

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука

Затверджено

На засіданні кафедри теоретичної фізики
імені професора Івана Вакарчука
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)

Завідувач кафедри  Володимир ТКАЧУК

Силабус

**з навчальної дисципліни «Парадокси квантової механіки та їхні філософські
аспекти»,**

що викладається в межах

ОНП «Квантові комп'ютери та квантове програмування»

другого (магістерського) рівня вищої освіти

для здобувачів з спеціальності 104 Фізика та астрономія

Львів 2023

Назва дисципліни	Парадокси квантової механіки та їхні філософські аспекти
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 19, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія
Викладач дисципліни	завідувач кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, проф. Понеділок Григорій Володимирович
Контактна інформація викладача	voltkachuk@gmail.com
Консультації з курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/paradoksy-kvantovoi-mekhaniky-ta-ikhni-filosofski-aspekty-104-fizyka-ta-astronomiia-op-kvantovi-komp-iutery-ta-kvantove-prohramuvannia
Інформація про дисципліну	«Парадокси квантової механіки та їхні філософські аспекти» є вибірковою дисципліною для підготовки магістра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в III семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	В курсі «Парадокси квантової механіки та їхні філософські аспекти» розглядаються фундаментальні принципи квантової фізики, показана роль парадоксів у розвитку квантової механіки та місце в сучасному природознавстві, гуманітарних науках - психології, логіці, теорії мислення, природи пам'яті, природного та штучного інтелекту.
Мета та цілі дисципліни	Метою даної дисципліни є сформувати у студентів стійкі та систематизовані знання з фундаментальних принципів квантової теорії та їх стосунок до суміжних галузей науки. Виробити у студентів цілісне наукове уявлення про Природу, роль та місце в ній Людини. Навчити студентів відстоювати наукові знання про об'єктивну реальність перед псевдонауковими теоріями, хибними уявленнями.
Література для вивчення дисципліни	Базова: <ol style="list-style-type: none"> 1. В. Петрушенко <i>Філософія і методологія науки</i>. Львів. Національний університет "Львівська політехніка" 2016. 2. <i>The Oxford Handbook of Philosophy of Physics</i>. Edited by Robert Batterman,. ISBN 978-0-19-539204-3. 3. І.Вакарчук <i>Квантова механіка</i>. – Львів: Вид-во ЛНУ, 2012. 4. В. Ткачук <i>Фундаментальні проблеми квантової механіки</i> . – Вид. ЛНУ ім. І. Франка, Львів, 2011. 5. Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К. <i>Основи квантової фізики</i>. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 6. David Wallace_ <i>Philosophy of Quantum Mechanics</i>. _Department of Philosophy/Department of History and Philosophy of Science, of Pittsburgh University. 2022. 7. R. Wilson <i>Quantum Psychology</i>. New Falcon Publications (July 1, 1990 8. Fran De Aquino <i>Physical Foundations of Quantum Psychology</i>. HTP Arxive 00000297, 2007.

	<p>Допоміжна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Roger Penrose <i>The Road to Reality. A Complete Guide to the Laws of the Universe</i>. Jonathan Cape London. 2004 10. Мечислав Альберт Кромпец <i>Метафізика. Нарис теорії буття</i>. Суми. СумДУ, 2011. 11. Harrigan, Nicholas and Robert W. Spekkens, “Einstein, Incompleteness, and the Epistemic View of Quantum States”, <i>Foundations of Physics</i>, 2010, 40: 125–157. 12. Букалов А. <i>Про природу свідомості та психіки</i>. Фізика свідомості та життя., космологія та астрофізика. № 3-4, 2016. 13. Danko D. Georgiev <i>Quantum information theoretic approach to the mind-brain problem</i>. arXiv:2012.07836v1 [q-bio.NC] 13 Dec 2020. <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 14. Wikipedia. http://www.wikipedia.org
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	16 годин аудиторних занять, з них 16 годин лекцій та 74 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення даного курсу студенти повинні</p> <p>знати: фундаментальні закони квантової фізики, їх загальнонаукове значення для сучасної науки; загальну концепцію про структуру Всесвіту, роль і місце людини у Природі та Суспільстві; межі застосування явищ і законів квантової фізики, їх фізичне і математичне підґрунтя, взаємозв’язок і зв’язок з іншими фізичними явищами.</p> <p>вміти: творчо та об’єктивно аналізувати задачі квантової фізики, застосовувати концептуальні положення квантової фізики до аналізу проблем, які виникають в суміжних галузях науки.</p> <p>Загальні компетентності</p> <p>ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.</p> <p>ЗК07. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.</p> <p>Спеціальні компетентності</p> <p>СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.</p> <p>СК08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі у галузі фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв’язання, беручи до уваги наявні ресурси.</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i></p> <p>РН02. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.</p> <p>РН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.</p> <p>РН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об’єктів і процесів.</p> <p>РН08. Презентувати результати досліджень у формі доповідей на</p>

	<p>семінарах, конференціях тощо, здійснювати професійний письмовий опис наукового дослідження, враховуючи вимоги, мету та цільову аудиторію.</p> <p>РН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв’язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p>
Ключові слова	Постулати квантової механіки. Квантові вимірювання. Заплутаність. Інтерпретація квантової механіки. Квантова логіка.. Квантові парадокси. Парадокс ЕПР. Квантовий парадокс Зенона. Кіт Шредінгера. Квантова психологія. Фізична реальність.
Формат курсу	Очний
	проведення лекцій та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці III семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з квантової механіки, спеціальних розділів квантової механіки, загальних питань філософії, основ метафізики
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу	Презентації, лекції, методи оперативного пошуку інформації з відкритих джерел, методика і техніка написання та оформлення рефератів.
Необхідне обладнання	Аудиторія, що обладнана традиційними технічними засобами навчання, персональним комп’ютером, проектором, та доступом до мережі “Інтернет” в режимі реального часу.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <p>Написання індивідуальної роботи на обрану тему і доповідь (100 балів):</p> <p>100% сумарної оцінки;</p> <p>90–100 — студент повністю володіє матеріалом;</p> <p>71–89 — рівень володіння матеріалом достатній;</p> <p>51–70 — рівень володіння матеріалом частковий;</p> <p>1–50 — студент майже не володіє матеріалом;</p> <p>Підсумкова максимальна кількість балів — 100.</p> <p>Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов’язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на реферативну роботу. При цьому обов’язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість</p>

	пропусків та запізень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.
Теми для індивідуальних робіт	<ol style="list-style-type: none"> 1. Постулати квантової механіки. 2. Класичні парадокси Зенона. 3. Заплутані квантові стани. 4. Вимірювання у квантовій механіці. 5. Заплутані квантові стани та квантова телепортація. 6. Порушення нерівності Белла у квантовому випадку. 7. Декогеренція квантових станів. 8. Приховані параметри в квантовій механіці.
	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу
«Філософські проблеми квантової механіки»

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1–2	Тема 1. Розвиток квантової механіки та квантові парадокси. Експериментальні підстави виникнення квантових концепцій. Випромінювання та поглинання світлі. Квант світла- фотон. Основні етапи розвитку квантової механіки. Інтерференційні експерименти з квантовими об'єктами. Суперпозиція,. Класичне “і-і” та квантове “або-або”. Роль парадоксів у розвитку квантової механіки. Література: [1-13]	Лекції — 2 год. самостійна робота — 9 год.	2 тижні
3–4	Тема 2. Класичні парадокси. Класичний реалізм. Що таке класичний парадокс. Причина виникнення класичних парадоксів. Класичні парадокси Зенона. Література: [1-13]	Лекції — 2 год. самостійна робота — 9 год.	2 тижні
5–6	Тема 3. Основні принципи квантової теорії. Постулати квантової механіки. Опис стану у квантовій механіці. Принцип суперпозиції. Постулат про вимірювання у квантовій механіці. Що таке вимірювання у квантовій механіці. Вимірювальний прилад. Література: [1-13]	Лекції — 2 год. самостійна робота — 9 год.	2 тижні
7–8	Тема 4. Парадокс ЕПР. Заплутані квантові стани. Квантовий стан ЕПР. Принцип локальності та причинності та парадокс ЕПР. Надсвітловий телеграф. Теорема про неклонування у квантовій механіці та розв'язання проблеми з надсвітловим телеграфом.	Лекції — 2 год. самостійна робота — 9 год.	2 тижні

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
9–10	Тема 5 Нерівності Белла. Теорії зі схованими параметрами. Нерівність Белла. Порушення нерівності Белла у квантовому випадку. Неможливість існування теорій зі схованими параметрами. Література: [1-13]	Лекції — 2 год. самостійна робота — 9 год.	2 тижні
11–12	Тема 6. Квантова телепортація. Класична телепортація та її неможливість з точки зору квантової механіки. Проблема дівників у класичній телепортації. Заплутані квантові стани та квантова телепортація. Розв'язання проблеми дівників при квантовій телепортації. Література: [1-13]	Лекції — 2 год. самостійна робота — 9 год.	2 тижні
13-14	Тема 7. Квантовий парадокс Зенона. Унітарна еволюція квантових станів. Вплив вимірювання на еволюцію у квантовому випадку. Редукція квантових станів. Зупинка еволюції квантової системи при неперервному спостереженні за системою. Література: [1-13]	Лекції — 2 год. самостійна робота — 10 год.	2 тижні
15–16	Тема 8. Парадокс з котом Шредінгера. Суперпозиційні стани макроскопічних об'єктів та парадокс з котом Шредінгера. Декогеренція квантових станів. Свідомість та вимірювання. Література: [1-13]	Лекції — 2 год. самостійна робота — 10 год.	2 тижні