.: Наука, 1964.– 368 с.
17. Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука, 1972. – 439 с.
18. Медведев Б.В. Начала теоретической физики. – М.: Наука, 1977.– 496 с.
19. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. – М.: Наука, 1979.– 528 с.
20. Балашов В.В., Долинов В.К. Курс квантовой механики. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.– 280 с.
21. Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики. – М.: Наука, 1985.– 384 с.
22. Ансельм А.И. Очерки развития физической теории в первой трети XX века. – М.: Наука, 1986. – 248 с.
23. Хунд Ф. История квантовой теории. – К.: Наук. думка, 1980.– 244 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека ім. О. Гончара Дніпропетровського національного університету (м. Дніпропетровськ, вул. Козакова, 8).
2. Математичний кабінет механіко – математичного факультету (м. Дніпропетровськ, вул. Козакова, 18).
3. Інтернет.

16. Структура рейтингової системи оцінювання

Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара

Кафедра _____ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ _____

Дисципліна _____ КВАНТОВА МЕХАНІКА _____

Академічні групи _____ КП-15-1 _____

Навчальний рік 2017/2018

семестр б

Елементи контролю за 1-м змістовним модулем

- Самостійна робота № 1. 3 теоретичних питань (по 3 бали за кожне) і 2 видів практичних завдань (по 3 бали за кожне). Завдання контрольної роботи в кількості 25. Загальна кількість балів – 15.

№ зміс мод	Зміст завдання	Кількість балів, термін склад.
1	Самостійна робота № 1. 3 теоретичні питання і 2 задачі (див. п. 11.1.1 даної програми)	15, 4 тижд.

Термін перескладання 1-го модуля - 5 тиждень.

Елементи контролю за 2-м змістовним модулем

- Самостійна робота № 2. 2 теоретичних питань (по 3 бали за кожне) і 3 видів практичних завдань (по 3 бали за кожне). Завдання контрольної роботи в кількості 25. Загальна кількість балів – 15.

№ зміс мод	Зміст завдання	Кількість балів, термін склад.
2	Самостійна робота № 2. 2 теоретичні питання і 3 задачі (див. п. 11.1.1 даної програми)	15, 8 тижд.

Термін перескладання 2-го модуля - 9 тиждень.

Елементи контролю за 3-м змістовним модулем

- Самостійна робота № 3. 2 теоретичних питань (по 3 бали за кожне) і 3 видів практичних завдань (по 3 бали за кожне). Завдання контрольної роботи в кількості 25. Загальна кількість балів – 15.

№ зміс мод	Зміст завдання	Кількість балів, термін склад.
3	Самостійна робота № 3. 2 теоретичні питання і 3 задачі (див. п. 11.1.1 даної програми)	15, 12 тижд.

Термін перескладання 3-го модуля - 13 тиждень.

Елементи контролю за 4-м змістовним модулем

- Самостійна робота № 4. 2 теоретичних питань (по 3 бали за кожне) і 3 видів практичних завдань (по 3 бали за кожне). Завдання контрольної роботи в кількості 25. Загальна кількість балів – 15.

№ зміс мод	Зміст завдання	Кількість балів, термін склад.
4	Самостійна робота № 4. 2 теоретичні питання і 3 задачі (див. п. 11.1.1 даної програми)	15, 16 тижд.

Термін перескладання 4-го модуля - 17 тиждень.

Елементи семестрового контролю (екзамен)

Загальна кількість теоретичних питань – 50 (п. 11.3.1 програми). Загальна кількість екзаменаційних білетів – 50 (приклади білетів п. 11.3.3 програми).

Загальна кількість балів – 40:

2 теоретичних питання

по 10 за кожне.

4 задачі з самостійних робіт № 1, 2, 3, 4

по 5 балів за кожену.

Викладач-екзаменатор

доц. А. М. Турінов

Викладач, який проводить практичні заняття

доц. А. М. Турінов

Затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики,
протокол № 70 від 31.05.2017 р.

Завідувач кафедри теоретичної фізики

проф. В. В. Скалозуб