

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 31.08.2022 р.)

Завідувач кафедри  проф. Ткачук В. М.

Силабус
з навчальної дисципліни «Відповідність квантових алгоритмів та музики»,
(Relation of quantum algorithms with quantum music)
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	Відповідність квантових алгоритмів та музики (Relation of quantum algorithms with quantum music)
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	Лектор: Гнатенко Христина Павлівна, професор кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, д-р ф.-м.н.;
Контактна інформація викладача	Khrystyna.gnatenko@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/hnatenko-h-p
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, Telegram.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/vidpovidnist-kva...e-prohramuvannia
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Відповідність квантових алгоритмів та музики» є вибірковою дисципліною для підготовки магістра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія», яка викладається в III семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Відповідність квантових алгоритмів та музики» присвячена вивченню квантових алгоритмів та написанню за допомогою них музики.
Мета та цілі дисципліни	Метою даної дисципліни є одержання студентами знань основних принципів написання музики за допомогою квантових комп'ютерів Завданням курсу є формування в студентів знань та умінь створення квантових алгоритмів, формування їх зв'язку з музикою.
Література для вивчення дисципліни	Базова: <ol style="list-style-type: none"> Putz, V., Svozil, K. Quantum music. <i>Soft Comput</i> 21, 1467–1471 (2017). https://doi.org/10.1007/s00500-015-1835-x Miranda, E.R. (2021). Quantum Computer: Hello, Music!. In: Miranda, E.R. (eds) <i>Handbook of Artificial Intelligence for Music</i>. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72116-9_34 В. М. Ткачук, <i>Фундаментальні проблеми квантової механіки</i>. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 144 стор. Допоміжна: <ol style="list-style-type: none"> Putz, V., Svozil, K. (2022). Quantum Music, Quantum Arts and Their Perception. In: Miranda, E.R. (eds) <i>Quantum Computing in the Arts and Humanities</i>. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95538-0_5 Т. Є. Крохмальський, <i>Вступ до квантових обчислень</i>. Навч. пос. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 204 стор. Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо. Інформаційні ресурси: <ol style="list-style-type: none"> https://quantum-computing.ibm.com/composer/files/new https://www.rigetti.com/ https://codebook.xanadu.ai/
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	150 годин, з яких 48 годин аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 32 години лабораторних занять, та 102 годин самостійної роботи.
Очікувані результати	В результаті вивчення даного курсу студенти повинні

<p>навчання</p>	<p>знати: основні принципи написання квантової музики вміти: створити квантові протоколи для написання одно та багатоголосної музики.</p> <p><i>Загальні компетентності</i> ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.</p> <p><i>Спеціальні компетентності</i> СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання у галузі фізики та астрономії та інтегрувати їх з уже наявними, а також самостійно опанувати 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. СК12. Здатність моделювати фізичні системи та досліджувати їх властивості на квантових комп'ютерах СК13. Здатність застосовувати квантове програмування для розв'язання прикладних задач</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i> РН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. РН12. Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експериментів і спостережень. РН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження. РН17. Створювати квантові протоколи та реалізовувати їх на квантових комп'ютерах РН20. Застосовувати квантове програмування для розв'язання прикладних задач</p>
<p>Ключові слова</p>	<p>Квантовий комп'ютер, квантова музика, квантовий алгоритм</p>
<p>Формат курсу</p>	<p>Очний</p>
<p></p>	<p>проведення лекцій, лабораторних занять і консультації для кращого розуміння тем</p>
<p>Теми</p>	<p>Наведено у таблиці 1</p>
<p>Підсумковий контроль, форма</p>	<p>Залік в кінці семестру.</p>
<p>Пререквізити</p>	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань квантової механіки та класичного програмування</p>
<p>Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу</p>	<p>Презентації, лекції, робота за комп'ютером.</p>
<p>Необхідне обладнання</p>	<p>персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми й операційні системи, проектор, доступ до квантових комп'ютерів через інтернет, музичний інструмент</p>

<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: • робота на лабораторних заняттях під час семестру: 40% сумарної оцінки; максимальна кількість балів — 40 відповідно до такої шкали: 31–40 — активна участь у 7–8 заняттях; 21–30 — активна участь у 5–6 заняттях; 11–20 — активна участь у 3–4 заняттях; 1–10 — активна участь у 1–2 заняттях; 0 — жодної активної участі в лабораторних заняттях; • підсумкова контрольна робота за двома змістовими модулями (по 30 балів): 60% сумарної оцінки; максимальна кількість балів — 60; (6 завдань по 5 балів, де 5 балів — завдання зроблене повністю, 4 --рівень виконання завдання достатній, 3 — рівень виконання завдання задовільний, 1-2 — зроблено перші кроки розв'язання завдання, 0 — нічого не зроблено). Підсумкова максимальна кількість балів — 100.</p> <p>Додаткові бали можна отримати за написання тез, статті, участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни 5/10 балів.</p> <p>Академічна добросовісність 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 недобросовісності. Виявлення ознак академічної недобросовісності 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 і практичні заняття курсу. 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 практичних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь 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.</p> <p>Жодні форми академічної недобросовісності не толеруються.</p>
<p>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основи квантового програмування 2. Зв'язок квантових обчислень та музики. 3. Написання квантової мелодії, яка відповідає однокубітному протоколу 4. Відповідність багатокубітних квантових станів з частотами звуків 5. Симетрія у квантовій музиці. 6. Однокубітні протоколи для написання квантової музики. 7. Багатокубітні квантові протоколи та багатоголоска квантова музика. 8. Геометрична міра заплутаності квантових станів 9. Максимально заплутані квантові стани та поліфонія.

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basics of Quantum Programming 2. Connection between Quantum Computing and Music. 3. Composing a quantum melody corresponding to a single-qubit protocol. 4. Correspondence of multi-qubit quantum states with frequencies of sounds. 5. Symmetry in Quantum Music. 6. Single-qubit protocols for composing quantum music. 7. Multi-qubit quantum protocols and polyphonic quantum music. 8. Geometric measure of entanglement in quantum states. 9. Maximally entangled quantum states and polyphony.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Квантові алгоритми та квантова музика»

Тижні	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1–2	Тема 1. Вступ. Особливості квантового програмування Features of Quantum Programming	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 12 год.	2 тижні
3–4	Тема 2. Однокубітні квантові протоколи та квантова мелодія Зв'язок однокубітних квантових протоколів з частотами звуків. Написання квантової мелодії Single-Qubit Quantum Protocols and Quantum Melody Connection between single-qubit quantum protocols and frequencies of sounds. Composing a quantum melody. Література [Б1-Б3]	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 12 год.	2 тижні
5–6	Тема 3. Багатокубітні квантові стани та багатоголосна музика Відповідність квантових станів багатьох кубітів багатоголосній музиці Multi-Qubit Quantum States and Polyphonic Music Correspondence of multi-qubit quantum states to polyphonic music. Література [Б1-Б3, Д1-2]	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 12 год.	2 тижні
7–8	Тема 4. Еволюційні квантові стани та поліфонія у музиці Зв'язок еволюційних квантових станів з багатоголоссям Evolutionary Quantum States and Polyphony in Music Connection between evolutionary quantum states and polyphony. Література [Б1-Б3]	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 12 год.	2 тижні
9–10	Тема 5. Симетрія у квантовій музиці Зв'язок властивостей фізичних систем з симетрією у музиці Symmetry in Quantum Music Connection between properties of physical systems and symmetry in music.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 11 год.	2 тижні

Тижні	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	Література [Б1-Б3]		
11–12	Тема 6. Гармонія у квантовій музиці та квантова заплутаність Зв'язок заплутаності квантових станів з музичною гармонією Harmony in Quantum Music and Quantum Entanglement Connection between entanglement of quantum states and musical harmony. Література [Б1-Б3, Д2]	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 11 год.	2 тижні
13–14	Тема 7. Квантовий паралелізм та музична поліфонія Написання поліфонічної квантової музики Quantum Parallelism and Musical Polyphony Composing polyphonic quantum music. Література [Б1-Б3, Д2]	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год., самостійна робота — 11 год.	2 тижні
15–16	Тема 8. Квантова музика спінових систем з різними типами взаємодії Написання квантової музики спінових систем Quantum Music of Spin Systems with Different Types of Interactions Composing quantum music for spin systems. Література [Б1-Б3, Д1]	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 11 год.	2 тижні