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 01.09.2025 р.)

Завідувач кафедри Володимир ТКАЧУК

СИЛАБУС
з навчальної дисципліни «Філософські проблеми квантової механіки», що викладається в межах ОНП «Квантові комп'ютери та квантове програмування» другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів зі спеціальностей 104 «Фізика та астрономія»

Львів 2025

Назва дисципліни	Філософські проблеми квантової механіки
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 12, 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 – Е «Природничі науки, математика та статистика» Спеціальність – Е5 «Фізика та астрономія»
Викладач дисципліни	Лектор: Ігнатюк В.В., доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к.ф.-м.н., ст. наук. співр.
Контактна інформація викладача	vasyl.ignatyuk@lnu.edu.ua, wignatyuk@gmail.com
Консультації з курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/filosofski-problemy-kvantovoi-mekhaniky-104-fizyka-ta-astronomiia-op-kvantovi-komp-iutery-ta-kvantove-prohramuvannia
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Філософські проблеми квантової механіки» є вибірковою дисципліною для підготовки магістра ОНП «Квантові комп'ютери та квантове програмування» 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 «Філософські проблеми квантової механіки» йде мова про становлення, формування та розвиток природознавства від античних часів до сучасності; розглядаються фундаментальні принципи квантової фізики, показана роль парадоксів (притаманних як макро- так і мікросвіту) 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 дати базові знання з історії та методології природничих наук загалом та квантової механіки зокрема, 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:** 1. *Werner Heisenberg*. Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science, Penguin, ISBN: 9780140146608, 1990. *2. В. Петрушенко.* Філософія і методологія науки. Львів. Національний університет «Львівська політехніка», 2016. 3. The Oxford Handbook of Philosophy of Physics. Edited by Robert Batterman,. ISBN 978-0-19-539204-3. 4. *І. Вакарчук.* Квантова механіка. – Львів: Вид-во ЛНУ, 2012. 5. *В. Ткачук.* Фундаментальні проблеми квантової механіки . – Вид. ЛНУ ім. І. Франка, Львів, 2011. 6. *Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К.* Основи квантової фізики. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 7. *David Wallace*. Philosophy of Quantum Mechanics. Department of

	Philosophy/Department of History and Philosophy of Science, of Pittsburgh University. 2022. 8. *R. Wilson.* Quantum Psychology. New Falcon Publications (July 1, 1990 9. *Fran De Aquino*. Physical Foundations of Quantum Psychology. HTP Arxive 00000297, 2007. 10. *N. Cottet, S. Jezouin, L. Bretheau, P. Campagne-Ibarcq, Q. Ficheux. et al.* Observing a quantum Maxwell demon at work, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2017, 114 (29), pp.7561-7564, https://doi.org/10.1073/pnas.1704827114 **Допоміжна:** 1. *Roger Penrose.* The Road to Reality. A Complete Guide to the Laws of the Universe. Jonathan Cape London. 2004 2. *Мечислав Альберт Кромпєц*. Метафізика. Нарис теорії буття. Суми. СумДУ, 2011. 3. *Harrigan, Nicholas and Robert W. Spekkens*. Einstein, Incompleteness, and the Epistemic View of Quantum States, Foundations of Physics, 2010, 40: 125–157. 4. *Букалов А.* Про природу свідомості та психіки. Фізика свідомості та життя, Космологія та астрофізика. № 3-4, 2016. 5. *Erwin Schrödinger.* What is Life? With Mind and Matter and Autobiographical Sketches, Cambridge University Press, 1992. 6. *Stuart Hameroff and Roger Penrose*. Consciousness in the universe: A review of the 'Orch OR' theory. Physics of Life Reviews, 2013 DOI: 10.1016/j.plrev.2013.08.002. 7. *Stuart Hameroff, Roger Penrose.* Consciousness in the universe. Physics of Life Reviews, 2013; DOI: 10.1016/j.plrev.2013.08.002
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 16 годин аудиторних занять, з них 16 годин лекцій та 74 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	В результаті вивчення даного курсу студенти повинні **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. **Вміти:** творчо та об'єктивно аналізувати задачі квантової фізики, застосовувати концептуальні положення квантової фізики до аналізу проблем, які виникають в суміжних галузях науки. Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК): *Загальні компетентності:* ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. *Спеціальні компетентності:* СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ. СК03. Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і

	нефахівцям. СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання у галузі фізики та астрономії та інтегрувати їх з уже наявними, а також самостійно опановувати знання та навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних галузях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях. *Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:* ПРН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної та експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем. ПРН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів. ПРН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напряму фізики та/або астрономії, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді. ПРН10. Відшуковувати інформацію і дані, необхідні розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отриману інформацію та дані. ПРН15. Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки, за результатами дослідження. ПРН19. Проводити наукові дослідження в області квантової інформації.
Ключові слова	Історія та методологія квантової механіки. Постулати квантової механіки. Квантові вимірювання. Заплутаність. Інтерпретація квантової механіки. Класичні та квантові парадокси. Парадокс ЕПР. Квантовий парадокс Зенона. Кіт Шредінгера. Класичний демон Максвелла та його квантовий відповідник. Квантова свідомість. Фізична реальність.
Формат курсу	Очний формат
Теми	Наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці 3-го семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із низки дисциплін теоретичної фізики. Насамперед з теоретичної механіки, квантової механіки, статистичної фізики, квантової статистики. А також дисциплін «Фундаментальні проблеми квантової механіки», «Заплутані квантові стани та міра заплутаності» та загальних питань філософії.
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія. Передбачено ілюстрування лекційного матеріалу рисунками, схемами, графіками та фрагментами наукових робіт.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, проєктор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: Написання індивідуальної роботи на обрану тему і доповідь (100 балів): 100% сумарної оцінки; 90–100 — студент повністю володіє матеріалом; 71–89 — рівень володіння матеріалом достатній; 51–70 — рівень володіння матеріалом частковий;

	1–50 — студент майже не володіє матеріалом; Підсумкова максимальна кількість балів — 100. **Академічна доброчесність:** Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахуванння викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. **Література.** Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами (у паперовому або електронному вигляді) виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали, набрані за реферативну роботу. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнень 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 порушення академічної доброчесності не толеруються.**
Теми для індивідуальних робіт	1. Історія та методологія квантової механіки. 2. Постулати квантової механіки. 3. Класичні та квантові парадокси. 4. Класичні та квантові парадокси Зенона. 5. Заплутані квантові стани. Парадокс ЕПР та нерівності Белла. 6. Декогеренція квантових станів. 7. Класичний та квантовий демон Максвелла та основи термо–динаміки нанооб'єтиів. 8. Квантова свідомість: наука чи метафізика?
Опитування	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. Фізика та філософія.* Історія становлення квантової теорії. Квантова теорія і витоки вчення про атомну структуру матерії. Копенгагенська інтерпретація квантової теорії. Критика та контрпропозиції по відношенню до неї. **Література:** Б1	Лекції - 2 год, самостійна робота - 9 год.	2 тижні
3–4	*Тема 2. Розвиток квантової механіки.* Експериментальні підстави виникнення квантових концепцій. Випромінювання та поглинання світла. Квант світла – фотон. Основні етапи розвитку квантової механіки. Інтерференційні експерименти з квантовими об'єктами. Суперпозиція. **Література:** Б2-Б6.	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. Вимірювальний прилад. **Література:** Б2-Б6.	Лекції - 2 год, самостійна робота - 9 год.	2 тижні
7–8	*Тема 4. Роль парадоксів у розвитку науки.* Парадокси у науці та філософії. Класичні та квантові парадокси. Класичний парадокс Зенона. Демон Лапласа. Класичний демон Максвелла. **Література:** Б2-Б7	Лекції - 2 год, самостійна робота - 9 год.	2 тижні
9–10	*Тема 5. Роль парадоксів у розвитку квантової механіки.* Квантові парадокси Зенона та анти-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:** Б3-Б5	Лекції - 2 год, самостійна робота - 9 год.	2 тижні
11–12	*Тема 6. Парадокс ЕПР та нерівності Белла.* Парадокс ЕПР. Заплутані квантові стани. Квантовий стан ЕПР. Принцип локальності та причинності у контексті парадоксу ЕПР. Теорії зі схованими параметрами. Нерівність Белла. Порушення нерівності Белла у квантовому випадку. Неможливість існування теорій з прихованими параметрами. **Література:** Б4-Б5	Лекції - 2 год, самостійна робота - 9 год.	2 тижні
13–14	*Тема 7. Парадокси з котом Шредінгера та квантовим демоном Максвелла.* Суперпозиційні стани макроскопічних об'єктів та парадокс з котом Шредінгера. Декогеренція квантових станів. Демон Максвелла як модельний випадок порушення симетрії у відкритих квантових	Лекції - 2 год, самостійна робота - 10 год.	2 тижні

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	системах. Чи може квантова механіки ставити під сумнів закони термодинаміки. Термодинаміка нанооб'єктів: внутрішня енергія, робота, ентропія та можливість її використання для виконання роботи. **Література:** Б4-Б5, Б-10		
15–16	Тема 8. *Квантова механіка та її застосування для дослідження біологічних систем.* Квантова свідомість: набір гіпотез чи об'єкт досліджень: від Вільяма Джеймса до Роджера Пенроуза. Теорія оркестрованої об'єктивної редукції (Orch-OR). Експериментальні свідчення квантово-механічних явищ у живих системах. Концептуальні, практичні та етичні проблеми при вивченні квантової свідомості. **Література:** Б7-Б9**,** Д1-Д7	Лекції - 2 год, самостійна робота -10 год.	2 тижні

* Поклики на літературу подано відповідно до переліку базової (Б) та допоміжної (Д).