Форма № Н - 3.04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра теоретичної фізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Декан фізичного факультету

_____ проф. Якібчук П.М.

"27" ____06____ 2017 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИЧНІ СИСТЕМИ У КВАНТОВАНОМУ ПРОСТОРІ

галузь знань:	10 Природничі науки
спеціальність:	104 Фізика та астрономія
спеціалізація:	Теоретична фізика
факультет:	фізичний

Львів – 2017 рік

Робоча програма навчальної дисципліни **«Фізичні системи у квантованому просторі»** для підготовки доктора філософії з природничих наук за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, 2017. – 6 с.

Розробники програми:

доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри теоретичної фізики Ткачук В. М.

Програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол №11 від 09.03.2017

В. о. завідувача кафедри теоретичної фізики

_____ В. М. Ткачук

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол № 5 від 27.06.2017

Голова Вченої ради фізичного факультету

_____ П. М. Якібчук

© Ткачук В. М., 2017

1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни
«Фізичні системи у квантованому просторі»)

<table>
<tr><th>Найменування показників</th><th>Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</th><th>Характеристика навчальної дисципліни</th></tr>
<tr><td>Кількість кредитів — 3</td><td>Галузь знань:
10 Природничі науки</td><td>Денна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Модулів — 1</td><td rowspan="2">Спеціальність:
104 Фізика та астрономія</td><td>Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Блоків змістових модулів — 1</td><td>Рік підготовки — другий</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин — 90</td><td rowspan="2">Спеціалізація:
Теоретична фізика</td><td>Семестр — 3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Тижневих годин:
аудиторних — 3
самостійної роботи — 2,625</td><td>Лекції — 32 год</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Освітньо-кваліфікаційний рівень:
доктор філософії</td><td>Практичні — 16 год</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота — 42 год</td></tr>
<tr><td>Вид контролю — іспит</td></tr>
</table>

Примітка.
Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить – 1,143.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою і завданням навчальної дисципліни «Фізичні системи у квантованому просторі» є формування необхідних теоретичних знань і практичних навиків для дослідження фізичних систем у так званих квантованих просторах, які можуть бути ефективно описані деформаціями комутаційних співвідношень різного типу, знаходження спектрів квантових систем у квантованому просторі, розрахунку еволюції квантових та класичних систем у квантованому просторі.

В результаті вивчення цього курсу аспірант повинен

знати:

деформовані алгебри Гайзенберґа канонічного типу, типу алгебри Лі та нелінійні деформовані алгебри, а також їх релятивістські узагальнення, причини їх виникнення та наслідки деформацій.

вміти:

обчислювати мінімальну довжину, площу та об'єм простору з деформованими алгебрами, розраховувати енергетичні спектри квантових систем у таких просторах, розраховувати класичні траєкторії у просторі з деформованими дужками Пуассона.

Навчальний курс охоплює **3 кредити (90 год)**. Курс складається з 32 год лекційних занять, 16 год практичних занять та 42 год самостійної роботи. Тижневе навантаження студента складає 3 год аудиторних занять та 2,625 год самостійної роботи.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Квантова гравітація, теорія струн та особливості простору-часу на планківських масштабах.

Наслідки об'єднання квантової механіки та квантової гравітації. Мінімальна планківська чорна діра. Квант простору — мінімальна довжина.

Тема 2. Узагальнений принцип невизначеностей та деформована алгебра Гайзенберґа з мінімальною довжиною.

Узагальнення принципу невизначеностей Гайзенберґа. Мінімальна довжина як наслідок узагальненого принципу невизначеностей (Generalized Uncertainty Principle, GUP). Отримання GUP з деформованої алгебри Гайзенберґа. Представлення деформованих алгебр.

Тема 3. Найпростіші фізичні системи у просторі з деформованою алгеброю Гайзенберга.

Вільна частинка в деформованому просторі. Частинка в потенціальній ямі з безмежно високими стінками. Гармонічний осцилятор. Класична границя деформованої алгебри Гайзенберґа та деформовані дужки Пуассона. Класичний гармонічний осцилятор. Рух по колових орбітах у центральному полі.

Тема 4. Класифікація деформованих алгебр Гайзенберга.

Алгебри канонічного типу. Алгебри типу Лі. Нелінійні деформовані алгебри. Зведення нелінійних деформованих алгебр до лінійних.

Тема 5. Простір з канонічною некомутативністю координат.

Наслідки канонічної некомутативності координат: мінімальна довжина, площа та об'єм. Задача про гармонічний осцилятор. Задача Кулона. Простір зі спіновою некомутативністю координат.

Тема 6. Симетрійні властивості квантованого простору-часу.

Зв'язок лагранжіана з гамільтоніаному у деформованому просторі. Перетворення Ґалілея у деформованому просторі. Перетворення Лоренца у деформованому просторі та вплив квантованості простору на швидкість світла.

Тема 7. Багаточастинкові системи у квантованих просторах.
Центр мас та повний імпульс багаточастинкових систем у деформованому просторі. Рівняння руху центра мас у деформованому просторі. Soccer-ball problem. Ефективний параметр деформації макроскопічних тіл. Розрахунок верхньої межі параметрів некомутативності за даними про рух планет.

Тема 8. Рівняння поля в деформованому просторі.
Лагранжіан поля в деформованому просторі з мінімальною довжиною. Рівняння електромагнітного поля в деформованому просторі. Зв'язок електродинаміки в квантованому просторі з електродинамікою Подольського–Розена.

4. Структура навчальної дисципліни

№	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
		лк	пр	лаб	ср
	МОДУЛЬ 1				
1	Квантова гравітація, теорія струн та особливості простору-часу на планківських масштабах	4	2	—	5
2	Узагальнений принцип невизначеностей та деформована алгебра Гайзенберга з мінімальною довжиною	4	2	—	5
3	Найпростіші фізичні системи у просторі з деформованою алгеброю Гайзенберга	4	2	—	6
4	Класифікація деформованих алгебр Гайзенберга	4	2	—	5
5	Простір з канонічною некомутативністю координат	4	2	—	5
6	Симетрійні властивості квантованого простору-часу	4	2	—	5
7	Багаточастинкові системи у квантованих просторах	4	2	—	6
8	Рівняння поля в деформованому просторі	4	2	—	5
	ВСЬОГО	**32**	**16**	—	**42**

5. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
	МОДУЛЬ 1	
1	Планківська чорна діра як результат застосування квантової механіки до гравітації	2
2	Узагальнений принцип невизначеностей та деформована алгебра Гайзенберга з мінімальною довжиною. Представлення алгебр	2
3	Найпростіші фізичні системи у просторі з деформованою алгеброю Гайзенберга	2
4	Зв'язок нелінійних деформованих алгебр зі лінійними	2
5	Простір з канонічною некомутативністю координат: мінімальна довжина, площа та об'єм	2
6	Перетворення Ґалілея та Лоренца у квантованому просторі	2
7	Рух макроскопічних тіл у квантованому просторі	2
8	Рівняння електромагнітного поля в деформованому просторі	2
	ВСЬОГО	**16**

6. Методи навчання

Використовуються такі методи навчання:
а) *словесні* – лекція, пояснення, бесіда;
б) *наочні* – ілюстрування лекційного матеріалу схемами та графіками;
в) *практичні* – виконання практичних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень, узагальнень та аналізу та формування вмінь і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об'єктів.

7. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Контроль знань здійснюється за результатами іспиту.

Шкала оцінювання: вузу, національна та ECTS

Оцінка ЄКТС	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен	
A	90–100	5	відмінно
B	81–89	4	дуже добре
C	71–80		добре
D	61–70	3	задовільно
E	51–60		достатньо

8. Рекомендована література

Базова:
Базова:

1. *І. О. Вакарчук.* Квантова механіка.— Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 872 с.
2. *В. М. Ткачук*, Журн. фіз. дослідж. **11**, 41 (2007).
3. *E. Witten*, Phys. Today **49**, 24 (1996).
4. *A. Kempf*, Phys. Rev. D **63**, 083514 (2001).
5. *H. S. Snyder*, Phys. Rev. **71**, 38 (1947).
6. *C. Quesne, V. M. Tkachuk*, Phys. Rev. A **81**, 012106 (2010).
7. *C. Quesne, V. M. Tkachuk*, J. Phys. A: Math. Gen. **36**, 10373 (2003).
8. *V. M. Tkachuk*, Found. Phys. **46**, 1666 (2016).
9. *V. M. Tkachuk*, Phys. Rev. A **86**, 062112 (2012).
10. *Kh. P. Gnatenko, Yu. S. Krynytskyi, V. M. Tkachuk*, Mod. Phys. Lett. A **30**, 1550033 (2015).

Допоміжна:
Наукові статті у періодичних виданнях за тематикою курсу.

Інформаційні ресурси:
1. Wolfram MathWorld http://mathworld.wolfram.com/
2. Wikipedia. http://www.wikipedia.org